

# **Observação da qualidade de uma estrada de baixo volume de tráfego não pavimentada**

**Matheus do Prado Wolf**

**Relatório Final de Dissertação** apresentado à  
**Escola Superior de Tecnologia e Gestão do Instituto Politécnico de Bragança** para  
obtenção do **Grau de Mestre em Engenharia da Construção**  
no âmbito da **Dupla Diplomação** com a  
**Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Campus Guarapuava**

**Orientadores: Professor Doutor António Miguel Vedelho Paula**

**Professor Doutor Manuel Joaquim da Costa Minhoto**

**Professora Mestre Marcela Maier Farias Czap**

**Bragança, Outubro de 2021**

*“Todos os homens sonham, mas não da mesma forma. Os que sonham à noite, nos recessos poeirentos das suas mentes, acordam de manhã para verem que tudo, afinal, não passava de vaidade. Mas os que sonham acordados, são homens perigosos, pois realizam os seus sonhos de olhos abertos, tornando-os possíveis. Isso eu fiz.”*

*(T.E. Lawrence)*

# Agradecimentos

Agradeço minha mãe, Rosângela, e meu pai, Claiton, por todo o amor, carinho e atenção dedicado a mim nesta etapa acadêmica que passei e na qual me encorajaram a buscar. Sem vocês ao meu lado eu não seria nada, amo vocês.

A Alyson e Gabriel, agradeço por serem os melhores irmãos que eu poderia ter e por depositarem todo apoio e confiança possível em mim durante este desafio.

Agradeço as instituições Universidade Tecnológica Federal do Paraná campus Guarapuava e Instituto Politécnico de Bragança por possibilitarem este programa de dupla diplomação.

Aos professores orientadores, António Miguel Verdelho Paula, Manuel Joaquim da Costa Minhoto e Marcela Maier Farias Czap, agradeço por todo auxílio nas dificuldades que tive e por todo esforço e comprometimento que tiveram neste trabalho.

Agradeço a Lídia e a Hermínia por me acompanharem em Montesinho na execução dos ensaios dinâmicos e nas inspeções funcionais dos trechos da estrada.

Muito obrigado a Manuel Feliciano, Leonardo Fürst e Ary Frigeri por contribuírem na obtenção dos dados de precipitação utilizados nesta tese.

Aos técnicos, Octávio e João, que realizaram os ensaios laboratoriais desta pesquisa, meu muito obrigado.

Agradeço a todos os familiares e os amigos, sejam os que estão no Brasil ou em Portugal, que torceram por mim nesta conclusão de curso.

Um agradecimento especial ao meu avô, Mariant, que me recebia com um sorriso no rosto quando eu retornava da faculdade para tomarmos café da tarde com ele e com minha vó. Meu avô sempre me incentivou em minha trajetória acadêmica e infelizmente não pode assistir à finalização desta jornada.

# Resumo

As estradas de baixo volume de tráfego - EBVT são partes consideráveis e importantes da malha rodoviária de muitos países, realizando papéis fundamentais como a conexão entre comunidades isoladas às cidades, o acesso a regiões rurais e a ligação entre pontos estratégicos seja em função econômica ou para funcionamento da sociedade. No último aspecto, atua a EBVT estudada a qual realiza a ligação entre duas barragens que participam ativamente no fornecimento de água para a cidade de Bragança em Portugal. Sobre esta estrada realizou-se ensaios dinâmicos e laboratoriais além de avaliar e discutir a condição funcional da mesma.

Em razão do objeto de estudo caracterizar-se quanto a sua composição como uma estrada não pavimentada, foram revisadas as falhas comuns a esse tipo de estrada e averiguado os métodos tradicionais que examinam objetivamente a condição funcional e o método já aplicado sobre a mesma estrada em questão. Embora tanto o método praticado quanto os tradicionais sejam objetivos, eles possuem processamento de falhas diferentes de um para outro. Desta maneira, coletou dados para avaliação de Cabette (2018), método praticado nos estudos anteriores e para o método URCI (1992), analisando e discutindo os resultados obtidos.

A aplicação de ensaios dinâmicos justifica-se pela praticidade de execução, mas principalmente para contribuir cientificamente à discussão deles visto que, até o momento de desenvolvimento desta dissertação, trabalhos acadêmicos sobre os mesmos são escassos. Trinta pontos distribuídos pela estrada foram submetidos ao LFWD e ao CBR dinâmico em dois períodos diferentes, o que permitiu avaliar a evolução dos parâmetros destes ensaios.

A estrada do estudo foi avaliada tanto pela abordagem mecânica quanto pela funcional em um estado deteriorado. Os ensaios dinâmicos evidenciaram que os parâmetros de capacidade de carga caíram de valor continuamente ao longo do tempo. A avaliação funcional pelo método de Cabette variou mais em seções de estudo diferentes do que o método URCI.

Palavras-chave: **Avaliação funcional; Catálogo de degradações; CBR dinâmico; EBVT; Ensaios dinâmicos; Estrada não pavimentada; LFWD; método URCI.**

# Abstract

Low Volume Roads - LVR are a consistent and important part of the road network of many countries, performing important roles as connectors of isolated communities to cities, providing access to rural regions, and bidding strategic points, whether of economic importance or for regular behavior of the society. This last aspect fits the LVR studied in this thesis, connecting two dams that act directly in the water supply for the city of Bragança in Portugal. In this road, dynamic and laboratory tests were applied besides the evaluation and discussion of its functional condition.

Due to the study object being physically characterized as an unpaved road, the usual distresses found in this kind of road were reviewed, and the traditional methods that objectively analyze roads were studied, as well as the method already applied in the same road. Although both the applied and the traditional methods are objective ones, they process differently the problems of the roads. Thus, data were collected for the application of the Cabette (2018) method, the one practiced by the last studies in the road, and for the URCI (1992) method, analyzing and discussing the results for both of them.

The adoption of dynamic tests was justified by the convenience of execution, but mainly to contribute scientifically to the discussion of them as, until the moment that this master thesis was written, there were few academic papers about them. Thirty points distributed through the road were measured by LFWD and dynamic CBR in two different moments, which were performed in different seasons of the year that allowed retrospective analyses of the measured parameters of these tests.

The road of the study was evaluated by both mechanical and functional approaches as in a deteriorated condition. The dynamic tests pointed that the bearing capacity parameters downgraded continually along the time. The functional evaluation by Cabette's method floated more in different inspections sections than the URCI method.

**Keywords: Functional evaluation; Distress identification manual; Dynamic CBR; LVR; Dynamic tests; Unpaved roads; LFWD; URCI method.**

# Conteúdo

<b>Agradecimentos .....</b>	<b>iii</b>
<b>Resumo .....</b>	<b>iv</b>
<b>Abstract .....</b>	<b>v</b>
<b>Lista de Figuras .....</b>	<b>xi</b>
<b>Lista de Tabelas .....</b>	<b>xiv</b>
<b>Simbologias e Abreviaturas.....</b>	<b>xvii</b>
<b>1 Introdução .....</b>	<b>1</b>
1.1 Enquadramento do Tema .....	1
1.2 Objetivos .....	3
1.3 Organização da Dissertação.....	4
<b>2 Revisão Bibliográfica.....</b>	<b>5</b>
2.1 Concepção de Pavimentos .....	5
2.2 Estradas de Baixo Volume de Tráfego .....	8
2.2.1 Considerações a respeito da camada de Fundação.....	12
2.2.2 Dimensionamento e considerações sobre materiais .....	13
2.3 Avaliação Estrutural.....	22
2.3.1 Ensaio Laboratoriais .....	22
2.3.1.1 Proctor .....	22
2.3.1.2 CBR em Laboratório .....	23

2.3.2	Ensaio <i>In situ</i> .....	24
2.3.2.1	Penetrômetro dinâmico - <i>Dynamic Probing (DP)</i> .....	24
2.3.2.2	Defletômetro de Impacto Ligeiro – <i>Light Falling Weight Deflectometer (LFWD)</i> .....	25
2.3.2.3	CBR dinâmico .....	30
2.3.2.4	CBR <i>in situ</i> .....	32
2.3.2.5	Dilatômetro de Marchetti (DMT) .....	33
2.3.2.6	Gamadensímetro .....	33
2.3.3	Correlações entre ensaios e parâmetros.....	34
2.4	Avaliação Funcional .....	37
2.4.1	Degradações em Estradas não-ligadas .....	38
2.4.1.1	Ondulações – <i>Corrugations</i> .....	38
2.4.1.2	Afundamentos – <i>Rutting</i> .....	39
2.4.1.3	Buracos – <i>Potholes</i> .....	40
2.4.1.4	Erosão – <i>Erosion</i> ou <i>Scour</i> .....	41
2.4.1.5	Cascalho e Agregado Solto – <i>Ravelling</i> ou <i>Loose Gravel</i> .....	42
2.4.1.6	Poeira – <i>Dust</i> .....	42
2.4.1.7	Declividade Inadequada do eixo central.....	43
2.4.1.8	Conformidade dos Dispositivos de Drenagem .....	44
2.4.2	Método RCS/DVI – <i>Road Condition Survey/Detailed Visual Inspection</i> .....	46
2.4.3	Método URCI - <i>Unsurfaced Road Condition Index</i> .....	50
2.4.4	Método de Cabette – Índice de Gravidade Individual e Global .....	52
<b>3</b>	<b>Metodologia</b> .....	<b>58</b>
3.1	Local Avaliado.....	58
3.2	Avaliações Mecânicas.....	60
3.2.1	Ensaio LFWD.....	60

3.2.2	Ensaio CBR dinâmico .....	63
3.2.3	Identificação de Seções Homogêneas e Pontos Característicos.....	64
3.2.4	Gamadensímetro e Ensaio Laboratoriais .....	66
3.2.5	Dimensionamento de camada de Base .....	69
3.3	Avaliações Funcionais .....	69
<b>4</b>	<b>Resultados e Discussão .....</b>	<b>74</b>
4.1	Avaliação Mecânica.....	74
4.1.1	Resultados dos ensaios do primeiro conjunto (Dezembro).....	74
4.1.2	Resultados dos ensaios do segundo conjunto (Março).....	79
4.1.3	Resultados Laboratoriais e do gamadensímetro.....	86
4.1.4	Dimensionamento da camada de base.....	91
4.1.5	Considerações Adicionais .....	93
4.2	Avaliação Funcional .....	94
4.2.1	Avaliação pelo método de Cabette (2018) .....	94
4.2.1.1	Resultados para seções de seis metros.....	94
4.2.1.2	Resultados e discussão sobre seções de dez metros .....	97
4.2.2	Avaliação por URCI (1992) e comparação com Cabette (2018).....	100
4.2.3	Sugestão de modificação na avaliação de Cabette (2018).....	101
4.3	Relação entre condição mecânica e condição funcional.....	104
<b>5</b>	<b>Conclusão .....</b>	<b>108</b>
	Sugestões para Futuros Trabalhos .....	109
	<b>Referências bibliográficas.....</b>	<b>111</b>
	<b>APÊNDICES.....</b>	<b>117</b>
	<b>APÊNDICE A – Georreferenciamento de pontos .....</b>	<b>118</b>

<b>APÊNDICE B – Fichas de Inspeção utilizadas com os dados coletados .....</b>	<b>121</b>
B.1 Fichas de inspeção para seções de 6 metros.....	122
B.2 Fichas de inspeção para seções de 10 metros.....	126
<b>APÊNDICE C – Catálogo de Degradações .....</b>	<b>130</b>
<b>APÊNDICE D – Resultados do primeiro conjunto de ensaios (Dezembro).....</b>	<b>141</b>
D.1 Resultados, cálculos e comparação de dados do LFWD .....	142
D.2 Resultados e cálculos do CBR dinâmico .....	147
<b>APÊNDICE E – Resultados do segundo conjunto de ensaios (Março) .....</b>	<b>151</b>
E.1 Resultados, cálculos e comparação de dados do LFWD .....	152
E.2 Resultados, cálculos e comparação de dados do CBR dinâmico.....	157
<b>APÊNDICE F – Correlações entre ensaios .....</b>	<b>159</b>
F.1 Correlações entre ensaios pelos dados do primeiro conjunto (Dezembro de 2020) .	160
F.2 Correlações entre ensaios pelos dados do segundo conjunto (Março de 2021).....	169
<b>APÊNDICE G – Tabelas e Figuras relacionadas aos ensaios laboratoriais .....</b>	<b>177</b>
G.1 Análise Granulométrica .....	178
G.2 Proctor.....	183
G.3 CBR em laboratório .....	188
<b>APÊNDICE H – Dados de Precipitação .....</b>	<b>198</b>
<b>APÊNDICE I – Tabelas relacionadas ao tópico de resultados e discussão funcionais ..</b>	<b>200</b>
<b>APÊNDICE J – Resultados da avaliação funcional para seções de 6 metros por Cabette (2018) .....</b>	<b>205</b>
<b>APÊNDICE K – Resultados da avaliação funcional para seções de 10 metros por Cabette (2018) .....</b>	<b>237</b>

<b>APÊNDICE L – Resultados da avaliação funcional para seções de 6 e 10 metros pelo URCI (1992) .....</b>	<b>269</b>
L.1 Avaliação URCI das degradações superficiais em seções de 6 metros.....	270
L.2 Avaliação URCI das degradações superficiais em seções de 10 metros.....	277
<b>APÊNDICE M – Resultados para a implementação ao método de Cabette (2018) por densidades .....</b>	<b>284</b>
M.1 Etapa detalhada sugerida ao método de Cabette (2018) em seções de 6 metros.....	285
M.2 Etapa detalhada sugerida ao método de Cabette (2018) em seções de 10 metros.....	292
<b>ANEXOS .....</b>	<b>299</b>
<b>ANEXO N – Tabelas e Figuras relacionadas a metodologia de avaliação funcional da OECD .....</b>	<b>300</b>
<b>ANEXO O – Níveis de severidade e nomogramas relacionados a metodologia de avaliação funcional URCI.....</b>	<b>308</b>

# Lista de Figuras

Figura 1 – Localização das Barragens do Sistema de Alto Sabor na região de Montesinho.....	2
Figura 2 – Disposição das camadas concebidas em um pavimento habitualmente.....	6
Figura 3 – Distinção da influência do ambiente e do tráfego em relação as EBVT segundo tráfego em número de eixos padrões.....	10
Figura 4 – Fatores Controláveis e Não controláveis em um Ambiente Rodoviário.....	11
Figura 5 – Dimensionamento da camada de base segundo o manual da Austroads (2009).....	19
Figura 6 – LWFD ZFG 3.0 que representa um dos modelos a disposição no mercado.....	26
Figura 7 – Receptores eletrônicos que acompanham o LFWD conforme pacote a adquirir.....	27
Figura 8 – Pistão utilizado no modelo ZFG 3.0 de LWFD.....	30
Figura 9 – Placa típica para o ensaio CBR dinâmico.....	30
Figura 10 – Correlação do CBR aferido dinamicamente com $E_{vd}$ e $E_{v2}$ .....	31
Figura 11 – Correlações de CBR in situ e E com fatores de conversão (K) de Morais <i>et al.</i> (2018).....	35
Figura 12 – Correlações de diferentes ensaios CBR com a umidade.....	37
Figura 13 – Perfis Transversais encontrados em estradas de terra e cascalho de pistas simples.....	44
Figura 14 – Geometrias transversais observadas nas valas de estradas de terra e cascalho.....	45

Figura 15 – Folha de análise desenvolvida por Cabette para as inadequações nas seções da estrada.....	56
Figura 16 – Mapa com a localização da estrada em estudo.....	58
Figura 17 – Perfil longitudinal aproximado da estrada estudada.....	59
Figura 18 – Registro do ponto de ensaio com a base topográfica.....	59
Figura 19 – Sequência de alguns passos relativos a preparação do LFWD.....	61
Figura 20 - Sequência de alguns passos relativos a execução do LFWD.....	62
Figura 21 – Sequência de alguns passos relativos ao gamadensímetro e coleta de amostras de solo.....	66
Figura 22 – Sequência de alguns procedimentos da análise granulométrica.....	67
Figura 23 – Amostras de cada um dos solos após os examinar granulometricamente.....	67
Figura 24 – Sequência de alguns procedimentos do ensaio Proctor.....	68
Figura 25 – Sequência de alguns procedimentos do ensaio CBR em laboratório.....	68
Figura 26 – Seções demarcadas sob cada ponto georreferenciado.....	70
Figura 27 – Equipamentos utilizados na inspeção.....	72
Figura 28 – Fluxograma relacionado a metodologia funcional adotada.....	73
Figura 29 - Seções Homogêneas segundo medidas de $E_{vd}$ realizadas em dezembro.....	75
Figura 30 – Seções Homogêneas segundo medidas de $CBR_d$ realizadas em dezembro.....	75
Figura 31 – Comparação das seções homogêneas segundo $E_{vd}$ de 2019 e 2020.....	76
Figura 32 – Distribuição das diferenças percentuais de $E_{vd}$ de 2019 a 2020 ao longo da estrada.....	78
Figura 33 – Seções Homogêneas segundo medidas de $E_{vd}$ realizadas em março.....	80
Figura 34 – Seções Homogêneas segundo medidas de $CBR_d$ realizadas em março.....	80
Figura 35 – Distribuição das diferenças percentuais de $E_{vd}$ de 2020 a 2021 ao longo da estrada.....	82
Figura 36 – Distribuição das diferenças percentuais de $CBR_d$ de 2020 a 2021 ao longo da estrada.....	84

Figura 37 – Granulometria das amostras obtidas dos $CBR_d$ característicos de março.....	86
Figura 38 – Seções homogêneas com a avaliação granulométrica dos pontos característicos pela ASTM D2487-85.....	88
Figura 39 – Seções homogêneas com a avaliação granulométrica dos pontos característicos pela AASHTO M 145.....	88
Figura 40 – Curvas de compactação de cada amostra de solo.....	89
Figura 41 – Dimensionamento pela metodologia das estradas secundárias e dimensionamento para estradas principais do ERA (2016).....	91
Figura 42 – Dimensionamento segundo Austroads e pelo TTF (2020).....	92
Figura 43 – Análise das precipitações anteriores aos ensaios.....	93
Figura 44 – IGG das avaliações funcionais desempenhadas pelo método de Cabette de 2018 a 2021.....	95
Figura 45 – IGG de degradações superficiais pelas seções de inspeção ao longo das avaliações feitas.....	96
Figura 46 – IGG de irregularidades de drenagem pelas seções de inspeção ao longo das avaliações feitas.....	96
Figura 47 – Variação dos IGG de defeitos superficiais de acordo com o tamanho da seção de inspeção.....	99
Figura 48 – Variação dos IGG relativos a drenagem de acordo com o tamanho da seção de inspeção.....	99
Figura 49 – Layout para etapa proposta ao método de Cabette.....	102

# Lista de Tabelas

Tabela 1 - Classificação do Sistema Rodoviário na Etiópia segundo tráfego.....	15
Tabela 2 – Espessura em milímetros da camada de base utilizando cascalho resistente G45 de acordo com a resistência da fundação do pavimento.....	16
Tabela 3 – Espessura em milímetros da camada de base utilizando cascalho médio G30 de acordo com a resistência da fundação do pavimento.....	16
Tabela 4 – Espessura em milímetros da camada de base utilizando cascalho frágil G15 de acordo com a resistência da fundação do pavimento.....	16
Tabela 5 – Espessura das camadas de base e desgaste para estradas secundárias.....	17
Tabela 6 – Fusos granulométricos recomendados para materiais da camada de desgaste.....	18
Tabela 7 – Espessura mínima de material granular requisitado para EBVT conforme CBR da fundação referente a 500 mil ESA.....	20
Tabela 8 – Espessura mínima de material granular requisitado para EBVT conforme CBR da fundação referente a 1 milhão de ESA.....	20
Tabela 9 – Fusos granulométrico para as composições de base com tamanho máximo de partícula de 150 mm e 100 mm e para camada de desgaste de 40 mm.....	21
Tabela 10 – Descrição de solos granulares de acordo com a simbologia alemã DIN 18 196.....	29
Tabela 11 – Correlações entre solos granulares, módulos de elasticidade estático $E_{v2}$ , $E_{vd}$ e DPR.....	29
Tabela 12 – Correlações obtidas por Wyroslak com respectivas equações e $R^2$ entre ensaios de capacidade de carga.....	36
Tabela 13 – Condições avaliadas pelo DVI conforme o intervalo que a nota do trecho ou da estrada se identifica.....	49
Tabela 14 – Estado para subseções e seções da estrada conforme valores de URCL.....	51

Tabela 15 – Modo de inspeção adotado por Cabette (2018) para degradações superficiais.....	54
Tabela 16 – Modo de inspeção adotado por Cabette (2018) para itens de drenagem.....	55
Tabela 17 – Correlação de IGG com o estado de uma seção ou das seções avaliadas pelo método de Cabette (2018).....	57
Tabela 18 – Distâncias entre os pontos que se formaram as seções de inspeção.....	71
Tabela 19 – Pontos do ensaio LFWD de dezembro separados percentualmente em relação aos valores de Freitas (2019).....	78
Tabela 20 – Comparação dos pontos característico avaliados em 2019 e em 2020.....	79
Tabela 21 – Pontos do ensaio LFWD de março separados segundo diferenças percentuais em relação aos valores de dezembro.....	81
Tabela 22 – Pontos do ensaio CBR dinâmico de março separados segundo diferenças percentuais em relação aos valores de dezembro.....	83
Tabela 23 – Pontos Característicos obtidos nos diferentes ensaios LFWD desempenhados na pesquisa.....	85
Tabela 24 – Pontos Característicos obtidos nos diferentes ensaios CBR dinâmico desempenhados na pesquisa.....	85
Tabela 25 – Classificação das amostras pelos sistemas granulométricos de classificação.....	87
Tabela 26 – Pontos característicos do $CBR_d$ segundo ensaios laboratoriais.....	89
Tabela 27 – Índices verificados pelo gamadensímetro nos pontos característicos da estrada.....	90
Tabela 28 – Valores de $CBR_d$ de março e $CBR_{lab}$ . e suas diferenças.....	90
Tabela 29 – Graus de compactação previstos pela Zorn comparados aos identificados.....	91
Tabela 30 – Avaliação das condições superficiais da via para seções de seis metros de extensão.....	94
Tabela 31 – Avaliação das condições de drenagem da via para seções de seis metros de extensão.....	95
Tabela 32 – Avaliação das condições superficiais da via segundo Cabette (2018) para seções de dez metros de extensão.....	97

Tabela 33 – Avaliação das condições de drenagem da via segundo Cabette (2018) para seções de dez metros de extensão.....	98
Tabela 34 – Pontos com maiores diferenças de IGG de uma extensão de seção para outra.....	100
Tabela 35 – Avaliação das condições superficiais por URCI em diferentes extensões de seção.....	101
Tabela 36 – Valores de IGG detalhado.....	103
Tabela 37 – Valores dos diferentes IGG de acordo com tamanho da seção.....	104
Tabela 38 – Pontos com menor Evd de março relacionados a avaliação funcional.....	105
Tabela 39 – Pontos com maior Evd de março relacionados a avaliação funcional.....	105
Tabela 40 – Pontos com menor CBRd relacionados a avaliação funcional.....	105
Tabela 41 – Pontos com maior CBRd relacionados a avaliação funcional.....	106

# Simbologias e Abreviaturas

AHAS – Aproveitamento Hidráulico do Alto Sabor

AASHTO – *American Association of State Highway and Transportation Officials*

ASTM - *American Society for Testing and Materials*

CBR – *California Bearing Ratio* ou Índice de Suporte California

CEN - Comité Europeu de Normalização

DVI - *Detailed Visual Inspection*

E – Módulo de deformabilidade conhecido também como módulo de elasticidade

$E_{vd}$  – Módulo de deformabilidade dinâmico, também aplicável módulo de elasticidade dinâmico

EBVT – Estrada de Baixo Volume de Tráfego

ERA – *Ethiopian Roads Authority*

ESA – Eixo padrão de 80 kN

IPB – Instituto Politécnico de Bragança

IMT - Instituto da Mobilidade e dos Transportes

INIR – Instituto de Infra-estruturas Rodoviárias

LFWD – *Light Falling Weight Deflectometer*

MTPW - *Ministry of Transport and Public Works*

OECD - *Organisation for Economic Cooperation and Development*

RCS - *Road Condition Survey*

SATCC – *Southern Africa Transport and Communications Commission*

TVD – Total de Valores Dedutivos

TMA – Tráfego Médio Diário Anual

TTF – *Timber Transport Forum*

URCI – *Unsurfaced Road Condition Index*

VD - Valor Dedutivo

VOC - *Vehicle Operational Cost*

VPD – Veículos por dia

# Capítulo 1

## 1 Introdução

### 1.1 Enquadramento do Tema

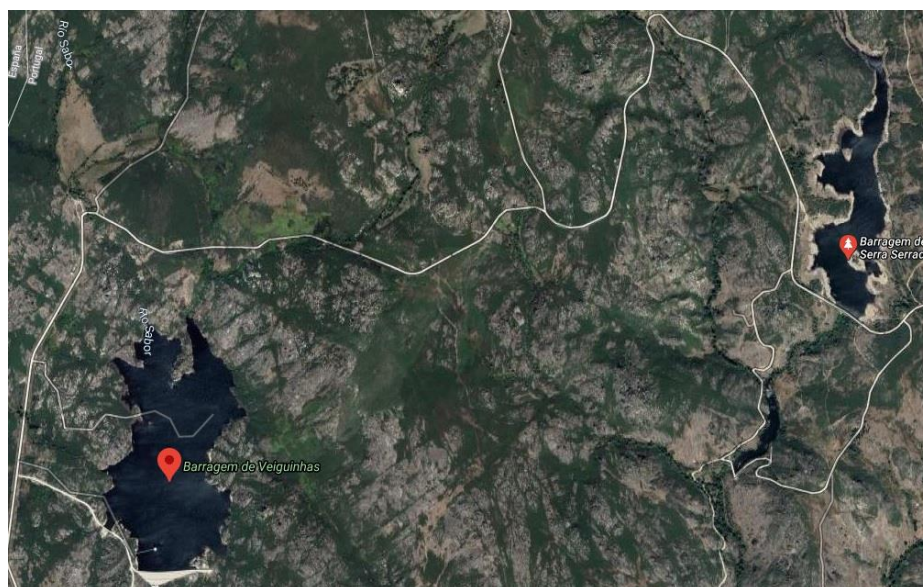
Quando se analisa todo o progresso da humanidade, inevitavelmente ocorre de se discutir sobre o desenvolvimento das estradas. Durante a história, por intermédio das mesmas, as civilizações realizaram povoamentos, conquistas territoriais, intercâmbios comerciais, culturais e religiosos. Nos dias atuais alguns dos propósitos da utilização de estradas deixaram de ser tão presentes ou até de existir, enquanto outros se tornaram mais habituais, a exemplo do turismo.

A respeito do turismo, Portugal é um país que depende muito desse setor em seu PIB, tendo sido em 2019 a maior atividade econômica exportadora do país, registrando um percentual de 8,7% do PIB (Turismo de Portugal, 2020) notando-se um crescimento constante desse departamento ao longo dos anos. No período amostrado de 2013-2017, registrou um aumento médio por ano de 13,1% das receitas proveniente do turismo, segundo Turismo de Portugal (2017), órgão público responsável pelo setor.

Apesar das regiões metropolitanas de Lisboa e Porto serem os principais pontos turísticos de Portugal, em decorrência do valor histórico-cultural que representam ao país e pela diversidade de atividades que as cidades grandes dispõem, há por outro lado regiões pacatas, afastadas dos grandes centros urbanos, que são conhecidas pela sua beleza natural e que também são dotadas de importantes atrativos turísticos. A vinte e dois quilômetros da cidade de Bragança está localizada uma grande reserva natural de 74.229 hectares que abriga uma grande diversidade de fauna e flora conhecida com Parque Natural de Montesinho, um dos pontos turísticos de destaque para Bragança e região.

Diferentemente das metrópoles, que possuem estradas muito bem pavimentadas para altos valores de volume de tráfego, as regiões mais afastadas, como do parque natural, têm acesso por estradas rudimentares as quais não possuem um suporte de carga tão capacitado para que muitos veículos transitem em um curto período de tempo. Muitas destas vias também não dispõem de camadas de desgaste feitas com materiais betuminosos ou concreto, que são as que têm melhor resistência aos esforços aplicados sobre o pavimento. Acerca destas, as camadas superficiais são constituídas em grande parte de materiais granulares, frequentemente soltos e que são encontrados na região. Uma via que integre um grupo com estas características é conhecida como Estrada de Baixo Volume de Tráfego – EBVT não pavimentada.

O parque natural, possuidor de um potencial turístico, tem fundamental importância ecológica, como foi citado de forma breve anteriormente, abrigando uma enorme diversidade de flora e fauna. Além de tudo, a EBVT em questão desempenha importante papel estratégico em relação ao abastecimento de água do conselho de Bragança. Faz ligação entre as duas barragens que asseguraram, de forma folgada, o abastecimento de água em Bragança, sendo as barragens da Serra Serrada e de Veiguiñas (Coelho e Baptista, 2011). As duas barragens constituem a solução conhecida como sistema de Aproveitamento Hidráulico do Alto Sabor (AHAS). A imagem de satélite (Figura 1) realça a proximidade entre as barragens mencionadas.



**Figura 1 – Localização das Barragens do Sistema de Alto Sabor na região de Montesinho. Fonte: (Google Maps, 2021).**

Neste contexto, foram anteriormente realizados estudos com o intuito de analisar a estrada em questão fazendo uso das abordagens funcional e estrutural (Cabette, 2018; Freitas, 2019). O primeiro consiste em atribuir uma nota ou estado a um parâmetro referência (conforme

o método) o qual é vinculado à quantidade e a gravidade das degradações que se observam na estrada. As análises funcionais são diretamente relacionadas à função de uma via rodoviária que é assegurar a circulação de veículos pela sua superfície de rolamento com segurança e comodidade (Branco *et al.*, 2008). Análises estruturais avaliam a capacidade de suporte do caminho em receber uma quantidade média de veículos que irão circular por dia nele, sendo esperado que este resista mecanicamente as ações, tanto estáticas quanto dinâmicas, que ocorrem em si.

Os ensaios de capacidade de carga deste trabalho contribuíram para avaliar a estrada numa perspectiva estrutural sendo aplicados em campo de forma dinâmica. Diferentemente dos ensaios em carga de placa que necessitam de um sobrepeso (usualmente um veículo de grande porte como um reboque) os métodos dinâmicos requerem uma mobilização consideravelmente menor de recursos, caracterizando-se pela facilidade e praticidade na execução dos ensaios (Fernandes, 2011). Em contraponto aos ensaios laboratoriais, as práticas em campo não realizam alterações significativas na estrutura do solo e também não exigem que se recolha amostras para levantamento de parâmetros em laboratório.

## 1.2 Objetivos

Este trabalho possui como objetivos principais avaliar o estado de conservação da via relacionada à eficiência e conforto do tráfego de veículos que circulam nela e apresentar os resultados mecânicos obtidos pelos ensaios dinâmicos de capacidade de carga. Possui como objetivos específicos:

- Avaliar cronologicamente as propriedades mecânicas, utilizando os dados de *Light Falling Weight Deflectometer* – LFWD (inclusive os obtidos por Freitas (2019) e para o *California Bearing Ratio* - CBR dinâmico, contrapondo com ensaios subsequentes.
- Comparar as respostas obtidas segundo os diferentes tipos de ensaio, verificar se há possibilidade de correlações entre eles e discutir a convergência ou divergência de respostas.
- Analisar amostras de solo da estrada por ensaios laboratoriais, obter o grau de compactação em campo e dimensionar camada estrutural de base para a estrada segundo os resultados.
- Qualificar o estado funcional da estrada como os estudos anteriores aplicando o método proposto originalmente por Cabette (2018).

- Analisar os procedimentos e filosofia do método de Cabette (2018) ao realizar, juntamente à inspeção padrão, uma inspeção com pequenas variações ao processo e também um método com filosofia de quantificação diferente.
- Propor, após as avaliações e discussões, novas alterações que permitam aperfeiçoar a análise de Cabette (2018), como apresentar um catálogo que permita a identificação e contabilização das irregularidades nas vias não pavimentadas.

### **1.3 Organização da Dissertação**

O presente trabalho está dividido em cinco capítulos: Introdução, Revisão Bibliográfica, Metodologia, Resultados e Discussão e Conclusões.

Neste capítulo é apresentado o enquadramento do tema, objetivos da dissertação e por fim, a organização da mesma.

No capítulo 2, conceitua-se o que se entende por pavimentação com a posterior definição de EBVT e apresentação de tópicos relacionados a elas. São abordados os ensaios empregados para avaliação estrutural e caracterização geotécnica das estradas não pavimentadas. Por fim, é abordado o conceito das irregularidades características destas estradas e exprime-se métodos de avaliação funcional focados neste tipo de estradas.

A apresentação do local de estudo, os procedimentos adotados para a execução dos ensaios dinâmicos e laboratoriais e a metodologia adotada para discutir e avaliar a condição funcional da estrada são descritos no capítulo 3.

No capítulo 4, apresenta-se os resultados mecânicos obtidos neste trabalho e os compara de forma cronológica, fazendo uso também dos resultados de Freitas (2019). Os dados coletados sobre o estado funcional da estrada são avaliados conforme o método de Cabette (2018), comparando os resultados obtidos sob duas configurações de seções; e por URCI (1992) para abordar a filosofia de proporções e densidades das degradações.

As conclusões finais do estado mecânico e da condição funcional da estrada no período da pesquisa, assim como conclusões da discussão funcional desenvolvida estão presentes no capítulo 5 acompanhadas das recomendações para futuros trabalhos.

# Capítulo 2

## 2 Revisão Bibliográfica

### 2.1 Concepção de Pavimentos

O conceito de um pavimento rodoviário é a constituição de um sistema multi-estratificado horizontal formado por diferentes camadas de espessura finita sobrepostos a uma fundação formada muitas vezes pelo terreno natural. Neste caso, recebe um tratamento sobre seu coroamento para se apresentar em melhor qualidade estrutural (Cepsa Portuguesa Petróleos, 2014).

Os estratos do pavimento, segundo Branco *et al.* (2008), podem ser separados em dois grupos basicamente: o conjunto de camadas ligadas, concebidos em materiais granulares estabilizados por ligantes; e o grupo de camadas unicamente inertes, formada por materiais granulares não aglutinados. No primeiro grupo estão as camadas superiores do pavimento enquanto no segundo, os estratos inferiores.

Branco *et al.* (2008) relata que o pavimento também pode ser distinguido em dois conjuntos segundo a função das camadas: camada de desgaste, que é a camada superficial do sistema, a qual tem o papel de assegurar as características funcionais da estrada; e o corpo do pavimento, correspondente ao restante das camadas, que se atribui a capacidade do pavimento em suportar as cargas de tráfego submetidos a ele. É importante pontuar que as camadas de um pavimento são dispostas, de cima para baixo, por camadas decrescentes em resistência em consonância com a menor exigência dos esforços a maiores profundidades. A Figura 2 apresenta a configuração mais comum de se observar em um pavimento rodoviário segundo cada camada deste. Após a Figura 2, cada camada é descrita segundo suas características.



**Figura 2 – Disposição das camadas concebidas em um pavimento habitualmente**  
**Fonte: Adaptado de Pavimentos Rodoviários (Branco *et. al*, 2008, p.10)**

- Fundação: Normalmente é concebida fazendo uso do próprio solo natural localizado ao longo da extensão da estrada, é a camada de suporte sobre a qual a base e estratos subsequentes se sobrepõem. Devido ser a camada que, após ser submetida a terraplanagem, as demais se assentam, deve obrigatoriamente prover boa capacidade mecânica, superfície regular e desempenada que permita a fácil circulação de equipamentos sobre si para o prosseguimento das atividades. (Ferreira, 2009)

- Sub-Base: Segundo Ferreira (2009), é constituída normalmente por materiais granulares apenas estabilizados mecanicamente, porém também podem ser empregados solos tratados com ligantes hidráulicos na concepção desta camada. As sub-bases tem a função de transmitir tensões mais atenuadas, dentro das aceitáveis, para fundação, evitar a subida de água capilar para a base e diminuir a espessura desta camada também. (Fonseca, 2016)

- Base: Juntamente com a sub-base, são responsáveis pelas maiores contribuições de resistência mecânica no pavimento, segundo o Instituto de Infra-Estruturas Rodoviárias – INIR (atual Instituto da Mobilidade e dos Transportes - IMT). Caracteriza-se por ser uma camada com pouca suscetibilidade à umidade, havendo assim pouca variabilidade de capacidade de carga ao longo do tempo. Geralmente, são compostas por materiais britados de granulometria extensa, havendo a possibilidade de serem ou não tratados com ligantes hidráulicos.

- Regularização: Camada aplicada abaixo das camadas de desgaste betuminosas, também chamada de camada de ligação. Tem como função garantir uma boa regularidade superficial para a execução da camada de desgaste. (Fonseca, 2016)

- Desgaste: Camada superior da estrutura que sofre diretamente as ações tanto do tráfego e quanto do clima. Dita as características da superfície do pavimento por meio dos

materiais e processo construtivo que a camada é concebida. Tem obrigatoriedade de servir aos utentes na circulação com conforto e segurança, impermeabilizar o pavimento evitando que entre água nos estratos subjacentes e distribuir os carregamentos sob a qual é submetida para as demais camadas. (Branco *et al.*, 2008; Ferreira, 2009).

Em relação a fundação, caso seja verificado que o solo local não possua características mecânicas adequadas para servir de suporte para as demais camadas do pavimento, deve-se optar por processos de estabilização que melhorem a resistência do solo ou executar uma camada de melhor qualidade estrutural sobre ele, com técnicas e materiais que providenciem a resistência necessária para que as outras sejam implantadas (ERA, 2016). Mesmo que o subsolo da estrada tenha condições mecânicas adequadas e seja capaz de receber as camadas de pavimentos sem a necessidade deste reforço sobre si, ainda assim pode ser interessante a execução destes procedimentos para proporcionar camadas de sub-base e base de menores espessuras, e, dependendo da situação, sendo mais econômico se comparado com a execução do pavimento ausente desta camada de reforço.

Os diferentes materiais e processos aplicados na formação das camadas do pavimento resultam em diferentes tipos de pavimentos, os quais são apresentados na sequência.

- Pavimento Flexível: Camadas superiores, desgaste e regularização, são compostas por misturas betuminosas, ou seja, há a aplicação de hidrocarbonetos como ligantes nos materiais destas camadas. A camada de base não é obrigatoriamente tratada, mas se for, é com um ligante deste tipo. Dentre todos os tipos de pavimento, é o que se observa maiores deflexões durante o desempenho. (Branco *et. al*, 2008; Ferreira, 2009)

- Pavimento Rígido: Camada de desgaste é constituída por camada em concreto (betão), com assentamento direto sobre o a fundação, sobre uma camada de betão pobre ou ainda sobre uma camada granular estabilizada ou não por ligante hidráulico. Este modelo possui o maior módulo de elasticidade se comparado aos demais. (Branco *et. al*, 2008; INIR).

- Pavimento Semi-rígido: Misturas betuminosas compõem os estratos superiores do pavimento, sendo dispostos acima de, ao menos, uma camada granular tratada com ligantes hidráulicos. A deformabilidade deste perfil é inferior ao rígido e superior a do flexível.

No projeto de pavimentação, não é obrigatório contemplar todas as camadas descritas anteriormente assim como, de acordo com o caso, é possível aplicar materiais diferentes aos descritos. Pavimentos de estradas de baixo volume, por exemplo, são usualmente concebidos

com uma ou duas camadas granulares sobrepostas a fundação e pela camada de desgaste sobre elas, como por exemplo o modelo adotado pela Austroads. A aplicação de materiais locais não refinados também é comum as EBVT e será comentado adiante neste trabalho.

## 2.2 Estradas de Baixo Volume de Tráfego

Uma estrada de baixo volume de tráfego é caracterizada pelo volume de tráfego que circula por si e pelo ambiente rodoviário de onde se encontra. Entretanto, não há consenso generalizado entre os manuais e referências da área em questão do número de veículos que circulam por dia nessas vias.

A Southern Africa Transport and Communications Commission - SATCC (2003) e Austroads (2009) fixam o número de 200 veículos por dia – VPD como parâmetro de tráfego, enquanto que Ethiopian Roads Authority - ERA (2016) e Ministry of Transport and Public Works - MTPW (2013) da República do Malawi definem uma estrada como de baixo volume quando o tráfego atinge valores abaixo de 300 VPD e já se decorreu da metade do horizonte de projeto da estrada, e/ou quando a mesma tem expectativa de escoar o equivalente a 1 milhão de eixos padrões de 80kN (em inglês, *Equivalent Standard Axle* – ESA) em sua vida útil. Jorge (2014), foi quem revisou grande parte das bibliografias mencionadas anteriormente e fez um trabalho extenso abordando a pavimentação (suas técnicas e materiais empregados), traçado e técnicas de manutenção das EBVT, estabeleceu que elas como estradas que circulam menos de 400 VPD e cerca de 1 milhão de ESA em toda sua vida útil.

O Manual de Concepção de Pavimentos para a Rede Rodoviária Nacional – MACOPAV (1995), manual português vigente no momento de elaboração deste trabalho, é a referência se tratando da elaboração expedita de pavimentos no país, porém, o mesmo não dá uma atenção especial as EBVT: não há definição deste tipo de rodovia nem a estipulação de quais materiais são recomendados, muito menos orientações para dimensionar pavimentos voltados a este tipo de estrada e outros projetos relacionados.

Apesar do MACOPAV não abordar as EBVT, trabalhos efetuados sobre este tema de estudo discutiu e adotou alguns aspectos deste manual nas metodologias adotadas para os seus casos de estudo. Fonseca (2016) utilizou o manual da SATCC para dimensionar modelos viáveis de pavimento para rede de Cabo Verde, entretanto comparou com o MACOPAV alguns procedimentos que havia em comum nas duas metodologias, como por exemplo o crescimento

de tráfego e o nível de agressividade. As redes rodoviárias de três das cinco ilhas de Cabo Verde objetos do estudo foram avaliadas como de baixo volume pela autora. São Tomé e Príncipe também tem uma parcela considerável de sua rede rodoviária constituída por EBVT como destaca Fernandes (2019). Neste cenário, a autora fez um estudo analisando as técnicas de concepção e manutenção de pavimentos passíveis de aplicação no país. A autora, em relação ao MACOPAV, abordou apenas a questão do tráfego também, discutindo taxa de crescimento, fator de agressividade e horizonte de projeto segundo estas variáveis.

Conforme a situação, nem sempre é viável ou possível a concepção de uma estrada desse tipo com materiais betuminosos ou até mesmo britados, pelo menos integralmente. A importância socioeconômica da região e o orçamento para obra são os fatores comumente limitantes do projeto de pavimentação. Ocorre em alguns casos a pavimentação em trechos críticos do caminho, os quais se têm consciência da sensibilidade mecânica, marcados pelo aparecimento de degradações de forma muito mais rápida que os demais, conseqüentemente, um desempenho funcional mais comprometido. Justifica-se essa tomada de decisão pela razão do acabamento betuminoso proporcionar uma maior impermeabilidade e melhor resistência as solicitações de tráfego, conseqüentemente manutenções menos frequentes e tráfego mais dinâmico, apesar de a curto prazo serem decisões mais caras ao projeto.

Contudo, em um caso prático exposto por Pinard (2005), foi concluído que o custo inicial pode não ser tão alto como se imagina. Para a EBVT que liga Litunde a Ruasse em Moçambique, com tráfego de 100 VPD, era previsto originalmente fazer 28 quilômetros em camada de desgaste betuminosa e 217 quilômetros em cascalho a um custo de 21 milhões de dólares. Através de uma utilização maior de materiais locais, uma compactação melhor, entre outros processos não tradicionais, foi possível realizar os 245 quilômetros da obra toda em pavimento ligado por 25 milhões de dólares.

Os custos mais representativos em uma obra de pavimentação de uma estrada de baixo volume de tráfego correspondem aos materiais e o custo de transporte dos mesmos. Segundo Pinard (2005), a proporção orçamentária dos materiais em um projeto de uma EBVT corresponde a 70% do valor total necessário para realizar o empreendimento. Conforme Timber Transport Forum - TTF (2020), na Inglaterra a parcela que a obtenção e aplicação apenas das britas possui na constituição das estradas do setor madeireiro é de 50 a 70 %. Esse fato explica o motivo pelo qual os manuais relacionados as EBVT indicam que seja realizado o máximo esforço possível na utilização de materiais próximos a estrada, evitando a

necessidade de transporte. Citando MTPW (2013) em uma tradução livre, “[...] todo esforço deve ser feito, até onde for possível, para obter materiais que estão mais próximos o possível do local da estrada para assim reduzir custos [...]”, percebe-se que a utilização de materiais locais é um princípio da filosofia de dimensionamento das EBVT.

Entretanto, deve-se ser consciente na elaboração do projeto da estrada, principalmente em EBVT onde há aplicação de materiais granulares não refinados, que a via tem a obrigação de se adequar aos fatores naturais da região (MTPW, 2013). Ciente deste fato são evitados na estrada problemas não planejados como o surgimento repentino de degradações ou a incapacidade de operação. Um exemplo de cenário que pode ocorrer os problemas citados: a implementação de uma camada com material sensível a umidade em um local em que o clima é marcado por chuvas intensas em determinados períodos. Desta maneira, tanto a concepção quanto os materiais escolhidos e a periodicidade de manutenções devem ser subordinados as condições naturais da região.

O manual do ERA (2016) também aponta a importância do ambiente e, de certa forma, sobressaindo o tráfego na influência que há nas EBVT. Para níveis cada vez mais baixos de tráfego, segundo menores esforços desempenhados pelos veículos representado pelo número de eixos padrões de 80 kN (*Equivalent Standard Axle - ESA*), maior é a porção que o ambiente natural influencia no comportamento do pavimento da EBVT e menor a participação do tráfego sobre esse comportamento. Conforme a Figura 3, o tráfego somente passa a interferir mais que o ambiente a partir de 1 milhão de ESA, tornando evidente que o que realmente impacta a maior parte de EBVT é o ambiente natural de onde se encontram.

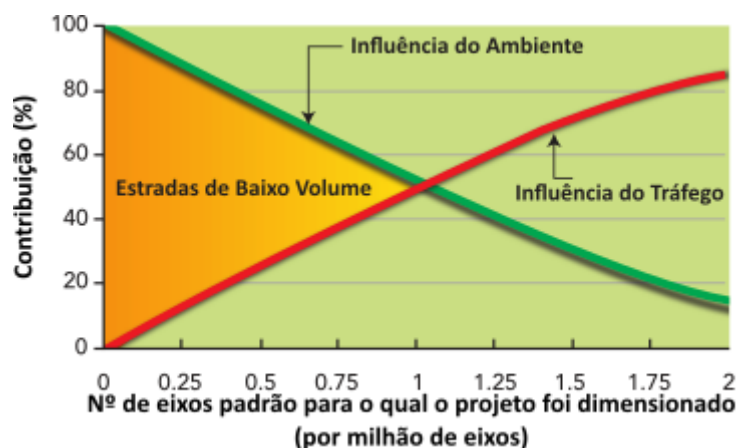


Figura 3 – Distinção da influência do ambiente e do tráfego em relação as EBVT segundo tráfego em número de eixos padrões.

Fonte: Adaptado de Design Manual for Low Volume Roads: Part A (ERA, 2016, p.4).

A respeito da sobreposição dos fatores naturais da região onde se concebe a estrada (influência do ambiente, no gráfico) com os fatores antrópicos (influência do tráfego, no gráfico) recebe o nome de Ambiente Rodoviário. O Ambiente Rodoviário como um todo é o responsável por influenciar o surgimento de degradações, ditar a operação e performance da estrada, conseqüentemente, a vida útil da mesma. Os fatores antrópicos surgem com a finalização da estrada, sendo ações provocadas pela utilização da via pela sociedade. Segundo ERA (2016) são tidos como fatores controláveis enquanto que os naturais como incontroláveis e consistem pela relação da estrada com a hidrologia, solo local, clima e outros agentes abióticos do lugar. A Figura 4 identifica os fatores presentes e suas correspondentes classificações.

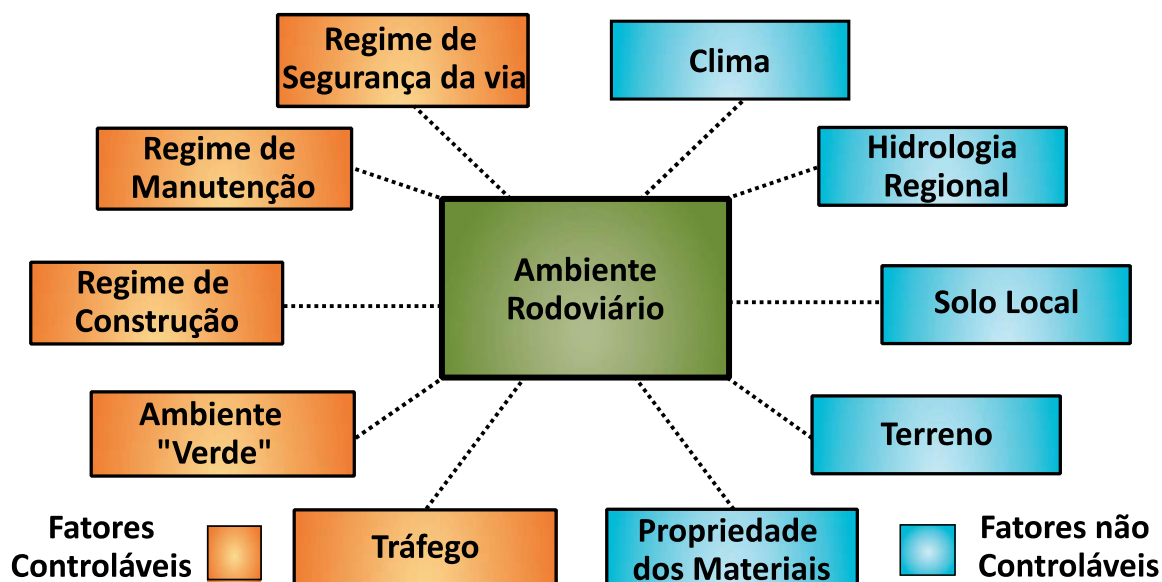


Figura 4 – Fatores Controláveis e Não controláveis em um Ambiente Rodoviário.  
 Fonte: Adaptado de Design Manual for Low Volume Roads: Part A (ERA, 2016, p.5).

Fascinante notar as diferentes filosofias entre os manuais e trabalhos de concepção de EBVT, decorrentes de realidades sociais e econômicas distintas das nações alvo. O manual Austroads (2009) fornece diretrizes para o dimensionamento de estradas não ligadas majoritariamente na Austrália e Nova Zelândia, países os quais são representados pela Austroads na World Road Association, fórum internacional para discutir tópicos relativos a pavimentação, estradas e redes rodoviárias. Neste manual a concepção de novas EBVT é expressa como improvável, a não ser em casos de acesso a atividades mineradoras ou setor madeira. Não identifica-se a ênfase na integração de comunidades mais isoladas nestes territórios. É possível constatar trabalhos com o foco no mercado madeireiro que utiliza as EBVT para o acesso a zonas de corte e escoamento de seus produtos, como o TTF no Reino Unido.

Outros manuais, elaborados pelo ERA, MTPW e SATCC, visam o dimensionamento e reabilitação de EBVT com o principal intuito de propiciar a integração das comunidades marginalizadas nos países alvos, estimulando desta maneira o desenvolvimento educacional, social, econômico do país, além de fornecer acesso destas comunidades aos mais variados serviços públicos que tem direito e comunicar com o restante do mundo.

Neste trabalho serão aplicados manuais e referenciais que partem de ambas as filosofias sem qualquer distinção, pois percebe-se, independente do contexto, que ambas têm o objetivo de fornecer orientações para a melhor elaboração e funcionamento das EBVT.

### **2.2.1 Considerações a respeito da camada de Fundação**

A avaliação da resistência mecânica da fundação e as informações relativas ao tráfego de veículos integram os fatores mais importantes na concepção, monitoramento e reabilitação de uma EBVT. A avaliação tradicional da resistência da camada de fundação é realizada com auxílio de ensaios que permitem determinar o parâmetro CBR desse estrato.

A capacidade de suporte do solo natural, conhecido como sub-leito, é um fator fora do alcance do engenheiro responsável, e normalmente determina a constituição do pavimento indicando quais serão as camadas sobrejacentes ao solo natural e as espessuras das mesmas. Desta maneira, o fator influencia diretamente no custo da obra: quanto mais precário o solo natural for nas propriedades mecânicas, maiores deverão ser as espessuras mínimas da fundação e das outras camadas. Deve-se procurar utilizar no dimensionamento o CBR que represente predominantemente o solo da estrada, se possível, o solicitado pela circulação dos veículos.

Além da disposição de uma camada de solo de melhor qualidade mecânica sobre o estrato original da região, as outras maneiras de estabilização, brevemente citadas no tópico 2.1 “Concepção de Pavimentos”, são maneiras mais comuns de conceber uma fundação de melhor qualidade sem a necessidade de obter e transportar uma grande quantidade de outro solo para realizar o papel de fundação em uma EBVT. Muito disso se deve a filosofia das EBVT em utilizar ao máximo os materiais próximos ao local que se está concebendo a estrada, e pelos altos custos que são gerados para extração e transporte de materiais, como exposto anteriormente neste trabalho. A estabilização é definida como o processo natural ou artificial de inserir elementos com o propósito de beneficiar as propriedades de estabilidade, resistência

à erosão, resistência física, impermeabilidade entre outras características desejadas para o material. Os métodos de estabilização mais difundidos são o granulométrico e os químicos.

Há dois modos de estabilizar granulometricamente: o primeiro consiste em conferir ao solo local uma faixa granulométrica não presente no mesmo, ao misturá-lo com uma fração de outro solo para assim obter o material com as propriedades ideais para a fundação do pavimento; outro consiste em retirar uma fração indesejada presente neste material original, que após a ação se tem o solo requisitado para a fundação. A adição de cimento, cal ou betume ao solo são alguns dos exemplos da estabilização química, que consiste na inserção de um aditivo químico, geralmente pequenas dosagens de 3 a 6 %, ao solo para propiciar um ganho nas propriedades desejadas (SATCC, 2003).

São diversos os solos que são amplamente conhecidos como problemáticos pela literatura. De forma ampla, solos com CBR inferior a 2% seja em clima úmido ou seco são considerados fracos e inaceitáveis para desempenhar a fundação do pavimento (ERA, 2016).

### 2.2.2 Dimensionamento e considerações sobre materiais

Neste subtópico é apresentado diferentes vertentes de dimensionamento de pavimentos não ligados para EBVT, as quais são estradas de terra até então e costumam se apresentar somente como uma estrada que passou pelos processos de abertura com o corte e limpeza da vegetação, terraplanagem e por fim, lhe foi conferida declividades transversais para escoamento de água.

- **Manual do ERA - *Ethiopian Roads Authority***

A entidade *Ethiopian Roads Authority* fornece uma série de orientações e parâmetros para a concepção de estradas de terra e de cascalho. Há duas abordagens amplas fornecidas pelo manual do ERA (2016) para o dimensionamento de estratos granulares, que diferem entre si no parâmetro utilizado para mensurar a resistência do substrato de suporte, a fundação.

O dimensionamento das estradas de terra e de cascalho da autoridade tem duas abordagens:

- (1) Utiliza o CBR da fundação da estrada como parâmetro de resistência do estrato;
- (2) Utiliza os comprimentos penetrados pelo penetrômetro dinâmico ligeiro como referência de resistência desse material.

Nesta dissertação, será abordado exclusivamente as metodologias do ERA que empregam o CBR como parâmetro de resistência.

A respeito das estradas não pavimentadas, exclusivamente de terra, o manual do ERA (2016) relata que são possíveis em caminhos com CBR maior que 10% as quais, na maioria dos casos, permitem a passagem de 5400 veículos antes de apresentar defeitos em excesso, considerando um veículo pesado em que a carga por roda é de 4,54 toneladas e a pressão transmitida por pneu é de 482 kPa. Contudo, se a estrada for uma única via estreita, o número de pesados que pode trafegar, antes de surgir degradações, é 4 vezes menor (1300 veículos) do que em uma estrada comum. Isto se deve à concentração da passagem de pneus pelos mesmos rastros que veículos anteriores passaram em virtude do caminho ser estreito e não permitir que as rodas perambularem de forma mais diversificada como costumam em estradas mais largas.

Apesar das estradas com o propósito de serem de terra possuem um custo inicial extremamente baixo, requisitando somente terraplanagens, modelação da superfície com declividades adequadas e formação de canais de drenagem lateral, é necessário realizar trabalhos constantes de manutenção nestas estradas. Por exemplo, na situação anterior de uma estrada estreita que permite a passagem de 1300 veículos pesados até o surgimento de degradações, se o tráfego normal dessa estrada for 50 veículos por dia e 15% deles são pesados, a estrada entrará em situação crítica após 4 a 6 meses.

Estradas deste caráter são complicadas para gerir em virtude de que não há uma estrutura para dissipar as pressões dos veículos e transmitir uma fração menor delas para o solo, mas tão somente o próprio solo (fundação da estrada) exposto as influências do ambiente rodoviário. Em situações de clima muito úmido com regime de chuvas constantes, o CBR a ser considerado como viável para estradas de terra deverá ser maior que 15%.

As estradas, quando dimensionadas conforme o ERA (2016), são compostas por camada de desgaste e base em cascalho, sendo um processo regido pelas diferentes classes deste material e pela resistência da fundação. Há duas metodologias: uma com foco em atender principalmente as estradas principais, estradas de maior volume na rede de EBVT, que se enquadram nas classes DC-3 e DC-4 da classificação de tráfego do ERA, e a metodologia exclusiva para estradas secundárias pertencentes as classes DC-1 e DC-2 exceto quando ultrapassa-se 10 veículos pesados por dia, neste caso, a estrada deve obrigatoriamente seguir a primeira metodologia. A Tabela 1 esclarece a classificação etíope de rodovias segundo o tráfego em VPD.

**Tabela 1 - Classificação do Sistema Rodoviário na Etiópia segundo tráfego**

	<b>Padrões Geométricos</b>	<b>Nível de Serviço</b>	<b>VPD</b>
Alto Volume	DC8	A	>10.000
	DC7		3.000 - 10.000
	DC6	B	1.000 - 3.000
	DC5		300 - 1.000
Baixo Volume	DC4	C	150 - 300
	DC3		75 - 150
	DC2		25 - 75
	DC1	D	< 25
	Pista		

Fonte: Adaptado de *Design Manual for Low Volume Roads: Part A* (ERA, 2016, p.3).

Algumas orientações são fornecidas pela autoridade, independente de qual das metodologias pretende-se empregar, para se ter atenção na formação dos estratos granulares. Segundo ela, o desempenho da estrada é crucialmente afetado pela qualidade dos materiais a serem empregados, do sistema de drenagem imposto e o tráfego destinado a circular pela estrada. A espessura máxima que é recomendada conceber as camadas de cascalho por vez é de 200 mm, sendo que estratos maiores não permitem alcançar a compactação desejada para as camadas de cascalho.

A primeira metodologia é executada segundo esta sequência:

- (1) Estudo do tráfego da estrada;
- (2) Identificação do CBR da fundação mais apropriado ao projeto em questão de segurança;
- (3) Determinação do cascalho a empregar e identificação da espessura de base que irá ser constituída pelo uso das Tabelas 2, 3 e 4 propostas pelo ERA;
- (4) Segundo o cálculo de perda de cascalho por ano e da periodicidade que se pretende repor o cascalho, é possível determinar a espessura da camada de desgaste do pavimento.

**Tabela 2 – Espessura em milímetros da camada de base utilizando cascalho resistente G45 de acordo com a resistência da fundação do pavimento**

Classe de Resistência da Fundação - CBR (%)	Classes de tráfegos em termos de milhar de eixo padrão (ESA)				
	LV1 (<0,01)	LV2 (0,01-0,1)	LV3 (0,1-0,3)	LV4 (0,3-0,5)	LV5 (0,5-1,0)
S2 (3-4)	175	225	250	300	350
S3 (5-7)	150	200	225	250	300
S4 (8-14)	100	150	200	200	250
S5 (15-29)	100	125	150	175	200

Fonte: Adaptado de Design Manual for Low Volume Roads: Part B (ERA, 2016, p.212).

**Tabela 3 – Espessura em milímetros da camada de base utilizando cascalho médio G30 de acordo com a resistência da fundação do pavimento**

Classe de Resistência da Fundação - CBR (%)	Classes de tráfegos em termos de milhar de eixo padrão (ESA)				
	LV1 (<0,01)	LV2 (0,01-0,1)	LV3 (0,1-0,3)	LV4 (0,3-0,5)	LV5 (0,5-1,0)
S2 (3-4)	175	250	290	325	370
S3 (5-7)	150	200	225	275	325
S4 (8-14)	125	175	200	220	275
S5 (15-29)	100	100	150	175	200

Fonte: Adaptado de Design Manual for Low Volume Roads: Part B (ERA, 2016, p.212).

**Tabela 4 – Espessura em milímetros da camada de base utilizando cascalho frágil G15 de acordo com a resistência da fundação do pavimento**

Classe de Resistência da Fundação - CBR (%)	Classes de tráfegos em termos de milhar de eixo padrão (ESA)				
	LV1 (<0,01)	LV2 (0,01-0,1)	LV3 (0,1-0,3)	LV4 (0,3-0,5)	LV5 (0,5-1,0)
S2 (3-4)	225	325	375	Não se aplica	Não se aplica
S3 (5-7)	200	250	325	350	Não se aplica
S4 (8-14)	150	225	275	300	Não se aplica
S5 (15-29)	150	150	200	200	Não se aplica

Fonte: Adaptado de Design Manual for Low Volume Roads: Part B (ERA, 2016, p.213).

As designações dos tipos de cascalho em G15, G30 e G45 representam materiais que, sob o ensaio CBR em laboratório, obtiveram expansão máxima encharcados de 1,5 %, 1,0% e 0,2%, respectivamente, e valores de 15%, 30% e 45% na etapa de penetração, segundo a mesma ordem.

O manual pontua que a espessura deverá sofrer um incremento se houver apenas cascalho frágil nas proximidades, e indica a aplicação de cascalho resistente caso tenha-se disponibilidade do mesmo a um preço razoável a obra. O uso de cascalho resistente (G45) deve

ser evitado em estratos classificados como frágeis pela referência (S2 e S3) aconselhando-se o uso de um ou mais tipos de cascalhos diferentes para desempenho estrutural, aplicando as Equações (1) e (2) para realizar as correspondências.

$$G15 = 1,5 \times G45 \quad (1)$$

$$G15 = 1,3 \times G30 \quad (2)$$

A reposição de cascalho deve ser realizada quando há exposição da camada estrutural, a base. Conhecendo-se a taxa anual de perda de cascalho da estrada, pode-se utilizar a Equação (3) para avaliar quanto tempo é necessário até à restituição do cascalho da camada de desgaste.

$$\text{Reposição de Cascalho} = \frac{\text{Espessura da Camada de Desgaste}}{\text{Perda Anual de Cascalho}} \quad (3)$$

Por fim, o dimensionamento das EBVT consideradas como estradas secundárias da rede, as quais são limitadas a 70 VPD, se fundamenta na resistência da camada de suporte. O tráfego e o cascalho empregado não realizam grande influência no dimensionamento destas EBVT. Pontua-se neste dimensionamento, como mostra a Tabela 5, que a camada de desgaste é considerada de 150 mm independente da condição de tráfego, e embora para substratos que apresentam resistência superior a 15% de CBR seja consideravelmente viável a estrada ser exclusivamente de terra, trabalha-se com uma camada de desgaste para fornecer melhores condições aos utentes e evitar o cenário da fundação exposta.

**Tabela 5 – Espessura das camadas de base e desgaste para estradas secundárias**

Classe de Resistência da Fundação - CBR (%)	Camada do Pavimento (mm)	
	Base	Desgaste
S2 (3-4)	150 (G30)	150 (G15)
	200 (G15)	
S3 (5-7) e S4 (8-14)	-	150 (G15)
S5 (15-29)	-	150 (G15)

Fonte: Adaptado de Design Manual for Low Volume Roads: Part B (ERA, 2016, p.214).

- **Manual da Austroads**

O tráfego, em número acumulado de eixos padrão, e o CBR do material que será utilizado como fundação são os parâmetros utilizados pelo manual da Austroads para o dimensionamento do pavimento para a EBVT. A Austroads (2009), de maneira explícita, ressalta que quanto menor for o CBR do solo com o papel de suporte tão maior será as espessuras necessárias das camadas sobrejacentes. Isso em razão à intenção de não transmitir pressões em exorbitância para a fundação e evitar o aparecimento precoce de degradações.

A fonte destaca que há três fatores que devem ser bem esclarecidos antes da execução desse projeto de pavimentação:

- (1) A performance que o material que pretende empregar como base tem sob tráfego;
- (2) A impermeabilização do conjunto de estratos;
- (3) Resistência do substrato de fundação.

Em relação ao primeiro fator, prevê que o material deve ser capaz de sofrer as ações de tráfego sem desagregar e transmitir a fundação solicitações menores as quais foram sofridas. Ainda discutindo sobre materiais, a entidade indica a aplicação de agregados com CBR em laboratório de 50% e 30%, respectivamente, para bases e camadas de desgaste. Para o último estrato, a referência aponta fusos granulométricos ideais para o material que pode ser empregado nesta camada pela Tabela 6.

**Tabela 6 – Fusos granulométricos recomendados para materiais da camada de desgaste**

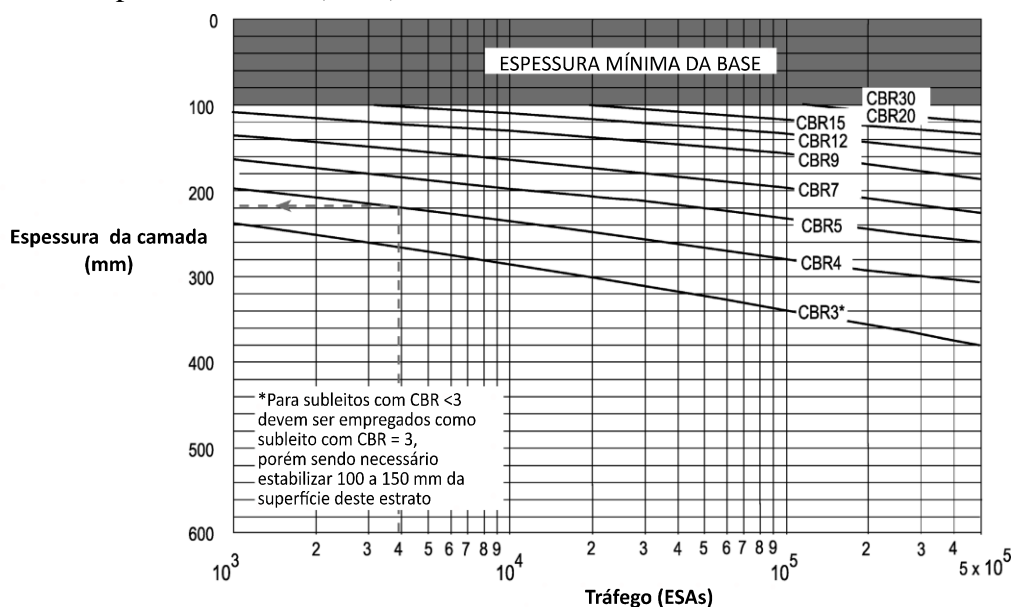
<b>Aberturas</b>	<b>Passantes (%)</b>
55	100
37,5	95-100
26,5	90-100
19	80-100
2,36	35-65
0,425	15-50
0,075	10-40

**Fonte:** Adaptado de **Guide to Pavement Technology Part 6: Unsealed Roads (AUSTROADS, 2009, p.15).**

Algumas das sugestões que a Austroads fornece para controlar a entrada de água é conferir declividades de 4 a 6 % a estrada, material de desgaste impermeável, entre outras características. Já relacionado a resistência da fundação, o projetista deve selecionar o valor de

CBR que corresponda ao pior cenário desempenhado pela fundação em virtude à passagem do tráfego.

Com os três fatores devidamente resolvidos, aplica-se o esforço previsto a ser desempenhado sobre a estrada, em ESA, e a menor resistência da fundação identificada ao longo do traçado da estrada, em CBR, sobre o diagrama da Figura 5 para definir a espessura da camada de base pela Austroads (2009).



**Figura 5 – Dimensionamento da camada de base segundo o manual da Austroads (2009).  
Fonte: Adaptado de Guide to Pavement Technology Part 6: Unsealed Roads (ARRB TRANSPORT RESEARCH, 1998 apud AUSTROADS, 2009, p.16).**

A entidade salienta que a espessura determinada pelo diagrama anterior é referente à mínima que a camada acima da fundação deve possuir para preservá-la durante o horizonte de projeto das degradações oriundas do tráfego. Todavia, deve-se ter o conhecimento da perda gradual de material da camada de desgaste, prevendo-se de forma semelhante a Equação (3). Com isso, a fonte finaliza a discussão acerca do dimensionamento relatando a necessidade de periódicas remodelações da via e reposição de material dela, entretanto, ao contrário do manual do ERA, sem fornecer qualquer instrumento indicativo, como uma equação de quando realizá-lo.

- **TTF - Timber Transport Forum**

Este referencial, o qual faz uso de determinações expostas pelo Forestry and Land Scotland - FLS (2019), utiliza apenas o valor do CBR da fundação para determinar a espessura de material a ser assentado sobre este estrato. Entretanto, o mesmo pressupõe que a estrada será constituída e utilizada a partir de certas características pré-definidas, como:

- (1) Velocidade de projeto: 25 km/h;

- (2) Veículo pesado de projeto: 44 toneladas;
- (3) Largura da estrada: 3,4 metros;
- (4) Declividade mínima: 2%, exceto em subidas e descidas;
- (5) Declividade máxima: 8% de preferência, mas até 10 % é aceitável.

Apesar do único parâmetro que o método da TTF (2020) exige que o projetista identifique nas tabelas seja o CBR, cabe a ele verificar para estrada em que se está dimensionando a tabela mais adequada, se deve utilizar a Tabela 7 ou 8, que respectivamente correspondem a 500 mil ESA e 1 milhão de ESA de esforço de tráfego.

**Tabela 7 – Espessura mínima de material granular requisitado para EBVT conforme CBR da fundação referente a 500 mil ESA**

<b>Tipo de Solo</b>	<b>CBR (%)</b>	<b>Espessura mínima (mm)</b>
Turfa ou Silte	<2	> 850
Argila Siltosa	2	700
Argila Rija	3	550
Argila Arenosa	4	475
Areia Saturada	7	325
Areia Fina	10	250
Cascalho arenoso bem graduado	20	150
Rocha	250 ≥	100

Fonte: Adaptado de *The Design and Use of the Structural Pavement of Unsealed Roads* (TTF, 2020, p.7).

**Tabela 8 – Espessura mínima de material granular requisitado para EBVT conforme CBR da fundação referente a 1 milhão de ESA**

<b>Tipo de Solo</b>	<b>CBR (%)</b>	<b>Espessura mínima (mm)</b>
Turfa ou Silte	<2	> 1000
Argila Siltosa	2	750
Argila Rija	3	600
Argila Arenosa	4	500
Areia Saturada	7	350
Areia Fina	10	275
Cascalho arenoso bem graduado	20	175
Rocha	250 ≥	100

Fonte: Adaptado de *The Design and Use of the Structural Pavement of Unsealed Roads* (TTF, 2020, p.22).

Acredita-se que esse método de dimensionamento seja o mesmo citado por Brito (2011) utilizado pela Forestry Civil Engineering (FCE) que, segundo o autor, é o órgão responsável pela construção e manutenção de estradas e pontes no Reino Unido, que também define as diretrizes de dimensionamento e manutenção para as estradas do setor madeireiro. FCE apud Brito (2011) fixa os mesmos valores de velocidade, carga e largura de projeto que os descritos anteriormente. A tabela exposta no trabalho de Brito (2011), relativa a espessura mínima da camada estrutural a ser concebida para o pavimento, é igual em relação a 500 mil eixos padrões (Tabela 7).

Em relação a granulometria do estrato de base e de camada de desgaste, TTF (2020) recomenda seguir as configurações passantes expostas na Tabela 9. A organização também indica que os agregados da camada superficial devem dispor de um valor de *Aggregate Impact Value* – AIV (Índice de Impacto do Agregado) inferior a 25 sendo preferível que esteja abaixo de 20, tornando-o mais apropriado para o tráfego de pesados.

**Tabela 9 – Fusos granulométrico para as composições de base com tamanho máximo de partícula de 150 mm e 100 mm e para camada de desgaste de 40 mm**

Abertura das Peneiras	Base <150mm	Base <100mm	Desgaste < 40 mm
150 mm	100	-	-
100 mm	70% - 95%	100	-
40 mm	45% - 72%	50% - 80%	100
20 mm	30% - 56%	35% - 65%	60% - 80%
10 mm	20% - 45%	20% - 50%	40% - 70%
5 mm	12% - 32%	15% - 45%	23% - 55%
600um	5% - 15%	7% - 16%	10% - 25%
75um	2% - 8%	2% - 8%	7% - 15%

Fonte: Adaptado de *The Design and Use of the Structural Pavement of Unsealed Roads* (TTF, 2020, p.10).

É ainda orientado pela organização que as camadas elaboradas não sejam maiores que o dobro da espessura da maior partícula de agregado, em virtude da alta compactação que este cenário proporciona. Por fim, TTF (2020) refere ainda que as compactações mais efetivas para as bases são as desenvolvidas em camadas entre 100 a 225 mm, estando de acordo com a orientação anterior, que as camadas não podem ser o dobro do tamanho de máximo de agregado, no caso obrigatoriamente inferior a 150 mm e superior a 100 mm como demonstrado pela Tabela 9.

## 2.3 Avaliação Estrutural

Para projetos de dimensionamento e reabilitação de estradas pavimentadas e não pavimentadas é vital a realização de ensaios mecânicos, já que por eles é capaz de obter os parâmetros resistentes frente as solicitações que o tráfego normalmente desempenha. Destaca-se também a importância de investigar a condição de compactação do solo, já que este aspecto interfere consideravelmente nos parâmetros de capacidade de carga das estradas não pavimentadas.

Os ensaios são distinguidos em laboratoriais e *in situ*. Laboratoriais basicamente são ensaios que exigem o recolhimento de material dos pontos de interesse para a aplicação de procedimentos que necessitam de equipamentos que não podem ser transportados ao local da estrada, mas apenas utilizados em laboratório. Limites de Atterberg, granulometria, Proctor e o CBR tradicional são exemplos de ensaios de laboratório. Esses ensaios não possibilitam obter parâmetros do solo em condições naturais normalmente, pois amostras indeformadas são de difícil ou até mesmo impossível obtenção conforme o caso, como Massad (2010) destaca. Desta forma trabalha-se com a extração de amostras tendo consciência que houve a perturbação do material em sua recolha.

Enquanto os ensaios *in situ*, também denominados de ensaios em campo, são realizados diretamente sobre o objeto de estudo, sem necessitar a extração de material, com procedimentos executados no local diretamente sobre o solo em seu arranjo natural. Em virtude disso, os parâmetros aferidos em campo, a princípio, tendem a ser mais precisos e se aproximam mais dos parâmetros sob solicitação do tráfego (Freitas, 2019).

### 2.3.1 Ensaios Laboratoriais

#### 2.3.1.1 Proctor

O ensaio Proctor é normatizado no Brasil pela NBR 7182/2016:2020 (ABNT, 2020) e em Portugal pela LNEC E 197 (1966), e possui como objetivo obter a curva de compactação, um gráfico que relaciona a umidade com a baridade seca ( $\gamma_d$ ) e identifica a umidade ótima, isto é, a umidade que possibilita o maior  $\gamma_d$ . Um dos mais difundidos no meio técnico científico, o

ensaio Proctor tem procedimentos padronizados a nível mundial ocorrendo pequenas variações conforme o local e normativa vigente, segundo Pinto (2006).

O princípio do ensaio consiste em aplicar golpes com um pilão em uma porção do solo equivalente a uma fração do cilindro de Proctor, com este solo estando a partir de uma umidade próxima da ótima, 5% a baixo dela, repetindo o procedimento igual ao número de frações necessárias para completar o cilindro. As medidas dos soquetes aplicáveis, a quantidade de golpes (também chamada de energia de compactação) e o número de estratificações feitas no cilindro são todos especificados conforme o tipo de ensaio Proctor (normal, intermediário ou modificado) aplicado, havendo certos itens que são os mesmos independente do tipo. Pontua-se ainda que a umidade ótima pode ser facilmente detectada pelo operador por se situar um pouco abaixo do limite de plasticidade. (ABNT, 2020;Pinto, 2006)

Com o cilindro preenchido: a massa específica, a umidade e a massa específica aparente seca devem ser, respectivamente, obtidos com uma parcela do seu interior. Após isso, repete-se a operação de completar o cilindro conforme o tipo de Proctor, porém desta vez com um aumento de 2% da umidade sobre o solo. Essa operação é repetida até que se note que depois de um aumento de massa específica, a mesma se mantenha constante por duas ou três repetições, geralmente totalizando cinco realizações deste processo. Com umidade e  $\gamma_d$  de cada execução dispõem os dados em um gráfico de umidade por  $\gamma_d$  e realiza a ligação dos pontos para identificar a umidade ótima correspondente ao  $\gamma_d$  máximo.(Massad, 2010; Pinto, 2006).

### 2.3.1.2 CBR em Laboratório

O CBR em laboratório foi o primeiro ensaio concebido a determinar o parâmetro CBR (com primeira concepção em torno de 1930), dentre os tantos ensaios que há na investigação científica atual que determinam o parâmetro. Procede-se somente sob uma amostra de solo que já foi aplicada o ensaio de compactação Proctor. O CBR tem como princípio medir a expansão em uma amostra de solo e o grau de penetração da mesma obtido da relação da pressão necessária para penetrar o solo em comparação a uma brita de referência. Há penetrações cabíveis para realizar a comparação com a brita, como 2,54 mm e 5,08 mm, que são as mais comuns de serem avaliadas. Realizam-se duas etapas além da compactação por Proctor neste experimento: expansão, com a imersão em água das amostras de solo, e a penetração das mesmas. (Caputo, 2015)

São submergidas amostras de solo de diferentes energias de compactação por quatro dias, com dois discos anelares como sobrecarga acima dos corpos de prova, mantidos sob uma haste munida de um relógio que mede a expansão da amostra devido a submersão. A cada 24 horas é necessário realizar as leituras das expansões em cada um dos corpos de prova pelo período de quatro dias. Após isso, procede-se com a retirada deles do tanque de imersão e deixá-los escoar por 15 minutos (ABNT, 2017). Em relação ao último procedimento, a penetração, coloca-se o molde sob a prensa que penetra a amostra por meio de um pistão (Zabielska-Adamska e Sulewska, 2015). Sob penetrações pré-determinadas, geralmente em milímetros, faz a medição da força necessária para perfurar o solo e, havendo as medidas em relação a uma brita padronizada, obtém-se o CBR, em porcentagem, por meio da proporção da força que o solo exigiu para ser penetrado pela força que foi necessária à penetração da brita.

No Brasil, o experimento é realizado segundo a normativa NBR 9895:2016 (corrigida em 2017) enquanto que pelos órgãos americanos da ASTM e da AASHTO são, respectivamente, ASTM E2835 – 11 e T 193-99. Em Portugal, a norma LNEC E 197 (1966) que orienta o Proctor também guia a realização do CBR laboratorial.

## **2.3.2 Ensaios *In situ***

### **2.3.2.1 Penetrômetro dinâmico - *Dynamic Probing (DP)***

Um dos ensaios mais antigos de caracterização do subsolo é o penetrômetro dinâmico, que tem como objetivo determinar a quantidade de golpes que um pilão ou uma massa móvel em queda livre necessita para penetrar o material em investigação. Em razão da simplicidade do teste, há diversos tipos de penetrômetros que variam de acordo com a altura de queda, massa, comprimento e diâmetro dos elementos. (Fernandes, 2015).

O *Dynamic Probing Light (DPL)* é facilmente transportável, como pontua Fernandes (2015) e, é o mais utilizado em obras de pavimentação, tanto pela acessibilidade quanto pela simplicidade do sistema. O DPL não é muito aplicável em obras de fundações, justamente pela fragilidade diante terrenos mais resistentes e limitando-se a prospecção próxima dos dez metros. As normas para orientação do ensaio são a DIN 4094-2 (2003) e a ISO 22476-2 (2005).

### 2.3.2.2 Defletômetro de Impacto Ligeiro – *Light Falling Weight Deflectometer* (LFWD)

As limitações de acesso que alguns equipamentos de capacidade de carga encontravam durante obras de pavimentação e de construção civil, impulsionou a pesquisa e desenvolvimento de dispositivos mais práticos e tão eficientes e confiáveis quanto os tradicionais (carga em placa e demais) que exigem grande mobilização de recursos. Porém, com o diferencial necessário: alcançam os mais caóticos canteiros de obras. No contexto retratado, destacado por Nazzal (2007), foi desenvolvido o *Light Falling Weight Deflectometer* (LFWD), uma nova proposta do tradicional *Falling Weight Deflectometer* (FWD), imbuído de fundamentos similares, porém com a grande vantagem de ser um equipamento portátil que requer pouca mobilização de recursos e pessoas (pode ser executado por uma única pessoa). Por ser um equipamento difundindo a partir dos anos 2000, apesar de criado em 1981 em Magdeburg na Alemanha (Elhakim *et al.*, 2013), atribui-se a si diversos nomes, com diferentes abreviações, como *Light Weight Deflectometer* (LWD), *Light Falling Deflectometer* (LFD), *Portable Falling Weight Deflectometer* (PFWD) e *Light Drop Weight* (LDW). (Elhakim *et al.*, 2013; Machado, 2012)

O LFWD é empregado com o objetivo principal de medir o módulo de elasticidade dinâmico ( $E_{vd}$ ) do solo de fundação (em alguns casos o subleito natural do local) e camadas sobretudo granulares. Em síntese, sua execução consiste na queda da massa móvel, também denominada martelo, ao longo de uma haste para causar o choque sobre os amortecedores no final do varão. Os choques causam deslocamento da placa, deflexões, e propagam vibrações pelo meio, sendo os parâmetros coletados por um ou vários transdutores que podem ser tanto internos a placa ou externos, os quais permitem que o equipamento avalie o  $E_{vd}$  do estrato.

Assim como o FWD, seu precursor, o equipamento simula o esforço realizado pelas rodas de um veículo e partilha do modelo de Bousinesq que considera o solo um meio elástico homogêneo para calcular o módulo de deformabilidade do mesmo. A Equação 4 que sustenta o cálculo de  $E_{vd}$  pelo LFWD é, segundo Nazzal (2007) e Mendes (2013), igual a apresentada a seguir.

$$E_{vd} = \frac{k \times (1 - \nu^2) \times \sigma \times R}{S_m} \quad (4)$$

Onde:

k - Fator de rigidez da placa de carga (adimensional);

$$k = \pi/2$$

$$k = 2 - \text{placa flexível}$$

$\sigma$  – Pressão de contato da placa (MPa);

$\nu$  – Coeficiente de Poisson (adimensional);

R – Raio da placa (m);

$s_m$  – Deflexão captada do centro do equipamento (m);

O equipamento que se encontra no mercado usualmente compreende 3 partes, as quais são descritas na sequência e ilustradas pelas Figuras 6 e 7.

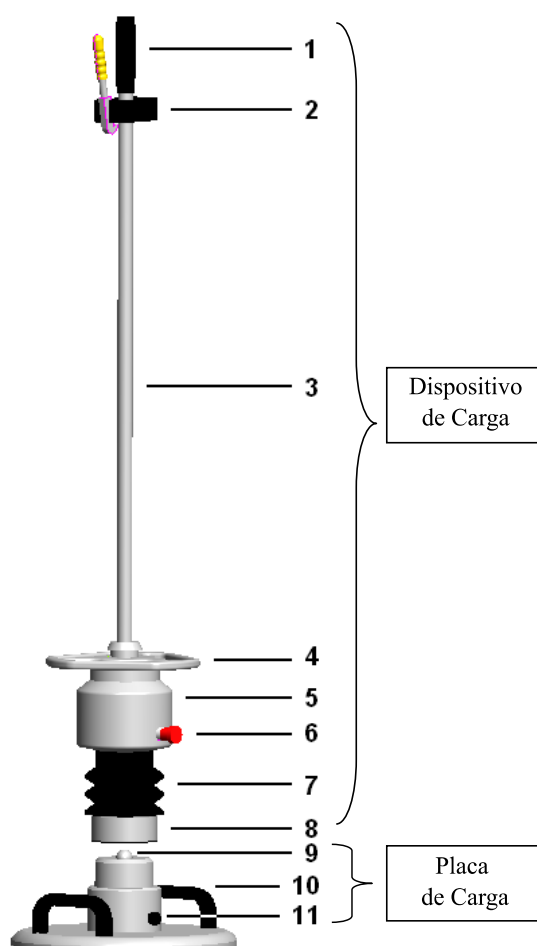


Figura 6 –LWFD ZFG 3.0 que representa um dos modelos a disposição no mercado.

Fonte: Adaptado de User Manual for the Light Weight Deflectometer (LWD) ZFG 3.0 (ZORN<sup>2</sup>, 2016, p.14).



**Figura 7 – Receptores eletrônicos que acompanham o LFWD conforme pacote a adquirir. a) Modelo que dispõe de maleta e impressora; b) Receptor apenas com envoltória.**

**Fonte: Adaptado de User Manual for the Light Weight Deflectometer (LWD) ZFG 3.0 (ZORN<sup>2</sup>, 2016, p.2).**

A numeração da Figura 6 é relativa aos seguintes itens:

1. Cabo de apoio;
2. Limite superior com alavanca de liberação;
3. Haste guia;
4. Alça do martelo;
5. Massa móvel (também conhecido como martelo de medição);
6. Trava para transporte;
7. Amortecedores;
8. Dispositivo anti-tip;
9. Guia de Centralização;
10. Alças de transporte da placa de carga;
11. Tomada do sensor na placa de carga.

O dispositivo de carga deve possuir os elementos necessários para realizar os choques em cada medida. O martelo, conforme o modelo do LFWD, pode ter massa entre 10 a 25 quilogramas (Zorn<sup>2</sup>,2016; Oliveira, 2017). O processo de prender e liberar a massa ocorre somente devido ao cabo de apoio e o limite superior da haste. O primeiro possibilita a colocação da mão do avaliador, o qual irá orientar o conjunto para entrar em nível ao restante do

equipamento. O segundo tem a função de dispor da bolha de nível e permitir a fixação e liberação da massa por meio do sistema de travamento e liberação por alavanca. A alça permite erguer o martelo de forma mais confortável ao longo da haste, enquanto a trava inferior tem o intuito de evitar o desgaste por locomoção do mesmo durante o transporte e também evitar acidentes, já que é orientado apenas destravar e erguer a massa quando não haja ninguém abaixo no equipamento por algum outro motivo. O anti-diping realiza a conexão do dispositivo de carga a placa de carga.

Quanto à placa de carga, a mesma deve dispor da guia de centralização para garantir o encaixe adequado do dispositivo de carga. As alças têm a função de facilitar o transporte da placa e permitir o assentamento adequado. Por fim, a entrada para o cabo do receptor é necessária para transmitir os dados captados pelo transdutor central (acelerômetro ou geofone) para o dispositivo eletrônico, caso não possua, coloca-se transdutores externos para captar a velocidade de propagação dos choques e deflexões do equipamento.

A fabricante Zorn, empresa alemã que produz equipamentos destinados a ensaios de capacidade de carga, aponta a divisão da deflexão média pela velocidade média ( $s/v$ ) (obtidos ao fim de uma medição em um ponto) como fator empírico relacionado a compactação. Segundo a empresa, se o fator tem valor inferior a 3,5 o mesmo não requer novos trabalhos de compactação. Entretanto, se o fator resultar em um valor superior a 3,5 pode indicar a necessidade de recompactar o solo, sendo sugerido pela fabricante investigar a condição de compactação por outros parâmetros também. (Zorn<sup>2</sup>, 2016)

A ZTVE, instituto alemão de pesquisa em estrada e tráfego, apresenta uma correlação de diferente solos granulares com requisitos mínimos de deformabilidade e com graus de compactação observados em campo. A Tabela 10 apresenta a classificação granulométrica da norma DIN 18 196, a qual sustentou a correlação de ZTVE mencionada anteriormente que está apresentada na Tabela 11. (ZTVE – STB 09,2009 apud Zorn<sup>2</sup>,2016)

**Tabela 10 – Descrição de solos granulares de acordo com a simbologia alemã  
DIN 18 196**

<b>Simbologia</b>	<b>Descrição aproximada</b>
GW	Cascalho com areia - mistura de granulometria contínua
GI	Cascalho com areia - mistura de granulometria aberta
GE	Cascalho uniforme
SE	Areia uniforme
SW	Areia com cascalho - mistura de granulometria continua
SI	Areia com cascalho - mistura de granulometria aberta

Fonte: Adaptado de *Kurzzeichen und Zeichen für Bodengruppen und Eigenschaften nach DIN 4023 und DIN 18 196 (Regierungspräsidium Darmstadt - Conselho Regional de Damstadt, p.1).*

**Tabela 11 – Correlações entre solos granulares, módulos de elasticidade estático  
 $E_{v2}$ ,  $E_{vd}$  e DPR**

<b>Classificação dos Solos segundo DIN 18196</b>	<b>Módulo de Elasticidade Estático - <math>E_{v2}</math> (MN/m<sup>2</sup>)</b>	<b>Módulo de Elasticidade Dinâmico - <math>E_{vd}</math> (MN/m<sup>2</sup>)</b>	<b>Índice de Compactação - DPR (%)</b>
GW, GI	$\geq 120$	$\geq 65$	$\geq 103$
	$\geq 100$	$\geq 50$	$\geq 100$
	$\geq 80$	$\geq 40$	$\geq 98$
	$\geq 70$	$\geq 30$	$\geq 97$
GE, SE SW,SI	$\geq 80$	$\geq 50$	$\geq 100$
	$\geq 70$	$\geq 40$	$\geq 98$
	$\geq 60$	$\geq 35$	$\geq 97$

Fonte: Adaptado de *User Manual for the Light Weight Deflectometer (LWD) ZFG 3.0 (Zorn<sup>2</sup>, 2016, p.23).*

Finaliza-se o subtópico com as constatações retiradas de Mendes (2013) e Oliveira (2017) em seus estudos. Verificou-se que o LFWD não é um equipamento adequado para obtenção da rigidez de camadas ligadas. A aplicação do ensaio sobre solos e materiais granulares não deve ser em condições de saturação superiores a 95%.

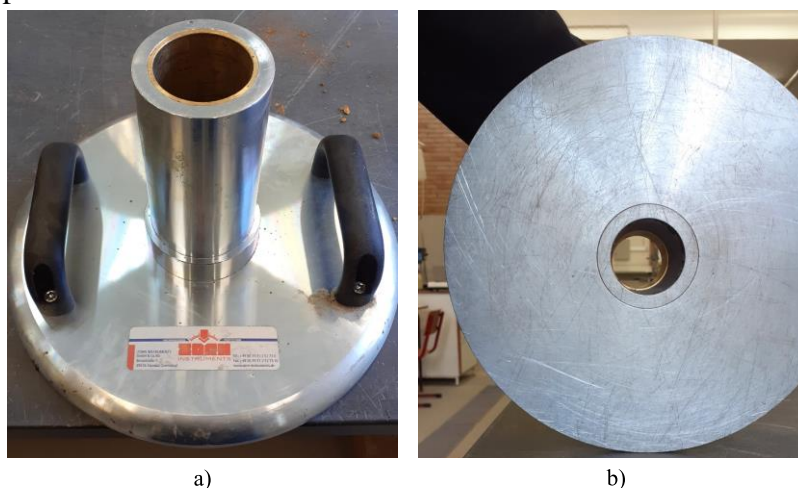
### 2.3.2.3 CBR dinâmico

A aplicação do CBR dinâmico foi apenas possível pelo desenvolvimento de um pistão que se encaixa entre o dispositivo de carga e a placa de carga do LFWD. O pistão se caracteriza como uma extensão do equipamento convencional do LFWD. A Figura 8 apresenta um pistão típico para execução do ensaio CBR dinâmico.



**Figura 8 – Pistão utilizado no modelo ZFG 3.0 de LFWD.**

O fundamento deste ensaio é o mesmo de demais ensaios CBR, a penetração de um pistão sobre o elemento em que está ensaiando. A penetração neste caso é gerada pelo choque do martelo sobre os amortecedores os quais deslocam o pistão e o mesmo tendo a penetrar o solo. Isso só é possível devido a placa de carga ser aberta sobre a base inferior do pistão e permitir a passagem do mesmo até o material. A Figura 9 apresenta uma placa de carga característica para realizar o ensaio CBR dinâmico.



**Figura 9 – a) Placa típica para o ensaio CBR dinâmico; b) Exibição do furo que há na placa**

Infelizmente, é um equipamento pouco aplicado na determinação da capacidade de carga dos estratos de pavimentos, conseqüentemente, há poucos estudos acadêmicos acerca do

ensaio. Provavelmente a razão da lacuna presente na aplicação e estudos do CBR dinâmico seja explicada pela difusão consideravelmente recente do LFWD e também pelo fato do pistão que permite a realização do ensaio ser um item a parte do mesmo. As empresas fabricantes de LFWD e conseqüentemente da extensão para execução do CBR dinâmico desempenham um papel importante na difusão de conhecimentos deste ensaio. A Equação 5 enunciada pela empresa TIC representa o princípio de cálculo do CBR dinâmico (TIC, 2017 apud Oliveira, 2017).

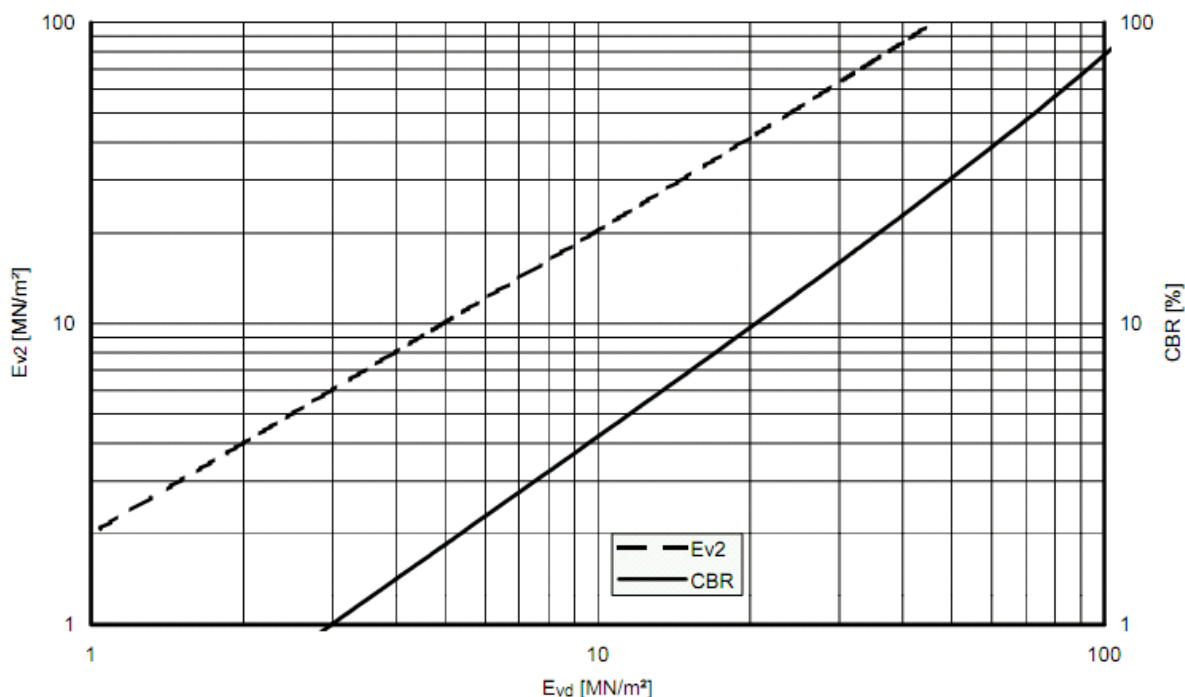
$$CBR_d(\%) = \frac{24,26 * p}{s^{0,59}} * 100 \tag{5}$$

Onde:

p – Pressão exercida pelo equipamento (MPa)

s – Penetração medida do centro do equipamento (m);

A Zorn indica correlações entre os resultados do ensaio CBR dinâmico com valores de deformabilidade dinâmica –  $E_{vd}$  e com valores de deformabilidade no segundo ciclo de carregamento -  $E_{v2}$  para solos bem compactados. Entretanto, o manual do CBR dinâmico não conceitua o que é um solo bem compactado nem fornece intervalos para identificar o mesmo. Acredita-se que sejam os mesmos intervalos para  $E_{vd}$  e  $E_{v2}$  aplicados pela Tabela 11. As curvas do diagrama da Figura 10 permitem fazer as correlações mencionadas anteriormente.



**Figura 10 – Correlação do CBR aferido dinamicamente com  $E_{vd}$  e  $E_{v2}$ .**  
**Fonte: Supplementary User Manual for the Dymanic Field CBR extension (ZORN<sup>1</sup>, 2016, p.9).**

Segundo os estudos encontrados, é comum a realização do CBR dinâmico em laboratório ensaiando sobre amostras perturbadas. A pesquisa de Zabielska-Amaska e Sulewska (2015) efetuou medições do CBR dinâmico e CBR laboratorial sobre cinzas volantes (material obtido de uma termoelétrica de Białystok na Polônia o qual foi armazenado até secagem) após compactação com ensaio Proctor normal e modificado, porém sem a submersão das amostras como uma das etapas do método clássico prevê. Alcançaram correlações interessantes do CBR dinâmico e CBR laboratorial em função da umidade. Pela semelhança das curvas obtidas, também realizaram a correlação do CBR dinâmico em função do CBR tradicional havendo boa afinidade entre os parâmetros.

Também realizado em laboratório e com filosofia semelhante foi o estudo de Kuttah (2019) que identificou forte correlação do CBR dinâmico com parâmetros de compactação para areias.

A pesquisa de Oliveira (2017) utilizou LFWD, CBR dinâmico e outros ensaios de caracterização da capacidade de carga sobre um aterro experimental. Entretanto, o autor não manipulou os resultados fornecidos pelo CBR dinâmico os quais são em (%) mas atribuiu valores a eles em (MPa) por meio da equação de Powell *et al.* (1985). Discutirá mais sobre a abordagem de Oliveira no subtópico seguinte.

#### **2.3.2.4 CBR *in situ***

O CBR *in situ* que comumente se conhece é o ensaio que por meio de um contrapeso muito elevado, como um trator ou caminhão, serve de apoio sobre um pistão o qual irá penetrar no material que se deseja avaliar (Bernucci *et al.*, 2008). A vantagem é que ao contrário do CBR em laboratório que requer 4 dias para finalizar a submersão da amostra para então realizar a penetração, o CBR *in situ* é realizado sobre o estrato como está em campo, inalterado, obtendo assim as condições que se verifica do solo daquele local no instante sem conturbação alguma (Rodrigues, 2017). A maior desvantagem é a necessidade de um grande contrapeso para realizar o ensaio que, conseqüentemente, restringe o mesmo aos momentos que a obra possibilite o acesso do contrapeso e dos equipamentos para a realização do ensaio. As normas ASTM D4429 (2004) e BS 1377-9 (1990) regem o ensaio.

### 2.3.2.5 Dilatômetro de Marchetti (DMT)

O Dilatômetro de Marchetti (DMT), concebido pelo engenheiro geotécnico de mesmo nome, é um equipamento que, por meio dos parâmetros que fornece, apresenta a vantagem de haver uma vasta quantidade de correlações com muitos índices úteis na Mecânica dos Solos, como refere Fernandes (2015). Alguns exemplos são os parâmetros de resistência do solo como o ângulo de atrito efetivo ( $\phi'$ ) e resistência não drenada ( $c_u$ ); e parâmetros de deformabilidade, como módulo de elasticidade (E) e o módulo de distorção (G). Além disso, por meio do parâmetro “índice do material” ( $I_{DMT}$ ) é possível identificar o solo, pois o índice é muito consistente e varia de modo regular com a granulometria. (Fernandes, 2015)

O equipamento funciona partindo do princípio da cravação estática (sob velocidade constante) de uma célula fina de aço dotada de uma extremidade biselada que o equipamento dispõe em sua haste. Em uma das faces da célula há uma membrana retraída para o interior da célula, sendo essa membrana diretamente ligada a central, a qual envia um gás sob pressão para a expansão da membrana. Por sua vez, a membrana expande em duas etapas: primeira chamada de “*lift off*”, que infla até atingir o mesmo nível da célula e a segunda, em que o ponto central da membrana se desloca 1,1 mm para o exterior. Em cada uma dessas expansões, a pressão é medida e, por meio delas, obtém-se os parâmetros relativos ao ensaio. (Fernandes, 2015).

O ensaio dilatométrico é regido pela ASTM D6635 (2015).

### 2.3.2.6 Gamadensímetro

O ensaio radioativo conhecido por gamadensímetro é um ensaio utilizado para obter o peso específico seco e umidade de solos, agregados e misturas betuminosas. Caracteriza-se pela rapidez de aplicação do ensaio que também faz parte daqueles que requerem pouca mobilização de recursos para execução sendo regulado pela normativa ASTM D6938 (2017).

O equipamento é dotado de uma fonte radioativa e de um receptor de raios gamas. O princípio de funcionamento consiste na emissão de raios gamas de certa energia e nêutrons para a camada que se pretende analisar. O receptor conta a quantidade de raios que o atingem sem perda de energia para determinar  $\gamma_d$  e a quantidade de nêutrons liberados para umidade. Com os valores medidos em campo, pode-se comparar com os obtidos laboratorialmente sob uma certa energia de compactação e avaliar o grau de compactação em campo. (Silva,2013)

### 2.3.3 Correlações entre parâmetros dos ensaios

Correlações entre parâmetros, de modo geral, são extremamente úteis na engenharia já que permitem alcançar valores para parâmetros não diretamente investigados os quais possuem relação com um parâmetro investigado, possivelmente poupando recursos e/ou obtendo resultados para parâmetros em que a situação não permite investigar. No aspecto das EBVT, conforme a realidade em que estão inseridas, têm papel consideravelmente importante, visto que muitas dessas estradas são negligenciadas nas fases de projeto e reabilitação em comparação a outras vias, pois não são vistas como rotas cruciais para escoamento de bens e pessoas que normalmente justificam liberações orçamentárias maiores. Mesmo não sendo tidas com papel de importância a nível nacional as mesmas tem importância regional na integração das comunidades às quais fornecem acesso. Desta maneira, com orçamentos que não permitem realizar todos os ensaios geralmente necessários, é possível, por meio de correlações aceitas no meio científico, obter os parâmetros que necessita-se através de outro parâmetro que se tem.

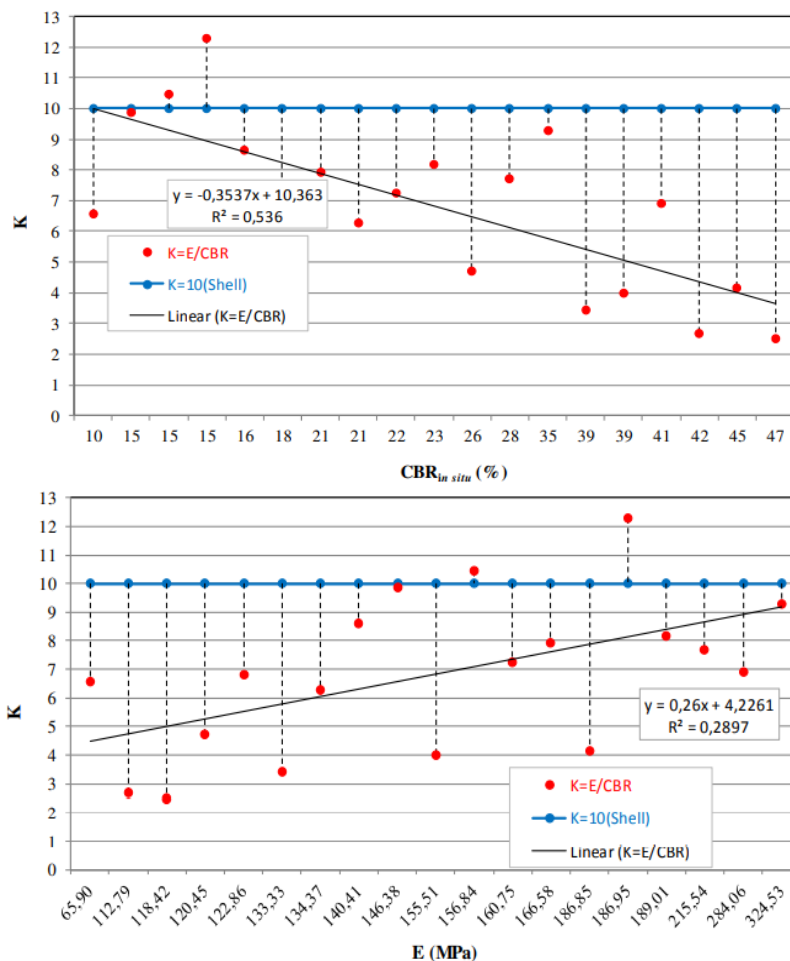
Correlações entre ensaios de capacidade de carga e compactação já foram feitas incontáveis vezes por diferentes autores. Para entender o que é uma correlação boa, é preciso entender o índice estatístico  $R^2$ . Segundo a IBM (2020),  $R^2$  se traduz como a fração da variância a qual a variável independente é associada a variável dependente, com um maior valor de  $R^2$  indicando que mais da variação explica-se pela equação ou modelo obtido. Uma afinidade razoável, em questão de parâmetros mecânicos de capacidade de carga e compactação, deve ter  $R^2$  maior ou igual a 0,8. A seguir, apresenta-se brevemente os estudos que realizaram correlações com os parâmetros dos ensaios comentados neste tópico.

Na Escola Superior de Tecnologia e Gestão (ESTIG) do IPB foi desenvolvido um trabalho de correlação do módulo de elasticidade - E das fundações de pavimentos, obtido por ensaio de carga em placa, com CBR laboratorial de forma semelhante a alcançada pela equação de Shell (1978) a qual utiliza um fator igual a dez para multiplicar o CBR obtido do material. A equação de Shell (1978) é apresentada pela Equação (6).

$$E \text{ (MPa)} = 10 \times \text{CBR (\%)} \quad (6)$$

O estudo de Moraes *et al.* (2018), o qual fez ensaios de capacidade de carga e caracterização geotécnica em 19 pontos do distrito de Bragança, encontrou como fator médio

para a transformação de parâmetros igual a 6,83, entretanto pelos fatores (K) se dispersarem consideravelmente, de 2,53 a 12,30, buscou obter uma equação linear que correlacionasse os fatores (K) com os parâmetros avaliados, os quais não foram bem-sucedidos atingindo, aproximadamente, R<sup>2</sup> de 0,54 e 0,29, respectivos a CBR e E. A Figura 11 apresenta os gráficos para as correlações.



**Figura 11 – Correlações de CBR in situ e E com fatores de conversão (K) de Morais *et al.* (2018). Fonte: Relação entre Módulo de Deformabilidade e CBR para caracterização mecânica da fundação de pavimentos (Morais *et.al*, 2018, p.8-9).**

Wyrosiak (2017) elaborou um aterro experimental de 150 metros por 100 com profundidade de 1,5 metro e aplicou quatro ensaios diferentes sendo CBR in situ, LFWD, penetrômetro ligeiro e carga em placa que envolveram cinco variáveis diferentes: deformabilidades no primeiro e segundo ciclos de carregamento -  $E_{v1}$  e  $E_{v2}$ , respectivamente, deformabilidade dinâmica -  $E_{vd}$ , índice de compactidade - ID e CBR. O tipo de solo em que foram executados os ensaios são areias de granulometria fina para média com presença de silte. A Tabela 12 apresenta as equações e valores de R<sup>2</sup> obtidos no estudo em questão, denotado em parênteses as variáveis independentes.

**Tabela 12 – Correlações obtidas por Wyrosiak com respectivas equações e R<sup>2</sup> entre ensaios de capacidade de carga**

	<b>E<sub>vd</sub> (E<sub>v2</sub>)</b>		<b>CBR in situ(E<sub>v1</sub>)</b>	
$E_{Vd} = 5,1 \cdot E_{V_2}^{0,48}$	R <sup>2</sup> 0,90		$CBR_{in situ} = 22,91 \cdot \ln (E_{V_1}) - 70,95$	R <sup>2</sup> 0,88
	<b>CBR in situ (E<sub>v2</sub>)</b>		<b>CBR in situ(I<sub>D</sub>)</b>	
$CBR_{in situ} = 21,23 \cdot \ln (E_{V_2}) - 74,99$	R <sup>2</sup> 0,87		$CBR_{in situ} = 103,37 \cdot I_D^{2,92}$	R <sup>2</sup> 0,85
	<b>E<sub>vd</sub> (I<sub>D</sub>)</b>		<b>CBR in situ(E<sub>vd</sub>)</b>	
$E_{Vd} = 425,69 \cdot I_D^2 - 369,83 I_D + 109,2$	R <sup>2</sup> 0,84		$CBR_{in situ} = 40,79 \cdot \ln (E_{Vd}) - 132,42$	R <sup>2</sup> 0,82
		<b>E<sub>vd</sub> (E<sub>v1</sub>)</b>		
		$E_{Vd} = 8,7 \cdot E_{V_1}^{0,42}$	R <sup>2</sup> 0,64	

**Fonte:** Adaptado de *Establishing Relationships between Parameters of the Controlled Compaction Soil by Using Various In-Situ Tests* (Wyrosiak, 2017, p.5-8).

Nazzal *et al.* (2007) realizou correlações entre o LFWD com diversos ensaios de penetração, obtendo bom nível de confiança nas correlações elaboradas ao colocar índices físicos do solo e os restringir a certos valores.

O único estudo encontrado que correlaciona resultados dos ensaios do LFWD e CBR dinâmico foi o de Oliveira (2017), entretanto indiretamente, pois tratou o CBR dinâmico como deformabilidade – E, aplicando a equação de Powell *et al.* (1985) que prevê o valor de E de acordo com o valor de CBR. A equação de Powell *et al.* (1985) é apresentada a seguir.

$$E = 17,6 \times CBR^{0,64} \quad (7)$$

Injustificável a análise, visto que Powell *et al.* (1985) desenvolveram à época uma correlação aos métodos correntes de se obter CBR. Desta maneira, não foi encontrado nenhuma correlação de dados do CBR dinâmico em (%) com E<sub>vd</sub>, além da Figura 10 para solos bem compactados em 2.3.2.3.

As duas correlações que se encontrou para o CBR dinâmico foram com o CBR em laboratório e com parâmetros de compactação, umidade (w) e baridade seca (γ<sub>d</sub>). Entretanto, na condição em que o CBR dinâmico era aplicado em amostras laboratoriais após as mesmas serem submetidas ao ensaio Proctor. Zabielska-Amaska e Sulewska (2015) realizaram a correlação do CBR dinâmico com o CBR em laboratório, para cinzas volantes, e obtiveram correlações

satisfatórias até a umidade ótima para Proctor modificado e 5% abaixo da umidade ótima no caso do Proctor normal atingindo, respectivamente,  $R^2$  de 0,841 e 0,903. A correlação das autoras é visualizada pela Figura 12, em que “SP” denota Proctor normal e “MP” Proctor modificado.

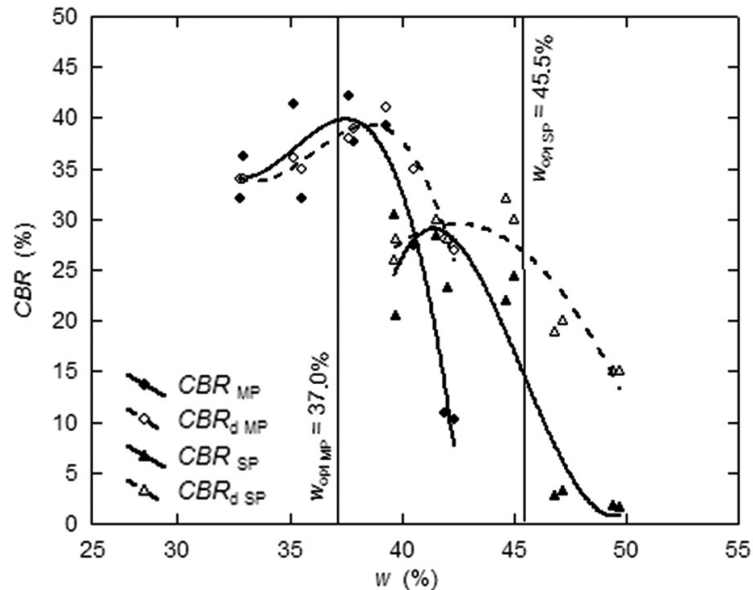


Figura 12 – Correlações de diferentes ensaios CBR com a umidade

Fonte: Dynamic CBR Test to Assess the Soil Compaction (Zabielska-Amaska e Sulewska, 2015, p.7).

Kuttah (2019) encontrou forte relação do  $CBR_d$  aos parâmetros do ensaio de compactação sobre diversos tipos de areia. A autora submeteu amostras ao ensaio Proctor, e encontrou correlação com  $R^2$  de 0,896 entre o  $CBR_d$  e valores de umidade (w) Ainda maior foi a afinidade do  $CBR_d$  com a baridade seca ( $\gamma_d$ ) obtendo  $R^2$  de 0,99 nas amostras de solo ensaiadas.

## 2.4 Avaliação Funcional

Neste tópico são revisados conceitos e métodos relacionados a avaliação funcional, ou seja, a análise que examina o nível de desempenho e conforto que os utilizadores dentro de um veículo sentem ao trafegar por uma estrada. Entende-se que quanto melhor o desempenho funcional de uma estrada, expresso pelo estado da superfície da via, atinge-se custos de operação veiculares menores (VOC – *Vehicle Operational Cost*), com menos recursos necessários para manutenções e uma maior facilidade de circulação pela pista, exigindo que o motorista desvie dos defeitos presentes apenas pontualmente.

Há dois tratamentos que ditam a maneira que são realizadas as avaliações funcionais. A subjetiva, a qual normalmente é fundamentada no conforto que os avaliadores sentem dentro do veículo durante suas passagens pelas seções da estrada e na observação unicamente visual das falhas presentes nas vias e, a análise objetiva, fundamentada na racionalização dos defeitos superficiais e das irregularidades de drenagem da estrada em foco, fazendo uso de régua, nível de bolha, fita métrica, entre outros instrumentos de medida recomendados de acordo com a metodologia adotada. Certos sistemas objetivos permitem analisar a influência isolada que uma degradação possui no estado de uma estrada ou de parte dela.

Destaca-se que não é um problema utilizar procedimentos subjetivos, porém é interessante utilizar ao menos em conjunto uma análise objetiva para evitar que gere desconfiança na avaliação realizada. O processo subjetivo é atrativo pela rapidez que normalmente está relacionado a si, entretanto o mesmo deve ser bem descrito e detalhado para que seja clara sua aplicação e menor seja as divergências entre avaliadores. É importante ressaltar que o subjetivo carrega consigo o fato de que, quanto mais aplicações do teste um mesmo avaliador faz, maior consistência haverá no conjunto de dados desta pessoa e conseqüentemente, maior a confiança depositada na inspeção funcional feita pelo mesmo, entretanto, a análise da mesma estrada por duas pessoas diferentes pode gerar, em algumas situações, discrepâncias significativas devido a essa filosofia de metodologia.

Verifica-se na grande parte dos métodos de avaliação funcional destinados a estradas não ligadas (concepção de estrada em que se encaixa a grande maioria das EBVT) a realização da análise funcional continuamente em longas extensões de estradas de terra e cascalho. Os métodos RCS/DVI e URCI que serão abordados a frente, na sequência da definição das degradações, são exemplo de testes com essa característica. Surgiram como bússola na maneira de se conduzir as avaliações e manutenções dos departamentos de transportes e reabilitação de vias governamentais, aplicados sob a tutela de equipes devidamente treinadas que, de maneira ágil e apuradas, desempenham as inspeções.

## **2.4.1 Degradações em Estradas não-ligadas**

### **2.4.1.1 Ondulações – *Corrugations***

Segundo o DNIT, autoridade a qual Cabette (2018) adaptou o método de avaliação funcional antes aplicável a pavimentos flexíveis e semi-rígidos do órgão para utilizar em

estradas não ligadas, ondulações são deformações transversais ao pavimento (DNIT<sup>1</sup>, 2003). Em estradas de terra, segundo a OECD<sup>2</sup> (1990), ondulações são picos rasos e uniformemente espaçados sendo transversais ao tráfego. Segundo a mesma fonte e FHWA<sup>1</sup> (1998), esse defeito pode se estender pela largura inteira no ponto em que está presente com uma distância de crista a crista ou de vale a vale (comprimento de onda) dentro do intervalo de 500 mm a 1000 mm (FHWA<sup>2</sup>, 2015). Quanto a profundidade, Austroads (2009) relata que podem chegar a no máximo 150 mm em relação a extremidade de uma crista até a extremidade de um vale.

Também conhecidas por corrugações, sendo em inglês popular o termo *washboarding* (em tradução livre, corresponde a esfregadeira de um tanque de lavar roupas) proveniente da semelhança com tal objeto. Se não bastasse a sensação extremamente desconfortante dos solavancos aos passageiros, as ondulações propiciam o desgaste de amortecedores e ainda, atenta a segurança dos utentes pela debilitante aderência dos pneus com a estrada. (FWHA<sup>1</sup>, 1998) (FWHA<sup>2</sup>, 2015).

Segundo TIC (2002), esse tipo de falha é ocasionado pelo tráfego pesado em subidas ou curvas nos pontos que usualmente acontece movimentos de aceleração ou frenagem. Também sobre sua origem, a Austroads (2009) indica que costumam ocorrer pelo desprendimento de superfícies soltas devido as pressões exercidas pelos pneus de forma proporcional a massa e a velocidade do veículo. O material deslocado se organiza sob a forma de cume e o espaço que até então estava fica vago e caracteriza-se como vale. Em climas secos, apenas a camada superficial costuma ser afetada, enquanto que em climas úmidos a camada de base e a fundação podem ser afetadas devido ao enfraquecimento destes estratos em consequência da saturação dos mesmos.

#### **2.4.1.2 Afundamentos – *Rutting***

Também conhecido por rodeiras, os afundamentos, segundo DNIT<sup>1</sup> (2003), são deformações permanentes no pavimento (recorda-se que esta fonte aborda pavimentos flexíveis e semi-rígidos), podendo ou não apresentar deslocamento lateral da massa solicitada. De forma semelhante, Shahin (2005) indica que *Rutting* (afundamentos) nas estradas de terra e cascalho são depressões longitudinais coincidentes a passagem dos rodados na estrada causadas pela deformação permanente ao menos em um dos estratos do pavimento. Como destaca Dawson e Kolisoja (2006), os agregados costumam ser materiais flexíveis, entretanto, quando começam a agir plasticamente, pouco a pouco a cada passagem de pneu efetuada, acumula-se essa

deformação plástica e se formam as rodeiras que são visivelmente perceptíveis. OECD<sup>2</sup> (1990) destaca que em casos extremos um par destas apresenta o perfil no formato de um “W”.

As razões de sua ocorrência variam conforme o clima e materiais. Quando a estação seca é predominante, materiais não coesivos como as areias tem a tendência a sofrer afundamentos com o deslocamento lateral do material pelo tráfego, enquanto que nas estações úmidas as argilas e solos sensíveis a água podem sofrer liquefação ou provocar a perda de estabilidade das camadas superiores (OECD<sup>2</sup>, 1990). Os primeiros solos são propícios a afundamentos pequenos, já os últimos são responsáveis por afundamentos de maior profundidade (TIC, 2002). A OECD<sup>2</sup> (1990) ainda indica que afundamentos dificultam os desvios e movimentos laterais dos veículos, induzindo a seguir o caminho marcado pelas rodeiras e intensificar a falha até um ponto que a estrada fique intrafegável.

É um efeito indesejável em uma estrada não ligada, seja em questão da integridade da estrada, da segurança ao usuário ou em relação a VOC. O afundamento possibilita a acumulação de água, permitindo que a mesma se acumule nas suas depressões formadas ao invés de escoar para fora da superfície da estrada além de que, essa mesma água pode penetrar para camadas inferiores, causar a chamada deformação oculta na fundação do pavimento e reduzir consideravelmente a capacidade de carga do pavimento (DAWSON;KOLISOJA,2006). A persistência de seguir seu traçado, conforme pontuado pela OECD anteriormente, pode levar a perda de direção do motorista por aquaplanagem e derrapagens. Quanto a VOC, a fricção que essa falha causa lateralmente nos pneus gera o aumento de consumo de combustível e o desgaste mais acelerado dos pneus de acordo com Dawson e Kolisoja (2006).

#### **2.4.1.3 Buracos – *Potholes***

Buracos são originados da ação do tráfego rompendo o caminho em pontos frágeis (seja no tocante ao solo de fundação ou da camada superior de cascalho) e deslocar suas partículas em uma superfície que se encontrava conservada, ou também desempenhar essa ação sobre degradações já presentes como ondulações ou afundamentos (OECD<sup>2</sup>, 1990) (TIC, 2002). Os buracos em estradas não ligadas são descritos como depressões formadas superficialmente com formato côncavo assim como nos pavimentos, conforme define DNIT<sup>1</sup> (2003).

O maior contribuidor para a formação de buracos é a água. Buracos que retém água tendem a aumentar de tamanho de forma mais ligeira do que buracos secos, sendo óbvio que a intensidade e tipo de tráfego que passa pela via contribuem também no crescimento dos mesmos

(FHWA<sup>1</sup>, 1998). Declividades inadequadas proporcionam situações adequadas para a intensificação dos buracos, já que não permitem o escoamento da água mas sim sua retenção nessas crateras (TIC,2002).

#### 2.4.1.4 Erosão – *Erosion* ou *Scour*

É a perda das partículas superficiais da estrada decorrente do escoamento de água sobre ou ao redor dela. Sendo associada a falta de compactação, a encostas e seções transversais das estradas muito íngremes e regiões onde o gradiente longitudinal é muito acentuado que permite a água seguir pela via ao invés de se direcionar aos dispositivos laterais para drenagem. (AUSTROADS, 2009).

Segundo FHWA<sup>2</sup> (2015), áreas com regime de chuvas intenso, com solos do tipo erosivo e terreno de configuração acidentada ou ondulado tendem a sofrer mais com esse distúrbio. Esta referência recomenda que ocorra a menor manipulação possível de solo, pois quanto mais perturbando a configuração do solo se encontrar maior é o risco de erosão; também orienta em manter o regime de escoamento da água em velocidades baixas, ou seja, não remover se possível a cobertura vegetal ao redor da estrada visto que, ao fazer isso o volume e a velocidade da água tendem a aumentar; e relacionado a velocidade e volume de água, manter as encostas e valas da estrada com geometrias e inclinações menos abruptas para o escoamento mais lento da água para a mesma fluir com menor energia e capacidade erosiva.

Percebe-se a erosão em um trecho da estrada ao avistar pequenos sulcos, sequência de ravinas ou desprendimento de material que tendem ao ângulo reto no mesmo. Erosão pode ocorrer tanto transversalmente quanto longitudinalmente. Transversalmente acontece a partir de uma berma e desenvolvendo-se para o interior do pavimento, ocorrendo o escoamento de água por ele devido a má qualidade da compactação que se encontra ou pela falta de declividade da estrada para escoamento, desse jeito, a água encontra um meio mais oportuno para fluir. Longitudinalmente ocorre normalmente em altas elevações nas estradas, encorajada em seguir por elas do que pelas valas devido a inclinação que possuem se sobressair em relação as valas, realizando o desprendimento e carregamento das partículas dos agregados do pavimento. (AUSTROADS, 2009).

É uma das degradações mais preocupantes a se ter nos caminhos não ligados visto que expõem o solo ao ambiente rodoviário. Em um amplo cenário, estradas com alta taxa de finos e baixa parcela de partículas granulares são sensíveis a erosão enquanto, se bem graduadas são

consideravelmente resistentes a isto. No geral, material que pode ser facilmente carregado, com baixa resistência a cisalhamento é suscetível a erodir pelo fluxo de água. (AUSTROADS, 2009).

#### **2.4.1.5 Cascalho e Agregado Solto – *Ravelling* ou *Loose Gravel***

De acordo com Beckemeyer (1995), agregado solto caracteriza-se por ser o desprendimento das partículas mais graúdas da estrada devido a perda de material fino por conta do desgaste e ruptura sofridos durante performance. Segundo o autor, esse material costuma ser deslocado para os extremos das vias, no eixo central da estrada ou ainda nos espaços entre a passagem dos pneus. Com o decorrer do tempo, o efeito evolui com o acúmulo de agregado e passa a constituir zonas elevadas na estrada.

Radulescu (2005) acrescenta na discussão citando mais sobre a origem desta patologia, que para si basicamente é o desprendimento de material mais grosso da estrada. Segundo a referência, a degradação pode surgir em decorrência de outras, como poeira e erosão, e também em virtude das características do material mais superficial, se marcado pela ausência de uma faixa intermediária da composição granulométrica ou por ter forma predominantemente arredondada. As correções pelo autor seria graduar novamente, inserindo uma faixa de finos, ou estabilizar com algum tipo de ligante. Entretanto, o mesmo ressalta que os processos corretivos são caros pois na maioria dos casos uma quantidade escassa do material pode ser eficientemente recuperada.

#### **2.4.1.6 Poeira – *Dust***

A perda de finos em uma estrada não ligada é inevitável, como aponta FHWA<sup>2</sup> (2015), mesmo em EBVT, o tráfego tende a causar o rearranjo das partículas causando a subida de finos que formam as nuvens de poeira, sendo intensificado quanto mais seco estiver o ambiente. Pode-se controlar ou retardar a emissão de poeira com tratamentos superficiais, como a aplicação de cloreto de cálcio (TIC, 2002).

Dentro do contexto de degradações em estradas de terra e cascalho, é uma das mais perigosas, já que em níveis acentuados pode causar perda total da visibilidade do motorista no percurso e trazer danos a saúde a quem é exposto a nuvem de finos que se forma, como problemas respiratórios e oftalmológicos, como ressalta o ERA<sup>1</sup> (2016).

Há um dispositivo para se medir a emissão de areia que uma estrada pode emitir. O *Dustometer* desenvolvido pela Universidade do Colorado é uma caixa que recolhe amostras de poeira acoplada no para-choque traseiro do veículo no lado do condutor a qual se destaca segundo a Austroads (2009) por produzir muitas amostras das seções em estudo em um curto período de tempo.

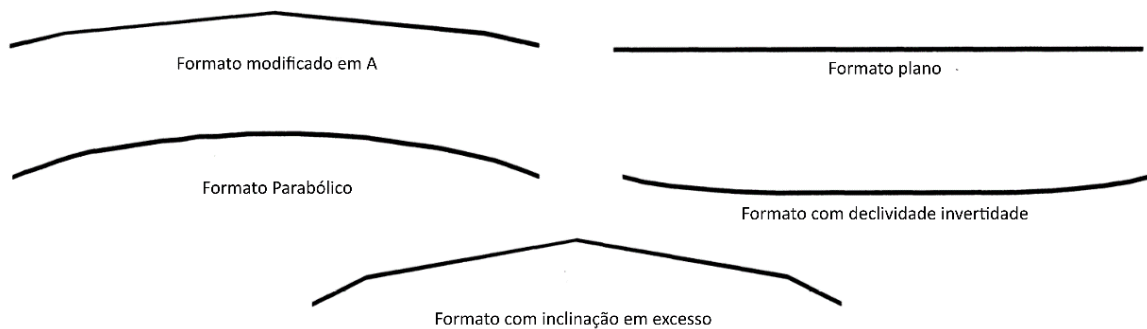
#### **2.4.1.7 Declividade Inadequada do eixo central**

É necessário que ocorra o escoamento da água saindo da superfície da estrada, independente do tipo em questão (revestida ou não revestida). Se água for acumulada, formando poças, a mesma poderá gerar degradações com a passagem de veículos que até então eram ausentes e que proporcionam situações mais convenientes de armazenamento de água e mais debilitantes para a estrutura da estrada com o passar do tempo (TIC, 2002).

Para evitar o acúmulo de água, é aconselhado pelo ERA<sup>2</sup> (2016) conceber uma geometria em que o eixo central tem uma inclinação de 4 a 7 % em relação as extremidades da estrada, sendo ideal o valor de 6%. Como visto no tópico de dimensionamento, a Austroads (2009) recomenda entre 4 a 6 % e o TTF (2020) o intervalo de 2 a 10 %. Recomendações estas que visam impedir o acúmulo de água e levar ao escoamento natural dela para as extremidades posteriormente correndo para as valas. Também é possível ter gradientes quase nulo que possuam boa drenagem, entretanto com o aparecimento de degradações o perfil condiciona a possível permanência de água nas mesmas e intensificar a severidade delas. Existem estradas que em situações extremas, ocorre a configuração contrária ao desejado: os extremos são mais elevados que o eixo central da estrada, dispondo a mesma de um formato côncavo muito propício para o acúmulo de água e conseqüente deterioração da estrada (TIC, 2002).

Além dos perfis mencionados, há também outras configurações que podem ser observadas nas vias na Figura 13. Segundo FHWA (1998), o tipo ideal para estradas de cascalho é formato A modificado, enquanto que os formatos até então não mencionados como o parabólico e com declividade excessiva são geometrias não desejáveis de se ter. A principal razão de se evitar a inclinação excessiva de um perfil é por motivos de segurança: quando molhadas (lisas) tendem a causar o deslizamento dos veículos para fora da estrada sendo que, além disso, proporcionam um maior desgaste da via por forçarem o motorista a trafegar mais ao seu centro em decorrência que próximo da borda é desconfortável e inseguro. A forma parabólica, por outro lado, deve-se pela baixa eficiência que, a longo prazo, permite circulação

de água na via em consequência da formação de canais no centro em razão do material central ser arrastado para fora desta região da via pelo tráfego.



**Figura 13 – Perfis Transversais encontrados em estradas de terra e cascalho de pistas simples.**  
**Fonte: Adaptado de Problems Associated with Gravel Roads (FHWA, 1998, p.1-6).**

#### 2.4.1.8 Conformidade dos Dispositivos de Drenagem

É de crucial importância dispor de dispositivos de drenagem e que os mesmos estejam em boas condições, já que por meio deles há o escoamento da água para longe da estrada. Os principais elementos deste sistema são as valas (também conhecidas por valetas), bueiros, sangras e galerias.

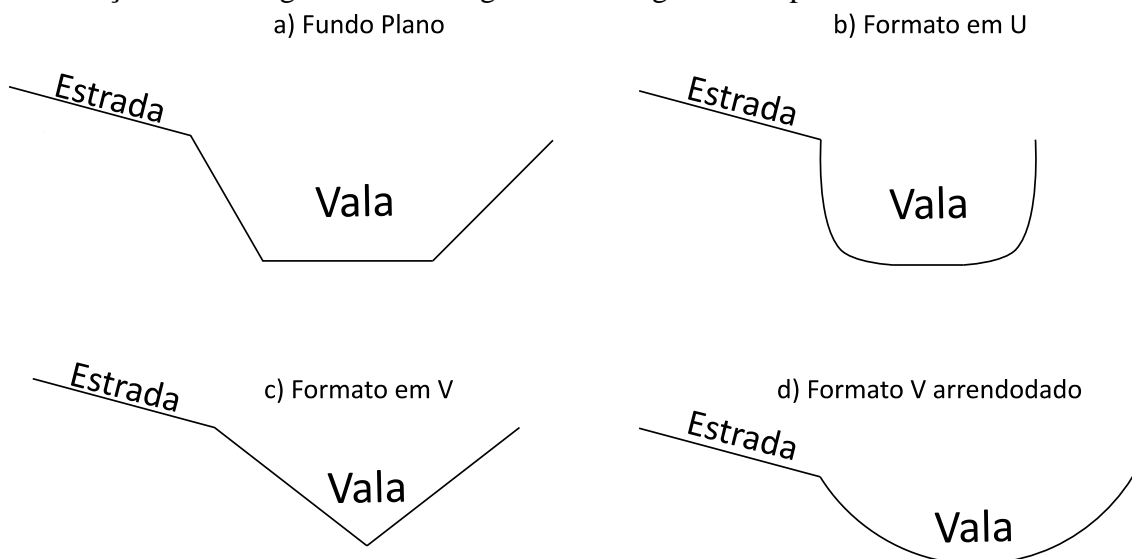
Valas são os componentes que ladeiam a estrada longitudinalmente, sendo os primeiros a receber e canalizar a água proveniente da estrada, visto que cada lado da mesma desemboca em uma valeta. Em grande parte dos casos apenas a constituição de valetas em uma estrada não ligada é o suficiente para realizar a drenagem superficial da mesma, sem necessitar de bueiros e sangras sendo que quando necessários, podem ser dispostos em pontos mais severos os quais costumam inundar só com as valetas (FERREIRA, 2004).

Segundo FHWA<sup>1</sup> (1998) a transição do extremo da via para a valeta deve ser concebida da forma mais suave possível, como se a segunda fosse a continuação da primeira, para drenar melhor a estrada e também gerar manutenções menos frequentes do canal pela geometria não favorecer erosões. As valetas de uma estrada também devem ser dimensionadas para suportar o volume de água previsto para as situações mais críticas de chuva conforme o ambiente da estrada. Em relação a essa capacidade de escoamento, deve-se observar nas inspeções funcionais se há depósito de sedimentos, dejetos e ou vegetação bloqueando a seção do canal da estrada pois impedem o elemento de escoar em sua total capacidade.

Interessante destacar que mesmo rejeitando a presença de vegetação muito próxima ou sobre as valas obstruindo-a, vegetação ao redor da estrada é de vital importância para conter

dejetos que a chuva eventualmente pode deslocar para as estradas e para as entradas das valetas e demais dispositivos assim como não propiciar erosões, como discutido antes.

O formato que as valas possuem também afetam a maneira que escoam e a vida útil da mesma. A Figura 14 apresenta os formatos usualmente identificados em campo e na sequência há a descrição das vantagens e desvantagens de cada geometria para cada uma delas.



**Figura 14 – Geometrias transversais observadas nas valas de estradas de terra e cascalho.**  
**Fonte: Adaptado de Problems Associated with Gravel Roads (FHWA, 1998, p.2-26).**

- Formato com Fundo Plano:** Escoamento lento da água torna conveniente a infiltração da mesma no solo, e apesar de possuir a melhor capacidade de vazão, é de difícil implementação devido as grandes larguras e conseqüentemente espaço que requer.
- Formato em U:** Dentre todos os modelos, é o que possui menor capacidade de vazão. As paredes íngremes fazem com que seja difícil os processos de formar, limpar e manter a geometria, restringindo as máquinas que se pode empregar. Ainda além, as paredes têm uma probabilidade alta de desabarem e é propício a prender veículos que cometam o erro de se locomover sobre si.
- Formato em V:** Em relação ao formato U possui uma maior capacidade de vazão, sendo mais seguro, fácil de limpar, de conceber e de manter as paredes. Requer menos espaço se considerado com a valeta de fundo plano. Entretanto, seu fundo com arestas retas torna o mesmo sensível a erosão.
- Formato V arredondado:** Formato mais recomendável. Compartilha dos mesmos benefícios do formato V padrão, porém, por apresentar fundo suave, não é acometido pela erosão tão intensamente quando o outro.

(FHWA<sup>1</sup>,1998)

## 2.4.2 Método RCS/DVI – *Road Condition Survey/Detailed Visual Inspection*

A OECD é uma organização com o propósito de estimular o progresso econômico e o comércio entre as nações em desenvolvimento. Tendo em conta isso, o método que elaborou para inspeção do sistema viário tem como função orientar as nações em desenvolvimento em relação as inspeções e manutenções em suas estradas. O manual criado pela organização cobre tanto estradas ligadas quanto não ligadas e, não só avalia o estado funcional dos caminhos, como também a sinalização e o estado das estruturas que fazem parte do sistema viário.

O método da OECD é caracterizado pelos processos de *Road Condition Survey* - RCS e *Detailed Visual Inspection* – DVI. O primeiro, sendo uma avaliação recomendada para ser feita anualmente sobre a rede inteira, sustentada no conforto de tráfego e observações visuais dos inspetores, reforçada quando necessário por instrumentos simples de medição, possuindo o propósito de entregar uma visão geral do estado da estrada e das ações contínuas de manutenção que a princípio devem ser realizadas com certa regularidade. Em relação ao DVI, a OECD<sup>1</sup> (1990) relata que essa inspeção é feita unicamente nas seções que aparentemente precisam de trabalhos mais complexos de reparação por apresentarem condições críticas para o tráfego seguro dos utentes. Normalmente são determinados os pontos que necessitam da inspeção detalhada pela realização da RCS, observando pontos em processo de deterioração avançada. Em alguns casos, pode ser necessário informações adicionais, sejam dados de avaliações mecânicas ou informações de tráfego destes pontos. As fichas de auscultação utilizadas para os processos exemplificadas dentro do manual da OECD dividem a estrada em faixa esquerda e direita, orientadas na direção do aumento da quilometragem da estrada, sendo que se for uma pista de faixa única pode utilizar uma das colunas para preenchimento e ignorar a outra.

- RCS – *Road Condition Survey*

A inspeção RCS é aplicada de forma análoga tanto para estradas não pavimentadas quanto pavimentadas, orientado a sua realização em dois passos. A primeira, consiste em percorrer o itinerário inteiro dentro do veículo em uma velocidade que o motorista, também um avaliador, perceba que o veículo não sofra riscos de danos mecânicos, assim como os demais inspetores não se sintam desconfortáveis ou estejam com a segurança ameaçada. A razão deste procedimento é permitir que a aspereza do caminho e a velocidade confortável para tráfego sejam determinadas, com ambas as características pertinentes a avaliação da estrada: nas referências de caminho que são utilizados para a classificar a estrada que, em questão está sendo

auscultada por RCS, consta uma descrição em cada modelo das características que costumam se manifestar em cada um deles, e nessas declarações há por exemplo a velocidade de conforto (OECD<sup>1</sup>,1990).

O segundo ciclo do RCS, conforme indica o material (OECD<sup>1</sup>,1990), também faz a análise da estrada dentro de um veículo a baixa velocidade (como 15 km/h) para registrar a condição dos elementos laterais de drenagem, a sinalização da via e estruturas presentes no trajeto. Pelo menos a cada 500 metros se faz uma parada para uma inspeção física para registro de informações específicas deste trecho aplicando-se para a seção que está inserida. Pontua-se que a cada estrutura presente no itinerário deve-se realizar uma parada e a contar como uma inspeção extra as demais.

Os itens avaliados são separados em 4 áreas: condição do caminho, elementos laterais, sinalização e elementos complementares da pista e estruturas, alguns já citados neste trabalho. O intervalo que representa a extensão, a severidade e a condição geral dos itens é de 1 a 3, sendo “1” correspondente a extensão não existente, severidade nula e boa condição no geral enquanto “3” representa extensão generalizada, severidade alta e condição fraca, respectivamente. A exceção, que utiliza outra escala, é a avaliação do estado superficial da estrada, fazendo uso de cinco referências para a condição da superfície sendo necessário o avaliador identificar com qual dos padrões a seção em questão se enquadra melhor baseado na sua experiência ao trafegar nele e ver as degradações que contem. A tabela que apresenta esses modelos está no Anexo N, precisamente a Tabela N.1. Destaca-se que esses padrões são de certa forma equivalentes a uma escala: “1” está para um estado “excelente”, em que este modelo é detalhado como sendo uma estrada sem degradações aparentes, em que se trafega confortavelmente entre 80 a 100 km/h; enquanto o “5” está para “péssimo”, descrevendo como padrão a frequente quantidade (10 a 15% da seção) de buracos com 40 a 80 mm de profundidade, por exemplo.

Os itens avaliados no grupo elementos laterais, em que grande maioria é relacionado a drenagem, são seis: erosão e deformação de bermas, erosão e assoreamento de valetas, invasão da estrada pela vegetação e detritos, e obstruções. Para as bermas, a erosão descrita pelo manual é a que pode ser observada longitudinalmente, paralela ao eixo da estrada, e transversalmente, sulcos cortando a largura inteira dos acostamentos; quanto a deformação, o mesmo orienta quanto a duas situações, a berma mais elevada que a estrada e a berma inferior a mesma.

Relativo as valetas, o assoreamento é definido como a completa ou parcial obstrução dos dispositivos pelo depósito de material, como material fino; quanto a erosão, é causada de

duas maneiras: carreamento de partículas com a valeta, por consequência, se tornando mais funda e íngreme; e outra é a erosão regressiva quando a valeta está em terreno com materiais mais suscetíveis ao carreamento ou por possuir um gradiente de inclinação maior que a estrada.

O item invasão de vegetação e detritos avalia possíveis agregados e vegetação que esteja dentro do curso da estrada e que possivelmente irá atrapalhar a circulação dela. Possíveis causas compreendem invasão de areia após uma tempestade ou deslocamento de uma duna, invasão de vegetação devido à falta de poda das gramíneas ao redor da estrada e movimentação de terra por talude desestabilizado. O último item, obstrução, corresponde a possíveis obstruções por fator humano (reparo de veículos em que a pessoa deixa caixa de ferramentas na via, por exemplo) e por desmoronamento de rochas.

Em relação a sinalização enxerga-se como um fator não relacionado diretamente ao estado da via e ao conforto de direção, princípios da avaliação funcional, mas sim a segurança do motorista e passageiros com relação as orientações e obrigações de trânsito que devem ser tomadas com o avanço na estrada. Assim, não é discutido neste trabalho o emprego do setor na avaliação RCS. Os três setores já citados são avaliados na inspeção sob uma única folha de auscultação, a mais comum de ser utilizada, em que o modelo concebido pela OECD está presente na Figura N.1 no anexo deste trabalho.

A avaliação de estruturas é realizada sob uma folha especial, a qual é ilustrada na Figura N.2. Engloba seis itens também sendo o assoreamento, erosão e danos estruturais para bueiros e pontes. Não será analisado a inspeção de pontes neste trabalho, mas apenas de bueiros por influenciarem na drenagem da estrada, conseqüentemente no estado superficial da mesma e de seus dispositivos drenantes. O assoreamento para bueiros é similar a análise realizada em valetas: é observado se há obstrução parcial ou total em suas aberturas. A perda de material nas saídas do bueiro é tratada como erosão, sendo muito provável que o elemento inteiro esteja condenado, podendo observar o desenvolvimento de sulcos ou ravinas nos mesmos. Por fim, os danos estruturais são sobretudo devido a assentamento do bueiro, em que um pequeno assentamento pode causar fissuração nas paredes e um considerável assentamento imprevisto, o desenvolvimento de grandes rachaduras.

Pontua-se aqui que não há problema em retirar um setor ou um item da avaliação que não é pertinente a análise que propõe, visto que o processo faz a média dos itens avaliados dentro de cada grupo, com exceção do estado do caminho. Quanto a esse último, a OECD aplica que se for obtido valor superior a 2 em uma subseção, deve-se considerar realizar a inspeção

DVI na mesma, dando prioridade aos trechos com notas mais altas. No geral, se houver muitas médias superiores a 3 nos grupos de elementos laterais, estruturas e sinalização, é uma evidência que deveria se fazer manutenções mais rigorosas e periódicas do que as que estão em prática.

- *DVI – Detailed Visual Inspection*

Como discutido, trechos com deterioração alta pela análise RCS, com resistência baixa segundo ensaios mecânicos ou para o tráfego destinado a conduzir se faz necessário realizar uma avaliação detalhada. No DVI ocorre a distinção de itens para estradas revestidas e não revestidas, sendo para as últimas os seguintes defeitos avaliados: afundamentos, ondulações, perda de declividade, perda de espessura de cascalho, sulcos de erosão, buracos e atoleiros (zonas argilosas). Encontrando uma destas degradações no sub-trecho em inspeção, mede-se a profundidade e a extensão em relação ao lado que está presente, que permitem determinar o nível de severidade da degradação em questão. Todos os itens do DVI são avaliados em uma escala de 1 a 5, com exceção dos atoleiros: “1” representa severidade e extensão pouco expressivas enquanto o 5 alta severidade da degradação e a mesma englobando boa parte da subseção. Na tabela N.2 há a forma de se classificar e mensurar cada item que compõem o DVI.

A escala de 1 a 5, além de expressar a severidades das degradações, também é usada para avaliar a condição que sub-seções isoladas da estrada estão em relação as irregularidades observadas. O mesmo ocorre para a estrada inteira utilizando todos os trechos submetido ao DVI para atribuir sua nota. A nota de sub-seção em particular é obtida realizando a média de todos os valores atribuídos aos defeitos presentes na mesma e, avaliando a estrada inteira, calcula-se a média das notas finais das sub-seções submetidas ao processo. As notas para um trecho e para a estrada integral correspondem, segundo o DVI, aos estados trazidos pela Tabela 13.

**Tabela 13 – Condições avaliadas pelo DVI conforme o intervalo que a nota do trecho ou da estrada se identifica**

<u>Intervalo</u>	<u>Condição</u>
0 < Nota < 1	Excelente
1 < Nota < 2	Bom
2 < Nota < 3	Regular
3 < Nota < 4	Ruim
4 < Nota < 5	Péssimo

**Fonte: Adaptado de Road Monitoring for Maintenance Management - Manual for Developing Countries (OECD<sup>1</sup>, 1990, p.96).**

### 2.4.3 Método URCI - *Unsurfaced Road Condition Index*

Método desenvolvido por Eaton e Beaucham em 1992 para a *United State Army Corps of Engineers* (Corpo de Engenheiros do Exército dos Estados Unidos) o qual também faz uso da área das irregularidades presentes no trecho em estudo verificando a proporção que esta área representa em relação a unidade de inspeção. Aparentemente, não há distinção de faixas esquerda ou direita como o método da OECD. Os itens avaliados por este método funcional são: seção transversal inadequada, drenagem lateral inadequada, ondulações, poeira, buracos, afundamento e agregado solto.

O método faz uso intensivo de nomogramas, os quais de acordo com a severidade da falha analisada (baixa, média ou alta) e a proporção que a mesma compreende do ramo da estrada fornece um correspondente valor numérico. Destaca-se que esses gráficos foram retroalimentados pelos autores, ou seja, o método foi aplicado à exaustão para garantir que os mesmos transmitissem resultados coerentes as condições auscultadas nas estradas sendo que, quando ocorria discrepâncias entre a observação e o resultado de um nomograma, ocorria reavaliação dele e quando necessário, retificação. Neles, as severidades são dispostas em linhas distintas, ou seja, em cada um há 3 segmentos, sendo apenas necessário inserir no gráfico a fração do problema em análise e ver o valor atribuído a ele pela linha de severidade relacionada. Todos os itens avaliados têm nomogramas, exceto a poeira, que não é avaliada em relação a densidade no espaço sob inspeção, mas apenas pela intensidade da mesma com valores de 2, 4 e 15 respectivos a baixa, média e alta severidade. Todos os nomogramas estão presentes no Anexo O logo na sequência das figuras, dos autores originais que foram devidamente adaptadas, e das descrição dos níveis de severidade das degradações que lhes são particulares, exceto do item Poeira que estará só a ilustração e descrição.

A aplicação do método funciona da seguinte maneira:

1. Para cada defeito verificado no trecho, exceto poeira, obter a proporção da área em que o mesmo está presente em relação tamanho do espaço auscultado;
2. Identificar esta fração no eixo das abscissas do nomograma respectivo ao item sob avaliação, e anotar o valor dedutivo (VD) conferido para a degradação de tal gravidade conforme a projeção da linha de severidade no eixo das ordenadas do nomograma;

3. Realizar isso para todas as severidades de acordo com os itens detectados no segmento da estrada para dispor assim de todos os valores dedutivos relativos a cada um deles;
4. Somar todos os valores dedutivos obtidos. O total desta soma recebe o nome de total de valores dedutivos – TVD;
5. Identificar a quantidade de valores dedutivos do conjunto que possua valor dedutivo superior ou igual a 5. O número de elementos é designado pela letra “q”;
6. Obter o valor do índice URCI no nomograma de classificação, disposto no Anexo O. Este nomograma funciona similar aos demais: com o valor de TVD na abscissa, identificar o ponto respectivo a ele de acordo com o “q” atingido (definido no passo anterior) e ver o valor que a curva deste “q” rebate nas ordenadas, sendo este valor o URCI. Este parâmetro representa a nota final da subseção em relação ao método. A nota para uma seção inteira é a média dos índices de todas as subseções avaliadas. Em relação as notas, o veredito se o valor de URCI que representa uma estrada em ótimo ou péssimo estado é dado pela Tabela 14.

**Tabela 14 – Estado para subseções e seções da estrada conforme valores de URCI**

<b>URCI</b>	<b>Condição</b>
100 - 85	Excelente
85 - 70	Muito Bom
70 - 55	Bom
55 - 40	Regular
40 - 25	Ruim
25 - 10	Muito Ruim
10 - 0	Falido

**Fonte:** Adaptado de *Unsurfaced Road Maintenance Management* (Eaton; Beachum, 1992, p.3-1).

A referência indica avaliar as estradas a cada mudança de estação, sendo requerido no mínimo uma inspeção detalhada ao ano, com a medição exata da extensão dos defeitos e severidade dos mesmos. As demais (não detalhadas) podem ser avaliações de “para-brisa”, ou seja, o inspetor avalia as subseções ao trafegar por elas a uns 40 km/h. (FERREIRA, 2004).

Apesar de ser de 1992, ainda é um método aplicado e estudado no meio técnico-científico. Segundo van Wijk (2019), Chamorro e Tighe em 2011 desenvolveram um método chamado de *Unpaved Condition Index* (UPCI) o qual avalia o espaço de inspecionado segundo

a densidade das degradações, na maioria delas. De maneira geral, procede-se semelhantemente ao URCI, mas em uma escala de 1 (péssima condição) a 10 (ótima condição) e ao invés de utilizar nomogramas, aplica uma série de equações lineares.

Por fim, destaca-se que, assim como o método RCS/DVI, a avaliação URCI foi elaborada tendo em mente a aplicação sobre seções e subseções longas. A seção, que costuma ser o itinerário inteiro de uma vistoria, não possui extensão longitudinal padrão indicada. As subseções, entretanto, devem possuir área no intervalo de 135 a 300 m<sup>2</sup> com desenvolvimento longitudinal de 30 m aproximadamente, variando a área conforme a largura da estrada. Não é feito a avaliação de uma seção com base em todas as subseções, algumas ficam de fora, como as que não representam fielmente a condição predominante da seção, neste caso as subseções que apresentam diferenças consideráveis em relação as demais, em uma situação de deterioração bem mais avançada que as outras, deve-se separa-la em uma subseção especial.

#### **2.4.4 Método de Cabette – Índice de Gravidade Individual e Global**

Cabette ofereceu em 2018 um método de avaliação funcional para estradas de terra e de cascalho que avalia as degradações superficiais e os elementos envolvidos no processo de drenagem destas estradas. Este método surgiu a partir da adaptação da normativa 006/2003 do DNIT para inspeção funcional de pavimentos flexíveis e semi-rígidos a qual se considera com filosofia objetiva. Entretanto, verifica-se na referida normativa brasileira a ausência de certas limitações e descrições para que o fator subjetivo não afete a avaliação, por exemplo, a mesma não atribui níveis de severidade para as degradações, com exceção das fendas (degradações particulares aos pavimentos que o método se propõe) sendo que o documento as divide em três classes de intensidade conforme o tamanho da abertura das mesmas e pela propagação (se é isolada ou interligadas) (DNIT<sup>2</sup>, 2003). Sem níveis de gravidade, e mesmo que houvessem, a autora não poderia se basear neles visto que ela pretendia obter um método para um tipo de estrada consideravelmente diferente das analisadas pelo DNIT, notavelmente mais heterogêneas que as configurações avaliadas pela norma da entidade.

Desta maneira, a autora recorreu ao método desenvolvido por Beckemeyer o qual como o próprio descreve “ [...] *The condition survey procedure for gravel-surfaced roads is based on the subjective approach outlined in the 1989 Gravel-PASER Manual*” (BECKEMEYER, 1995), ou seja, um manual inspirado na avaliação subjetiva PASER de 1989 para estradas de cascalho. Analisando os intervalos da inspeção visual estipulados por

Beckemeyer, conseqüentemente os também empregados por Cabette, nota-se uma grande similaridade deles com os de Eaton e Beaucham. Em suma, Beckemeyer (1995), inspirado no método PASER de avaliação subjetiva (que como o processo RCS da OECD<sup>1</sup> (1990), determina cinco modelos usuais para que, em campo, o inspetor identifique o modelo que mais se aproxima ao seu) aplicou os itens e níveis de severidades estipulados por Eaton e Beaucham (1992) aos seus padrões de condições superficiais criados por ele. Ressalta-se novamente, Beckemeyer utilizou unicamente os itens e gravidades que eles são classificados e abdicou dos demais processos, como ter a proporção da degradação em relação ao trecho auscultado e o valor dedutivo dela.

Os parâmetros que o método de Cabette (2018) propõe em avaliar são onze ao todo, sendo seis relativos a deterioração superficial da estrada (ondulações, buracos, afundamentos, percursos em erosão, agregado solto e poeira) e cinco para elementos influentes na drenagem (inclinação transversal inadequada da estrada, acostamentos elevados, presença de valas, obstrução das mesmas por plantas e detritos e a necessidade de bueiros, galerias e aquedutos). A inspeção caracteriza-se por ser descontínua, ou seja, não analisa a estrada em toda a sua extensão. As seções que são inspecionadas são de 6 metros de comprimento (três a frente e três atrás dos pontos adotados para auscultação) os quais são utilizados para representar aproximadamente 100 metros que advém provavelmente da inspeção do DNIT que inspeciona sobre 6 metros, mas que orienta aplicar para representar segmentos de 20 a 40 metros de estrada.

A autora não emprega a área como forma de registrar a densidade dos defeitos em proporção as seções de auscultação como faz os demais métodos abordados. Em contato com ela, a mesma relatou as maneiras que quantifica as degradações sendo expostas estas formas nas Tabelas 15 e 16. Elas refletem até o resultado final do método, já que após observar e registrar as irregularidades da estrada segundo a maneira que convencionou, determina as frequências dos dados que são ponderados para a obtenção do Índice de Gravidade Individual - IGI os quais somados todos de um grupo (defeitos superficiais ou irregularidades de drenagem) resulta no Índice de Gravidade Global - IGG para o espaço que está em análise.

**Tabela 15 – Modo de inspeção adotado por Cabette (2018) para degradações superficiais**

<b>Item</b>	<b>Quantificação</b>	<b>Grau de Severidade</b>
<b>Ondulação</b>	Atribui-se para uma sequência de ondas, vales e picos, o valor de "1". Independente do tamanho da onda, seja de longo desenvolvimento quanto pequeno e da repetição picos e vales. A profundidade que se enquadra é conforme a profundidade do maior vale em relação a superfície original da pista.	Baixo ( $0 < h \leq 25$ mm)
		Médio ( $25 < h \leq 50$ mm)
		Grande ( $50$ mm $< h$ )
<b>Buracos</b>	Cada buraco recebe o valor de "1" para preencher na avaliação. A profundidade deve ser medida em relação ao centro da cratera.	Baixo ( $0 < h \leq 50$ mm)
		Médio ( $50 < h \leq 100$ mm)
		Grande ( $100$ mm $< h$ )
<b>Afundamentos</b>	Cada faixa com marca de pneus concede-se o valor de "1". Deve ser medido a profundidade onde o avaliador julgar ser o ponto de maior depressão. Não há distinção se a rodela tem pequeno comprimento ou longo comprimento longitudinal.	Baixo ( $0 < h \leq 25$ mm)
		Médio ( $25 < h \leq 50$ mm)
		Grande ( $50$ mm $< h$ )
<b>Percurso em Erosão</b>	Para cada sulco de erosão, recebe o valor "1" na ficha. Independente se o mesmo se desenvolve pouco ou muito na longitudinal ou transversal. Não há distinção entre sulcos (principal, desmembramento). Mede-se para cada um a profundidade adentrada na estrada	Baixo ( $0 < h \leq 50$ mm)
		Médio ( $50 < h \leq 100$ mm)
		Grande ( $100$ mm $< h$ )
<b>Cascalho Solto</b>	Para toda extensão ao lado dos afundamentos, entre eles e ao eixo central da pista, é atribuído "1". Pontos localizados com cascalho solto também recebe esse valor. Não há distinção entre os dois aspectos.	Baixo ( $0 < h \leq 50$ mm)
		Médio ( $50 < h \leq 100$ mm)
		Grande ( $100$ mm $< h$ )
<b>Poeira</b>	É necessário circular com um veículo pela seção em análise a velocidade de 40 km/h e visualmente ou com uma longa régua identificar a altura da cortina desenvolvida pelo tráfego do veículo. É concedido o valor de "1" se ocorrer a formação de cortina e inserindo o valor conforme o nível em que a altura da poeira se enquadra	Baixo ( $0 < h \leq 50$ mm)
		Médio ( $50 < h \leq 100$ mm)
		Grande ( $100$ mm $< h$ )

Fonte: (Cabette, 2018)

**Tabela 16 – Modo de inspeção adotado por Cabette (2018) para itens de drenagem**

<b>Item</b>	<b>Mensuração</b>	<b>Grau de Severidade</b>
<b>Inclinação Transversal</b>	Identificasse para cada pista se a há um gradiente descendente ou plano em relação do eixo central até a berma. Se ocorrer os casos da pista ser côncava ou com várias depressões, é sinal que a inclinação transversal está inadequada e para cada pista com a inclinação transversal inadequada atribui-se o valor “1” neste item.	Não houve divisão em graus de severidade
<b>Acostamentos Elevados</b>	As extremidades da estrada devem estar a um nível inferior a mesma para contribuir da melhor maneira possível ao escoamento. Para cada berma que estiver acima do nível da pista confere-se “1” na na análise sendo disposto conforme a severidade do mesmo	Baixo ( $0 < h \leq 25$ mm) Médio ( $25 < h \leq 75$ mm) Grande ( $75 \text{ mm} < h$ )
<b>Necessidade de Bueiros</b>	Se houver alagamentos nas proximidades da estrada é sinal que há a necessidade de bueiros para o escoamento da água para longe da região. É concedido “1” ao lado (esquerdo e direito) além da estrada que for identificado alagamento	Não houve divisão em graus de severidade
<b>Existência de Valas</b>	É necessário a presença de valas para o escoamento ideal numa estrada, raras são as exceções das pistas que não sofrem problemas de drenagem com a ausência das valetas. Deve ser verificado para os dois lados da estrada a presença delas, e para cada ausência adiciona-se o valor “1” neste item.	Não houve divisão em graus de severidade
<b>Vegetação e Detritos obstruindo as Valas</b>	Avalia-se se há vegetação e detritos significativos impedindo a circulação de água pelas valetas. Para cada valeta obstruída deve-se pontuar com o valor de “1” de acordo com a altura que a obstrução se encaixa nos níveis de severidade	Baixo ( $0 < h \leq 150$ mm) Médio ( $150 < h \leq 250$ mm) Grande ( $250 \text{ mm} < h$ )

**Fonte: (Cabette, 2018)**

Conforme comentado, a metodologia aplica sobre os dados alguns tipos de frequências, sendo a relativa e a absoluta, para posteriormente aplicar os pesos que variam de acordo com os itens e os níveis de gravidade dentro de cada deles. Pode ser visto na Figura 15 a folha de análise (não a de auscultação) utilizada para as seções e para a estrada toda, onde há duas colunas que se referem a frequência absoluta e relativa. Frequência absoluta significa a quantidade total de vezes que tal nível de severidade ou item (no caso daqueles que não possuem níveis de severidade) foi constatado no espaço em questão, ou seja, como uma contagem

simples; enquanto a relativa é a fração da contagem de um certo elemento de um certo nível (se dispor) pelo número de trechos auscultados que foi verificado, por exemplo, se foi notado agregado solto de gravidade baixa dez vezes em cinco seções inspecionadas, em relação a elas, a frequência relativa seria igual a 200 %, mas se no caso fossem 15 seções a frequência relativa assumiria 66,67 %, enquanto para uma única seção seria 1000% esse fator.

Item	Deteriorização	Frequência absoluta	Frequência relativa	Fator de ponderação	IGI
1	ONDULAÇÕES	baixo		0,70	
		médio		0,85	
		elevado		1,00	
2	BURACOS	baixo		0,70	
		médio		0,85	
		elevado		1,00	
3	AFUNDAMENTOS	baixo		0,70	
		médio		0,85	
		elevado		1,00	
4	PERCURSO DE EROSÃO	baixo		0,70	
		médio		0,85	
		elevado		1,00	
5	CASCALHO SOLTO/PERDA DE AGREGADOS	baixo		0,50	
		médio		0,75	
		elevado		0,80	
6	POEIRA	baixo		0,25	
		médio		0,30	
		elevado		0,35	
<b>número total de seções</b>			$\Sigma$ IGI = IGG		

Item	Inadequado sistema de drenagem	Frequência absoluta	Frequência relativa	Fator de ponderação	IGI
1	INCLINAÇÃO TRANSVERSAL			1,00	
2	ACOSTAMENTOS /BERMA ELEVADOS	baixo		0,50	
		médio		0,75	
		elevado		1,00	
3	BUEIROS/GALERIAS/AQUEDUTOS			1,00	
4	VALAS INEXISTENTES			1,00	
5	CRESCIMENTO DA VEGETAÇÃO/ SEDIMENTOS NA VALA	baixo		0,20	
		médio		0,60	
		elevado		0,80	
<b>número total de seções</b>			$\Sigma$ IGI = IGG		

**Figura 15 – Folha de análise desenvolvida por Cabette para as inadequações nas seções da estrada. Fonte: Caracterização geotécnica de estradas não pavimentadas de baixo volume de tráfego: Estudo de caso (CABETTE, 2018, p.40).**

Prosseguindo com a metodologia, após ser determinado a frequência relativa, há a ponderação. A frequência relativa é multiplicada pelo fator de ponderação do nível que se insere e o produto desta multiplicação é o parâmetro IGI, que se traduz na contribuição da degradação

no impacto do espaço em análise, seja para uma seção ou a estrada inteira. A soma de todos os IGI de um grupo fornece o IGG, o qual sintetiza o impacto de todas as falhas superficiais ou de drenagem no espaço de análise, ressaltando que há a distinção destes grupos, ou seja, os IGI relativos as degradações superficiais da estrada são somados entre si, enquanto que os IGI das irregularidades do sistema de drenagem são separadamente somados e examinados, conseqüentemente, analisa-se o IGG de um grupo a parte do outro. A relação que as condições de drenagem e defeitos superficiais da estrada tem com o índice de gravidade global é fornecida pela Tabela 17.

**Tabela 17 – Correlação de IGG com o estado de uma seção ou das seções avaliadas pelo método de Cabette (2018)**

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

**Fonte: Caracterização geotécnica de estradas não pavimentadas de baixo volume de tráfego: Estudo de caso (Cabette, 2018, p.22).**

Por fim, é relevante esclarece que a tabela em questão assiste a condição de um ou mais trechos até a estrada inteira, visto que o método se fundamenta na determinação das frequências relativas para todos os itens e níveis relacionados a eles que é a proporção em relação ao espaço que se está avaliando. Então, se está avaliando uma seção, a frequência relativa será em consideração a uma, para ao fim ter IGG relativo a ela. O mesmo ocorre para várias seções e para todas elas, que no caso seria a estrada, realizando a proporção dos objetos identificados para todas as seções e tendo o impacto dos mesmos no IGG e na condição da estrada conseqüentemente.

# Capítulo 3

## 3 Metodologia

### 3.1 Local Avaliado

A estrada objeto deste trabalho está inserida no Parque Natural de Montesinho e o seu percurso tem extensão de 3016 m. Como mencionado na Introdução, é uma rota importante para o conselho de Bragança e região pelo acesso permitido entre as albufeiras de Serra Serrada e Veiguinhas. É o mesmo percurso avaliado por Cabette (2018) e Freitas (2019) com o objetivo de comparar os estudos anteriores com este, contribuindo com o histórico de avaliação do trajeto e fornecendo o panorama do mesmo até o momento da elaboração deste trabalho. O trajeto está ilustrado na Figura 16.

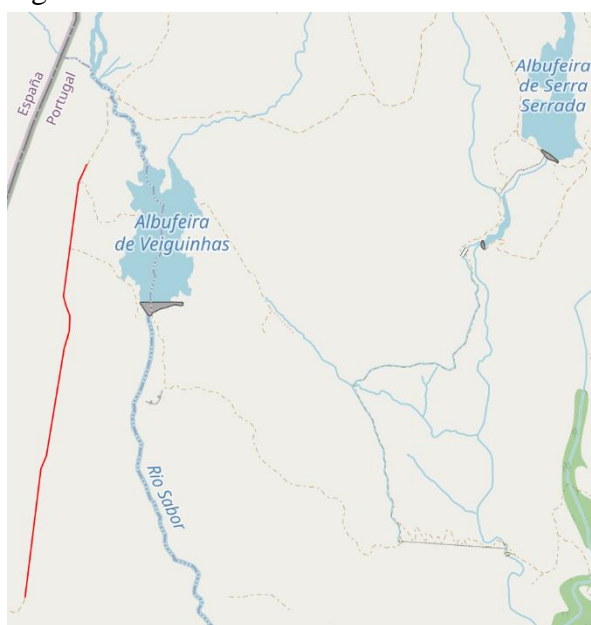
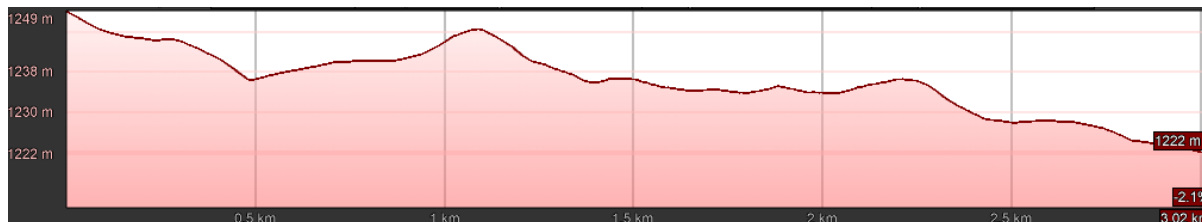


Figura 16 – Mapa com a localização da estrada estudada.

O percurso adotado favorece a realização das avaliações, especialmente a funcional, pela predominância de segmentos retilíneos e pela pequena variação de cotas no mesmo. Um perfil longitudinal aproximado da estrada, obtido pelo Google Earth, é apresentado na Figura 17, para fins ilustrativos. O Apêndice A apresenta o perfil longitudinal exato e a correspondência deste perfil com os pontos do mapa visto de cima que foram realizadas as medições dos ensaios dinâmicos.



**Figura 17 – Perfil longitudinal aproximado da estrada estudada.**  
**Fonte: (Google Earth, 2021)**

Os pontos que foram submetidos os ensaios de LFWD e CBR dinâmico foram georreferenciados, conforme demonstra a Figura 18, sendo disposto no Apêndice A as coordenadas de cada ponto no sistema ETRS 89 visto que pretendia-se desempenhar os ensaios sob as mesmas posições que Freitas (2019) realizou o ensaio de LFWD. Sob esses pontos também foram traçadas as seções de auscultação, sendo realizado a inspeção proposta por Cabette (2018) a qual é feita de forma descontínua em seções distanciadas uma da outra. Estes pontos, que também foram os mesmos observados funcionalmente pela autora e por Freitas (2019), permitiram comparar a condição funcional atual com os estados anteriores determinados por Cabette (2018) e Freitas (2019). Além disso, a disposição das seções de inspeção sobre os pontos que foram avaliados a capacidade de carga permite discutir a relação dos dados mecânicos com os funcionais.



**Figura 18 – Registro do ponto de ensaio com a base topográfica.**

## 3.2 Avaliações Mecânicas

Neste tópico é abordado os procedimentos executado nos ensaios, o método das diferenças acumuladas conforme aponta a AASHTO para separar a estrada em partes de comportamento mecânico igual e considerações sobre o dimensionamento segundo as referências vistas em “2.2.2 Dimensionamento e considerações sobre materiais”.

Sobre os ensaios dinâmicos, eles foram efetuados em duas épocas do ano, o primeiro conjunto no início de dezembro de 2020 antes de iniciar o inverno e o outro grupo ao final de março de 2021 com a transição de inverno para primavera. O intervalo de tempo justifica-se pela intenção de analisar se houve alterações consideráveis nos resultados dos ensaios e se há alguma influência da sazonalidade na diferença de valores obtidos. A mensuração por gamadensímetro e a coleta de amostras do solo para análises granulométricas, ensaios Proctor e CBR em laboratório foram efetuadas em junho de 2021.

Com a aplicação de dois ensaios dinâmicos diferentes, verificou-se se havia a correlação entre os resultados dos ensaios em um mesmo período de execução, ou seja, foi correlacionado os dados de dezembro e março separadamente, visto que as condições do solo em cada um dos pontos da estrada não eram as mesmas. Utilizou a ferramenta *Curve Fitting* do software MatLab, observando se há ou não uma afinidade forte (considerado  $R^2$  superior a 0,8) entre  $E_{vd}$  e  $CBR_d$  (%).

### 3.2.1 Ensaio LFWD

Foi utilizado o equipamento ZFG 3.0 para realizar as medições por LFWD na estrada em estudo. O dispositivo de carga utilizado tem 20 kg de massa, desse total, 15 kg pertencem ao martelo de medição o qual tem altura de queda de 67 cm em relação ao limite inferior da haste. Sobre a placa de carga a mesma possui 300 mm de diâmetro. O receptor eletrônico empregado foi o de bolso, similar ao modelo da Figura 7. Para dispor o equipamento de maneira correta sobre cada ponto, preparado para execução, os passos seguintes foram realizados. Alguns desses passos são mostrados na Figura 19.

- Limpar a superfície de materiais soltos ou não pertinentes ao solo;

- Realizar o assentamento da placa de carga na área de teste empurrando e rotacionando (aprox. 45°) para direita e para esquerda;
- Assegurar que não há buracos sob a placa de carga. Na presença deles, deve-se mover a placa para assenta-la o mais próximo possível do ponto georreferenciado;
- Encaixar o dispositivo de carga com a placa de carga, contanto que o martelo esteja na parte inferior da haste travado pela trava de transporte;
- Conectar o cabo do receptor com a entrada na placa de carga (acelerômetro);
- Desativar a trava de transporte para a massa móvel ficar livre;
- Elevar o martelo de medição até o fim da haste guia e o travar, porém, somente após ter a certeza de que não há ninguém abaixo do limite superior da haste, ou seja, abaixo da massa;



**Figura 19 – Respectivamente: 1) Assentamento da placa; 2) Encaixe das peças; 3) Conexão do cabo do receptor na placa; 4) Trava destravada; 5) Elevação da massa móvel.**

Tanto os procedimentos de preparação quanto os de execução foram adotados conforme as orientações dispostas na ASTM E2835 (2011), CEN CWA 15846 (2008) e no manual da Zorn<sup>2</sup> (2016) conferido ao instrumento. Em relação a execução da medição com o equipamento seguiu-se os próximos passos com alguns ilustrados pela Figura 20.

- Ligar a máquina eletrônica e pressionar para iniciar a medição do ensaio pelo receptor;

- Um único bipe notifica o momento em que se pode liberar o martelo. Após o bipe, verificar se o dispositivo de carga está reto em relação a placa de carga pelo nível de bolha e liberar a massa pressionando a alavanca;
- Após o choque do martelo de medição, estar atento para segurá-lo antes de cair novamente e causar outro choque quando o mesmo faz o movimento de retorno;
- Prender a massa móvel no fim da haste guia (elevando o elemento pela sua alça com uma mão e com a outra segurando no cabo firmemente);
- É realizado os 3 passos anteriores para mais 5 liberações do martelo;
- O receptor mostra em seu ecrã o  $E_{vd}$ , a deflexão média e o índice s/v do ponto ao concluir todas as liberações do martelo.
- Encerrado a medição, desconectar o receptor da placa, prender a massa no limite inferior pela trava de transporte e separar as partes do equipamento para o deslocamento ao próximo ponto de medição.



**Figura 20 – Respectivamente: 1) Verificação da bolha de nível; 2) Choque do martelo; 3) Contenção do mesmo antes de cair no movimento de retorno; 4) Ascensão do objeto; 5) Valores e o travamento da massa.**

Como relatado anteriormente, são realizadas 6 liberações da massa móvel ao todo em um ponto. As 3 primeiras são de pré-carregamento (preloading) do equipamento, as quais não

têm valores salvos no ensaio, mas tem o papel fundamental de assentar e produzir resultados consistentes de  $E_{vd}$ . Esse aspecto é referido pela ASTM E2835 (2011), encontrando-se como primeiro relato da adoção deste procedimento em Davich *et al.* (2006).

### 3.2.2 Ensaio CBR dinâmico

Os itens usados para efetuar o ensaio de CBR dinâmico foram: um dispositivo de carga com 15 kg no total, 10 kg são relativos a massa móvel que faz parte do dispositivo; pistão, extensão do aparelho ZFG 3.0, que possui 10,6 kg de massa e placa de carga de 300 mm característica para CBR dinâmico.

O ensaio CBR dinâmico foi realizado somente após o término do ensaio LFWD, também em todos os trinta pontos da estrada, em virtude que o pistão do CBR não é dotado de acelerômetro o qual teve que ser retirado da placa de carga empregada no teste predecessor. Em relação ao acelerômetro, ele é fixado acima do pistão e capta a penetração efetuada pelo mesmo.

Os procedimentos para preparação são similares aos adotados para o LFWD e são apresentados a seguir.

- Sob os pontos que foram efetuados o ensaio LFWD, colocar a placa do CBR dinâmico verificando antes se não há material solto ou sujeira trazidos pelo vento;
- Inserir o pistão com acelerômetro no orifício que a placa de carga possui segurando pelas alças que o pistão dispõe;
- Sobre o pistão, colocar o dispositivo de carga de forma cuidadosa para não ocasionar um choque entre a sua extremidade e o acelerômetro;
- Conectar o cabo do receptor eletrônico ao acelerômetro;
- Destruar a massa móvel da trava de segurança e prender a mesma no limite superior da haste do dispositivo de carga. Não executar este passo até se certificar de que não há ninguém abaixo do limite superior.

Em relação aos procedimentos para preparação e execução, não foi encontrado nenhuma normativa que regularizasse uma sucessão de passos própria para o CBR dinâmico. O manual da Zorn<sup>1</sup> (2016) foi utilizado como referência para preparação e execução, identificando uma sequência de fases semelhantes as necessárias para a aplicação do LFWD. Os estágios referentes a execução são apresentados na sequência.

- Ligar o receptor e pressionar o botão *Mode* até a opção CBR ser selecionada;
- Apertar para iniciar a medição no dispositivo;
- O receptor eletrônico soa um bipe para sinalizar quando é possível soltar a massa móvel do equipamento. Após o sinal, verificar se o dispositivo de carga está reto pelo nível de bolha para então liberar o martelo;
  - Após a queda do martelo, o mesmo realiza um movimento de oscilação subindo pela haste para logo voltar a descer. Segurar antes que um outro choque ocorra e o devolver a parte inferior da haste do dispositivo de carga com cuidado;
  - Acionar a trava de segurança após o término da medição e desconectar as partes do equipamento;
  - A tela do receptor mostra o  $CBR_d$  aferido em % e a penetração (s) medida em mm. Após conferir o resultado, desligar o receptor.

### 3.2.3 Identificação de Seções Homogêneas e Pontos Característicos

Utilizou o método das diferenças acumuladas da AASHTO, presente no anexo J da publicação *Guide for Design of Pavement Structures* (AASHTO, 1993), o qual é concebido originalmente para estradas pavimentadas para a identificação de intervalos da estrada com comportamento mecânico semelhante, seja em relação a deflexão, atrito, capacidade de carga, entre outros índices. Neste trabalho, foi utilizado para separar a EBVT não pavimentada em trechos que os pontos apresentassem respostas de mesmo caráter de  $E_{vd}$  e  $CBR_d$ .

Surgiu como uma solução para analisar de forma mais expressa redes viárias extensas, casos em que não era viável examinar de ponto a ponto a resposta mensurada dentro de conjuntos que muitas vezes compreendia dezenas até milhares de dados.

Com as distâncias de cada ponto ao seu anterior ( $\Delta x$ ), o método parte primeiramente em obter as distâncias acumuladas entre os pontos ( $\overline{\Delta x}$ ). Para o primeiro ponto ( $\overline{\Delta x}_1$ ) será zero (pois marca o início do percurso), para o seguinte ( $\overline{\Delta x}_2$ ) corresponde a distância dele ao primeiro, já no terceiro ponto ( $\overline{\Delta x}_3$ ) será a soma da distância que o mesmo tem para o segundo com a soma da distância do segundo para o primeiro, assim funcionando consecutivamente para os restantes. A exemplificação disto é apresentada na Equação (8).

$$\overline{\Delta x_n} = \Delta x_1 + \dots + \Delta x_n \quad (8)$$

Após obter as distâncias acumuladas, calcula-se a área representativa para cada ponto (A) resultante da multiplicação do parâmetro médio sob análise (r) (média segundo o valor aferido no ponto e no anterior) pela distância do ponto ao ponto anterior ( $\Delta x$ ). Calculadas as áreas representativas de cada ponto, é preciso obter a área representativa acumulada dos pontos ( $\bar{A}$ ) que funciona de forma igual a distância acumulada, ou seja, para um ponto específico soma-se a sua própria área representativa junto com a área representativa de todos os anteriores. As equações (9) e (10) exemplificam os dois processos descritos para um ponto “n”.

$$A_n = r_n \times \Delta x_n \quad (9)$$

$$\bar{A}_n = A_1 + \dots + A_n \quad (10)$$

As áreas acumuladas sendo obtidas, pode-se conseguir o parâmetro  $Z_x$  que surge da subtração da área acumulada do ponto pela fração área acumulada total (ou seja, da área acumulada do último ponto) dividida pela extensão total sendo que esta fração, antes da subtração, é multiplicada pela distância acumulada do ponto em questão. A exemplificação fica por parte da Equação (11) para o ponto 1 em um conjunto com “n” pontos.

$$Z_{x1} = \bar{A}_1 - \frac{\bar{A}_n}{\overline{\Delta x_n}} * \overline{\Delta x_1} \quad (11)$$

Um gráfico é plotado em que a distância acumulada do caminho está nas abscissas e os respectivos valores de  $Z_x$  nas ordenadas. Neste trabalho foi dada preferência a orientação da AASHTO (1993) de delimitar seções ao identificar mudanças de declividade, entretanto em certos momentos, seções que supostamente eram diferentes definiam o ponto que tinham em comum como característico levando a conclusão de que não se tratavam de duas seções distintas, mas sim de uma única seção. Em situações como essas uniu os pontos das duas seções do caso e as definiu como sendo uma só seção. Não contou o primeiro ponto nem o último ponto dos conjuntos na definição de seções, visto que estes valores são restritos a 0 pelo método.

O ponto característico representam normalmente o estado mínimo que um parâmetro é verificado na seção que atua. Neste trabalho entende-se como o ponto que demonstra, seja de  $E_{vd}$  ou  $CBR_d$ , um valor em que 85% do restante da seção apresenta resultado igual ou superior ao demonstrada pelo ponto característico. Consequentemente, apenas 15% tem uma condição inferior a demonstrada pelo ponto. Este índice depende da média e do desvio padrão da seção.

A Equação (12) ilustra o cálculo para se obter o valor do ponto característico relativo ao CBR dinâmico de uma seção n.

$$CBR_{dn,k} = \overline{CBRd_n} - 1,04 \sigma_{CBRdn} \quad (12)$$

Em muitos casos, não há um ponto em específico com valor igual ao do ponto característico calculado. Desta maneira, empregou o Erro Médio Quadrático sobre os pontos de uma seção para identificar aquele com valor mais próximo do característico e o adotar como suposto ponto característico de sua seção. A Equação (13) exprime o Erro Médio Quadrático (E.M.Q) do valor x de uma seção n.

$$E \cdot M \cdot Q_i = \sqrt{\frac{(x - CBR_{dn,k})^2}{CBR_{n,k}}} \quad (13)$$

### 3.2.4 Gamadensímetro e Ensaio Laboratoriais

As amostras submetidas aos ensaios laboratoriais e verificação do grau de compactação foram retiradas das localizações dos pontos característicos do CBR dinâmico de março. Antes de recolher as amostras, usou-se o gamadensímetro para ler os valores de umidade e baridade seca e úmida do solo destes pontos. A preparação e execução do equipamento estiveram de acordo com a ASTM D6938 (2017). A sequência de passos realizados para a leitura de valores pelo gamadensímetro e recolha de amostras são apresentados pela Figura 21.



Figura 21 – Pela ordem de cima para baixo, esquerda para direita: 1) Cravação de haste; 2) Furo para introdução da fonte; 3) Encaixe da fonte; 4) Inicialização do equipamento; 5) Leitura dos índices; 6) Coleta de amostra após leitura.

Os ensaios laboratoriais foram realizados no Laboratório de Geotecnia do Instituto Politécnico de Bragança. As amostras primeiramente foram submetidas a análise granulométrica pelos processos da LNEC E 239 (1970) sendo elas classificadas segundo o sistema unificado de classificação de solos regulamentado pela ASTM 2487-17 (2017) e pelo sistema rodoviário de acordo com a AASHTO M 145 (1991). A Figura 22 demonstra algumas etapas do ensaio de granulometria por peneiração úmida aplicada as amostras e a Figura 23, as amostras após todos os procedimentos.



**Figura 22 – Segundo a ordem de cima para baixo, esquerda para direita: 1) Repartição do solo a nível grosso; 2) Porção trabalhada; 3) Peneiração; 4) Finos separados do solo grosso; 5) Lavagem do solo grosso.**



**Figura 23 – Amostras de cada um dos solos após os examinar granulometricamente.**

Sob os materiais recolhidos, após as análises granulométricas, realizou-se os ensaios Proctor e CBR conforme a normativa LNEC E 197 (1966) orienta. As Figuras 24 e 25 compreendem alguns procedimentos do ensaio Proctor e CBR em laboratório por esta ordem.



Figura 24 – Segundo a ordem de cima para baixo, esquerda para direita: 1) Amostragem; 2) Umedecimento; 3) Compactação; 4) Acréscimo de solo no corpo de prova com anel; 5) Correção do colarinho; 6) Pesagem do cilindro; 7) Retirada; 8) Material para estufa.



Figura 25 – Segundo a ordem de cima para baixo, esquerda para direita: 1) Embebedação das amostras a umidade ótima; 2) Submersão após compactação; 3) Ajuste do cilindro ao equipamento; 4) Leitura das massas equivalentes às penetrações.

A equação que permitiu o cálculo do grau de compactação para cada amostra é representada pela Equação (14).

$$G.C = \frac{\gamma_d \text{ in loco}}{\gamma_d \text{ máx}} \quad (14)$$

Onde:

G.C = Grau de Compactação;

$\gamma_d \text{ in loco}$  = Baridade seca obtida pelo gamadensímetro ( $\text{g/cm}^3$ );

$\gamma_d \text{ máx}$  = Baridade seca máxima obtida pelo ensaio Proctor ( $\text{g/cm}^3$ ).

### 3.2.5 Dimensionamento de camada de Base

De acordo com os valores laboratoriais de CBR, foi empregado o menor valor do conjunto para dimensionamento da camada de base em cascalho que a estrada deveria receber caso fosse aprimorada. Os métodos aplicados para projetar esta camada foram do Austroads (2009), ERA (2016) e TTF (2020). Paralelamente a esta discussão, foram comparadas as espessuras que se obteriam caso utilizasse o menor valor característico do CBR dinâmico aferido nas duas temporadas para o dimensionamento.

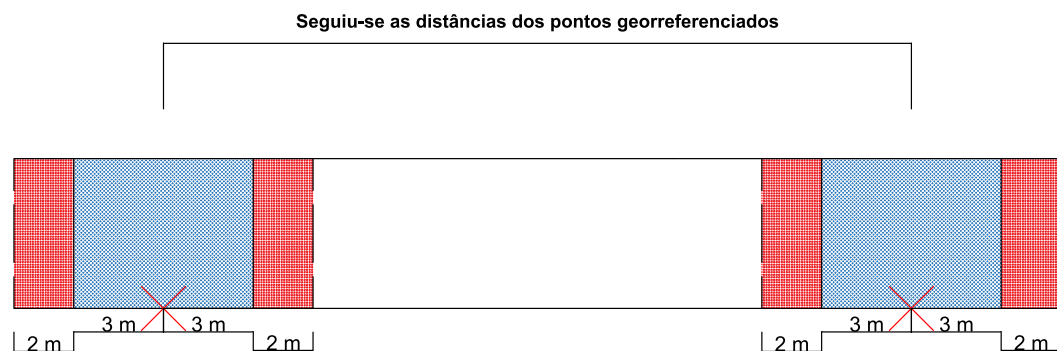
Como não há uma pesquisa de tráfego da estrada utilizou-se a menor solicitação de tráfego disponível nas metodologias. Pontua-se que é muito provável a estrada em questão possuir um TMDA menor que 50: enquanto era feito as inspeções nos troços da estrada que duraram cerca de 5 horas, passarão ao máximo 5 veículos pela via. Com isso, foi possível aplicar a metodologia para estradas secundárias do ERA (2016) também.

## 3.3 Avaliações Funcionais

Como relatado anteriormente, a condição funcional da estrada foi investigada em seções formadas sobre os trinta pontos georreferenciados. Foram coletados dados que permitiram analisar posteriormente o estado dos trechos e da estrada como um todo sob duas metodologias diferentes, o processo URCI (1992) e o processo de Cabette (2018). O último método foi aplicado por ter sido a metodologia empregada na estrada nos últimos anos para avaliar a sua condição funcional. Assim, uma aplicação nesta pesquisa permitiu comparar o estado atual do

objeto com as condições identificadas previamente pelos outros estudos e analisar se há uma piora no quadro de deterioração da estrada em relação as condições anteriores. O URCI foi empregado em decorrência de possuir a maioria dos níveis de severidade iguais aos de Cabette (2018), entretanto, tem um processo totalmente distinto na atribuição de valores relativo ao impacto que os defeitos têm no estado de um trecho que assim serviu para analisar a dispersão dos resultados da avaliação do método de 2018.

As inspeções dos trechos da estrada foram feitas em um único dia aplicando duas extensões longitudinais para as seções de inspeção: seis e dez metros (ambas de cinco metros transversal que é a largura média da via). A razão para isso é investigar se uma seção de seis metros (três metros a trás e três metros à frente do ponto, em relação a direção que se avançou na estrada para inspecionar) é capaz de representar adequadamente o equivalente a 100 metros de estrada como o método de Cabette (2018) indica. Para isso, demarcou pequenos acréscimos de dois metros à frente e dois atrás das seções de seis metros e inspecionou logo após as seções de dez metros para analisar o impacto que uma seção um pouco maior causaria nos resultados de IGG da estrada. Para ilustrar conceitualmente o modo que foram dispostas as seções na longitudinal da estrada, a Figura 26 apresenta as configurações de seções em relação a dois pontos da estrada sem escala. A Tabela 18 apresenta as distâncias entre os pontos georreferenciados os quais são os centros das seções.



**Figura 26 – Seções demarcadas sob cada ponto georreferenciado**

**Tabela 18 – Distâncias entre os pontos que se formaram as seções de inspeção**

Pontos	Distâncias (m)	Pontos	Distâncias (m)	Pontos	Distâncias (m)
1 → 2	102,05	11 → 12	99,83	21 → 22	100,75
2 → 3	101,18	12 → 13	102,36	22 → 23	94,9
3 → 4	103,71	13 → 14	98,6	23 → 24	104,17
4 → 5	99,27	14 → 15	108,82	24 → 25	100,28
5 → 6	101,39	15 → 16	88,64	25 → 26	101,24
6 → 7	105,59	16 → 17	109,06	26 → 27	100,25
7 → 8	30,13	17 → 18	195,14	27 → 28	101,14
8 → 9	67,47	18 → 19	99,4	28 → 29	108,08
9 → 10	202,24	19 → 20	104,05	29 → 30	88,87
10 → 11	101,23	20 → 21	96,78	30 → 31	100

Freitas (2019) destacou em seu trabalho a imprecisão que acompanha auscultar descontinuamente a estrada avaliando uma parcela para classificar uma porção consideravelmente maior: “ [...] seis primeiros metros dos subtrechos de 100 m. Isto faz com que a área analisada possa conter mais ou menos defeitos que no restante do trecho de 100 m, fazendo com que essa avaliação carregue uma imprecisão aos estudos [...]”. A própria metodologia do DNIT<sup>2</sup> (2003) indica a aplicação de seis metros para cada seção, contanto que seja para representar 40 metros de pistas simples, com a seção correspondendo a 15% do trecho que se propõe a avaliar. Seção de seis metros corresponde apenas 6% de um segmento de 100 metros da estrada do estudo, enquanto 10 metros, 10%.

Cada configuração de seção (seis e dez metros) contou com um conjunto de folhas para preenchimento dos dados requeridos pelos métodos. O corpo das fichas foi utilizado para preencher os itens conforme estipulado por Cabette (2018) nas Tabelas 15 e 16 deste trabalho, enquanto os desenvolvimentos das degradações que permitem a avaliação URCI (1992) ser executada, foram anotados no espaço de observação. Os pontos que foram captados informações para o último método se restringiram aos pontos característico de LFWD de Março e em um ponto que se apresentou em processo avançado de deterioração. Apenas sete pontos, em razão de se tratar de um lento processo de coleta e preenchimento de dados. A aplicação do método URCI para este trabalho fez uso dos nomogramas presentes no anexo O, sendo coletado para o método apenas informações relativas as degradações superficiais da via. Utilizou o nomograma “Drenagem Lateral Inadequada” para erosões que, segundo a referência, justifica-

se pela a erosão ser uma das manifestações de um sistema de drenagem inadequado, conforme as descrições dos níveis de severidade do item.

O preenchimento das fichas para seções de dez metros teve uma abordagem diferente em relação as fichas para as de seis metros, em razão de cada seção de dez metros englobar uma de seis já auscultada referente ao mesmo ponto, assim foi visto como necessário apenas registrar as novas degradações observadas nos quatro metros adicionais. E também registrou a mudança de severidade nas degradações que tenham se estendido para além da seção de seis metros, em algum dos dois metros extras nas extremidades, em que fosse identificado uma maior profundidade em uma degradação em específico neste prolongamento do que no primeiro caso medido. As fichas preenchidas, com todas as falhas auscultadas por seção, se encontram no apêndice B deste trabalho.

Enquanto eram estudados os conceitos das degradações e os métodos de avaliação, seus procedimentos e coleta de dados, iniciou-se a elaboração de um catálogo de degradações para estradas de terra e cascalho. O mesmo tem o intuito não só de auxiliar na identificação de defeitos superficiais e irregularidades no sistema de drenagem como também orientar na forma de captar os dados durante uma inspeção de acordo com as duas filosofias de quantificação de falhas da estrada. O mesmo se encontra no apêndice C desta dissertação o qual foi concebido com fotos tiradas no decorrer deste trabalho, exceto pelas quais são citadas as fontes.

Foram utilizados nas inspeções os seguintes equipamentos: régua longa de dois metros, nível de bolha, fita métrica e roda métrica, conhecida também como odômetro. A Figura 27 apresenta os equipamentos reunidos.



**Figura 27 – Equipamentos utilizados na inspeção. Da esquerda para direita e de cima para baixo respectivamente na foto: Régua de 2 metros contraída, fita métrica, nível de bolha e roda métrica.**

A Figura 28 apresenta o fluxograma que sintetiza a metodologia funcional adotada.

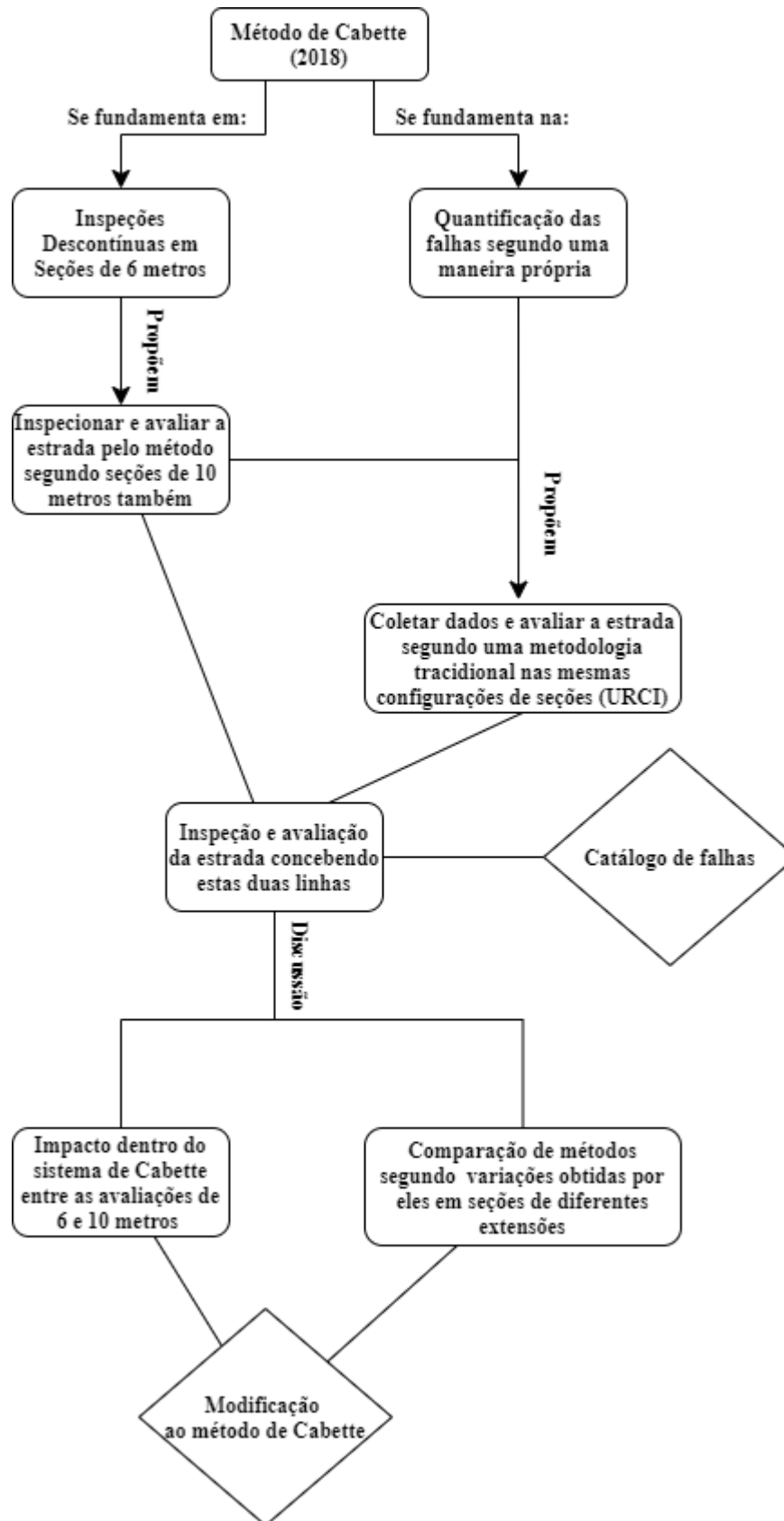


Figura 28 – Fluxograma relacionado a metodologia funcional adotada.

# Capítulo 4

## 4 Resultados e Discussão

### 4.1 Avaliação Mecânica

#### 4.1.1 Resultados dos ensaios do primeiro conjunto (Dezembro)

Os dados aferidos pelos ensaios dinâmicos em sua primeira execução em dezembro de 2020, junto com as tabelas utilizadas para obter os parâmetros necessários para o método das diferenças acumuladas e seções homogêneas constam no apêndice D deste trabalho, divididos nos tópicos D.1, referente ao LFWD, e D.2 ao CBR dinâmico. Da mesma maneira, no apêndice E há o segundo conjunto de dados (obtidos em março de 2021) e os resultados relacionados.

Tanto em questão de  $E_{vd}$  (MPa) como para  $CBR_d$  (%) as medidas atingiram oito seções homogêneas. As seções podem ser verificadas nas Figuras 29 e 30. Em relação aos pontos característicos das seções, a tabela que calculou os mesmos também está no apêndice D nos tópicos respectivos a seus ensaios.

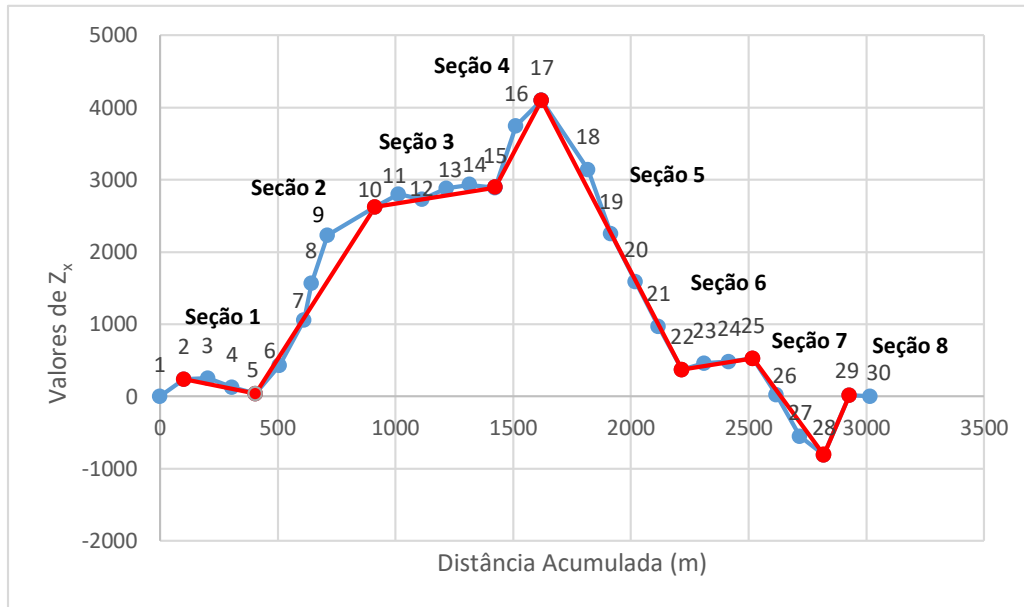


Figura 29 – Seções Homogêneas segundo medidas de  $E_{vd}$  realizadas em dezembro.

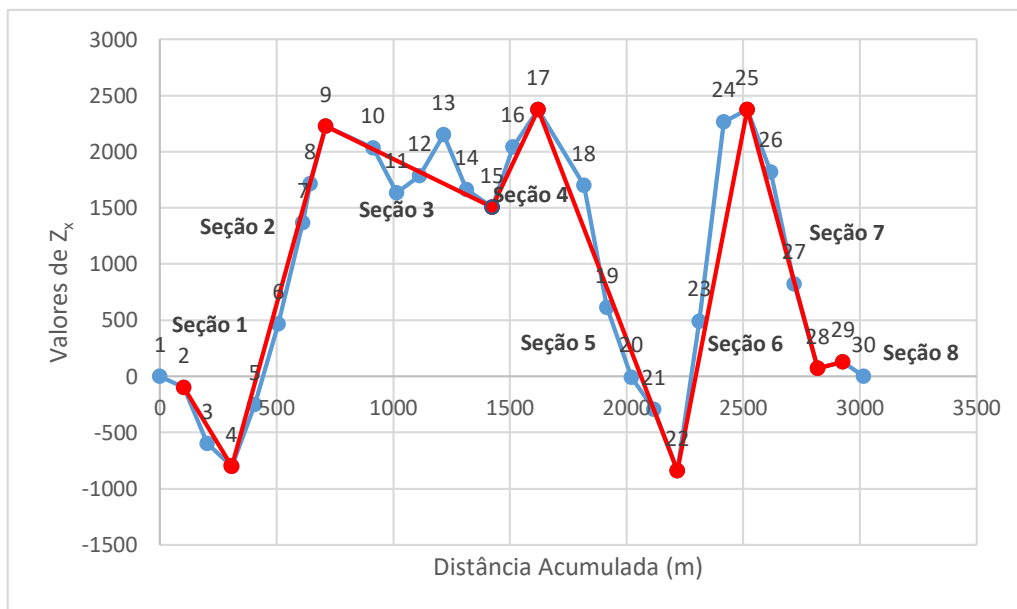
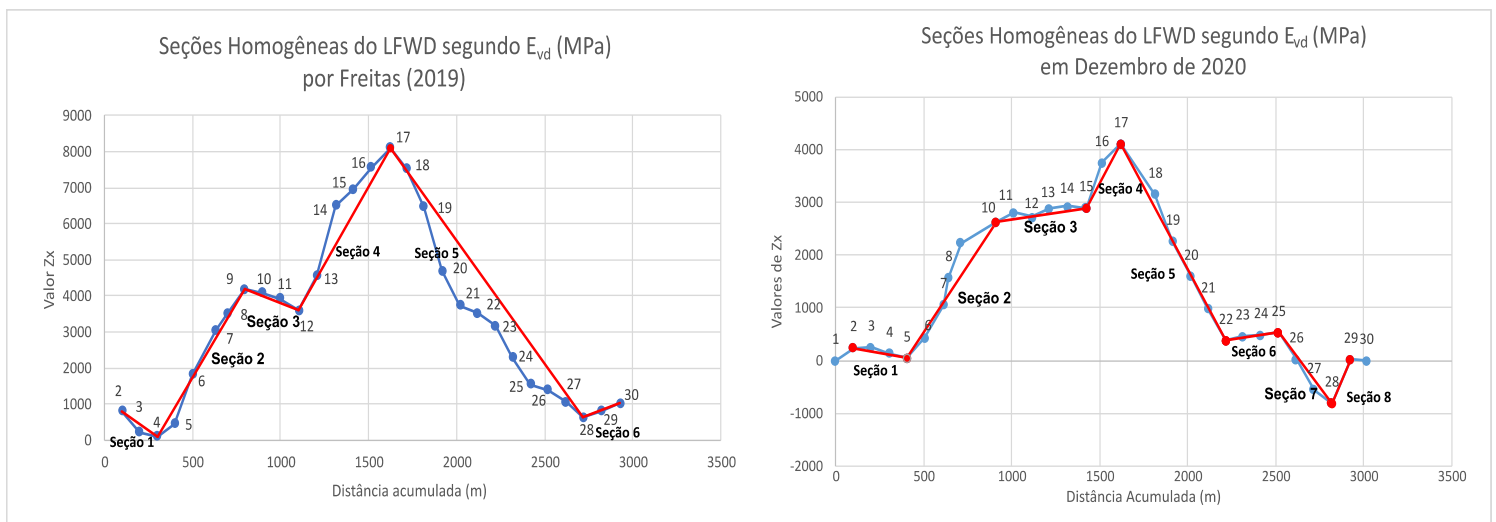


Figura 30 – Seções Homogêneas segundo medidas de  $CBR_d$  realizadas em dezembro.

Observando a geometria dos gráficos de diferenças acumuladas nota-se semelhança entre eles em relação a maioria dos segmentos se apresentando nas mesmas direções angulares, com exceção das seções número 3. Uma maior inflexão nos segmentos do ensaio CBR dinâmico é verificado em relação a disposição das retas do LFWD. Também é perceptível que as seções dos ensaios são compostas pelos mesmos pontos, exceto pelas seções 1, 2 e 3.

As seções que o LFWD descreveu em dezembro de 2020 possuem uma grande semelhança com as seções identificadas por Freitas (2019). No trabalho da autora houve seis seções homogêneas, duas a menos que a primeira configuração deste trabalho, como pode-se observar pela Figura 31. É importante recordar que  $Z_x$ , eixo das ordenadas do gráfico de seções homogêneas, não representa uma propriedade física, mas um parâmetro estatístico unicamente para divisão de seções do Método das Diferenças Acumuladas. Desta maneira, não há importância analisar os gráficos sob uma mesma escala (cada um possui uma intrínseca a si) e interessa a geometria dos gráficos dentro de sua escala em particular.



**Figura 31 – Comparação das seções homogêneas segundo  $E_{vd}$  de 2019 e 2020.**

Confrontando os valores de Freitas com os obtidos neste ensaio, que foi o primeiro executado após seus resultados, foi registrado que mais da metade dos pontos, 16 no caso, tiveram um aumento na rigidez dinâmica  $E_{vd}$  (MPa) com média de 30% acima dos valores de 2019 enquanto 14 baixaram no parâmetro e registram 28% de perda em relação aos valores anteriores. Apesar de observar uma quantidade maior de pontos que cresceram em capacidade de carga e apresentaram média percentual a seus valores predecessores maiores do que dos pontos que perderam resistência, o quadro global da estrada é mesmo de declínio mecânica. A resistência acumulada de todo o conjunto de dezembro marcou um decréscimo de 45,56 MPa, mudando de 805,25 MPa para 759,6 MPa o que também refletiu na diminuição de 5,66% da média de  $E_{vd}$  movendo-se de 26,84 MPa para 25,32 MPa.

O desvio padrão é uma das razões que justificam o quadro de queda mesmo quando mais da metade dos pontos tiveram saldo positivo de resistência. Os pontos marcados pelo ganho de resistência tiveram desvio padrão de 44%, enquanto os demais, apenas 12%. A dispersão dos pontos do primeiro tipo é muito grande sendo que alguns tiveram aumentos

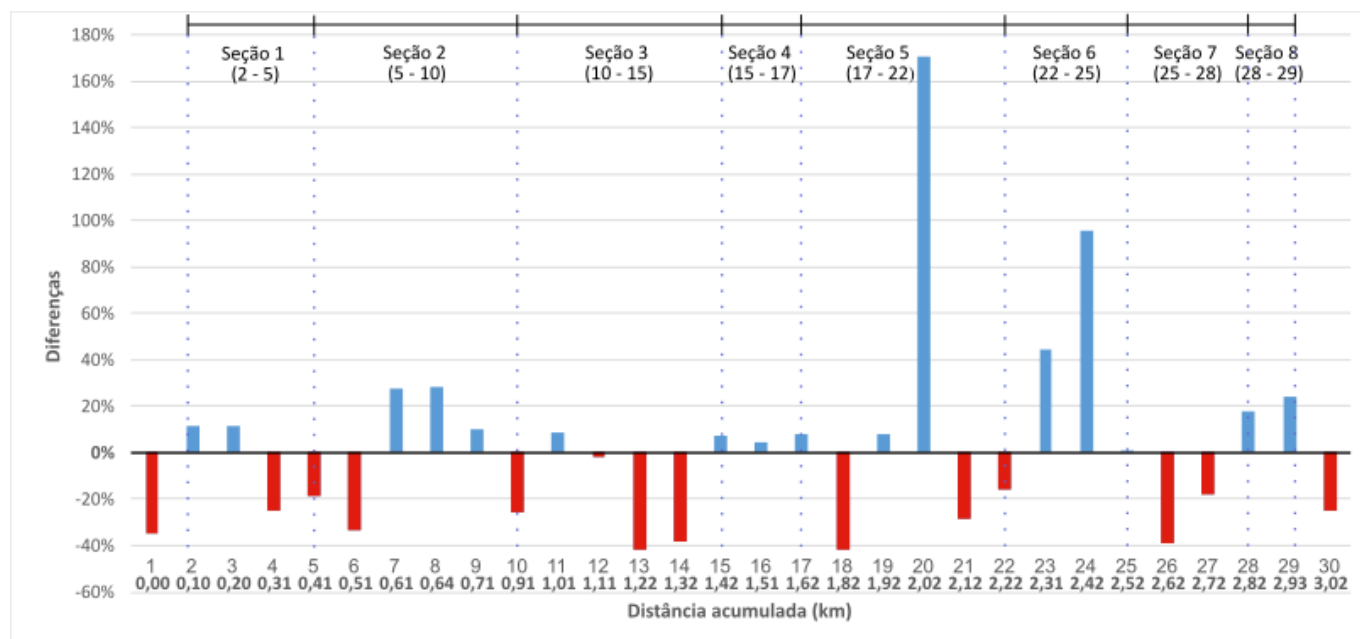
percentuais imensos, como o ponto 20 e 24 com respectivos 171% e 95%, que representam 13,19 MPa e 11,88 MPa, respectivamente. Apesar de parecerem grandes saldos, se estes pontos fossem negativos se enquadrariam abaixo do ponto 14, que está na quarta posição desta lista, com 15,14 MPa perdidos; e também muitos pontos submetidos a aumentos baixíssimos, como os nove primeiros pontos na ordem crescente que registraram aumento de resistência abaixo de 3 MPa.

Oito pontos do grupo que decaiu em resistência, mais da metade, se caracterizaram por perdas percentuais no intervalo de -20% a -40 %, denotando uma grande consistência nos mesmos. Além disso, dos seis pontos abaixo de -20%, houve três deles que decresceram mais que -15%. Tratando-se das diferenças absolutas, em módulo de  $E_{vd}$ , enquanto no panorama de ganho de resistência nove pontos registraram valores inferiores a 3 MPa, apenas um ponto de decréscimo teve saldo abaixo de 3 MPa. Curiosamente, no grupo que se verificou perda de capacidade, nove deles tiveram saldo absoluto acima de 6 MPa, ou seja, em uma mesma quantidade de pontos um grupo teve mais que o dobro do saldo absoluto que o outro. Em suma, as perdas de deformabilidade dinâmica se demonstraram mais consistentes e registraram diferenças maiores do que os ganhos de resistência.

A tabela que verificou as diferenças no parâmetro  $E_{vd}$  entre as medições de Freitas (2019) e a primeira execução do LFWD deste trabalho está no apêndice D, sendo a Tabela D.1.4. De forma mais concisa a Tabela 19 divide em pontos que ganharam capacidade de carga e perderam, segundo a ordem dos maiores para os menores nesses aspectos. A tabela em questão é acompanhada da Figura 32 que é um gráfico de colunas ao longo da extensão total da estrada apresentando as diferenças percentuais de  $E_{vd}$  verificadas nos valores de 2020 em consideração aos valores de 2019. Por especificar as seções superiormente, é possível notar que há seções que possuem comportamentos muito claros e outras não. De forma concisa, as seções 4 e 8 se apresentam com condições mecânicas superiores as de 2019, enquanto a transição entre seções 1 e 2 evidenciam trechos com condições inferiores.

**Tabela 19 – Pontos do ensaio LFWD de dezembro separados percentualmente em relação aos valores de Freitas (2019)**

Perda de Capacidade de Carga			Ganho de Capacidade de Carga		
Pontos	Diferença em %	Diferença bruta (MPa)	Pontos	Diferença em %	Diferença bruta (MPa)
13	-42%	-20,57	20	171%	13,19
18	-41%	-8,25	24	95%	11,88
26	-39%	-9,29	23	45%	10,05
14	-38%	-15,14	8	28%	11,63
1	-35%	-16,79	7	28%	7,11
6	-33%	-16,62	29	24%	8,29
21	-28%	-7,19	28	18%	3,91
10	-26%	-6,59	3	11%	2,32
30	-25%	-5,56	2	11%	2,29
4	-25%	-7,42	9	10%	2,52
5	-19%	-5,59	11	9%	2,1
27	-18%	-4,01	19	8%	0,9
22	-15%	-3,53	17	8%	1,55
12	-2%	-0,38	15	7%	1,56
-	-	-	16	5%	1,96
-	-	-	25	0,4%	0,11
<b>14 pontos</b>			<b>16 pontos</b>		
<b>Média</b>	-28%	-9,07	<b>Média</b>	30%	5,09
<b>Desvio Padrão</b>	12%	5,92	<b>Desvio Padrão</b>	44%	4,49



**Figura 32 – Distribuição das diferenças percentuais de E<sub>vd</sub> de 2019 a 2020 ao longo da estrada**

Os pontos característicos também evidenciam o quadro de queda de  $E_{vd}$ , porém de forma mais contida. Segundo a Tabela 20, a média destes pontos na época de Freitas (2019) era de 20,19 MPa sendo nesta primeira temporada de ensaios constatado a média de 19,41 MPa, ou seja, uma diferença entre as aferições de 0,78 MPa correspondente a 3,88% de diferença dos valores.

**Tabela 20 – Comparação dos pontos característico avaliados em 2019 e em 2020**

Pontos Característicos por Freitas em 2019		Pontos Característicos Dezembro de 2020	
Ponto	$E_{vd}$ (MPa)	Ponto	$E_{vd}$ (MPa)
<b>3</b> (2 a 4)	20,27	<b>4</b> (2 a 5)	22,31
<b>9</b> (4 a 9)	24,85	<b>10</b> (5 a 10)	18,83
<b>12</b> (9 a 12)	21,90	<b>12</b> (10 a 15)	21,52
<b>17</b> (12 a 17)	20,11	<b>17</b> (15 a 17)	21,66
		<b>19</b> (17 a 22)	11,75
<b>24</b> (17 a 28)	12,44	<b>22</b> (22 a 25)	19,27
		<b>26</b> (25 a 28)	14,43
<b>28</b> (28 a 30)	21,56	<b>28</b> (28 a 29)	25,47
<b>Média (MPa)</b>	20,19	<b>Média (MPa)</b>	19,41
<b>Desvio Padrão</b>	4,16	<b>Desvio Padrão</b>	4,16

Por fim, realizaram correlações das medidas dos ensaios dinâmicos de dezembro, mas não foram encontradas equações com grande afinidade entre  $E_{vd}$  (MPa) e  $CBR_d$  (%) para todos os pontos ensaiados, com a maior correlação atingindo  $R^2$  de 0,4282 em uma equação de logaritmo neperiano. Não tendo encontrado uma equação que correlacionasse satisfatoriamente os resultados dos ensaios, restringiu o intervalo de dados para os pontos das seções homogêneas. Notou-se grande afinidade dos parâmetros nas seções 5 e 6 que, respectivamente, resultaram em  $R^2$  de 0,895 e 0,9234, ambas por logarítmico neperiano. Observa-se as equações e gráficos das correlações relativas aos resultados de dezembro no tópico F.1 dos apêndices.

#### 4.1.2 Resultados dos ensaios do segundo conjunto (Março)

Em 26 de março de 2021, após três meses e 14 dias, foram realizadas novas medições mecânicas sobre a EBVT deste trabalho com o LFWd e o CBR dinâmico. Neste intervalo de tempo, ocorreu a passagem do inverno e atingiu o início da primavera que havia sido no dia 20 de março. Estes dados também foram submetidos ao Método das Diferenças acumuladas, com posterior identificação de seções homogêneas e dos pontos característicos da mesma maneira

que fez para os dados de dezembro. As tabelas utilizadas para cálculo estão em D.2 e E.2 respectivamente a LFWD e CBR dinâmico. Obteve-se seis seções para cada equipamento, como demonstra as Figuras 33 e 34, duas sessões a menos que nos primeiros ensaios dinâmicos.

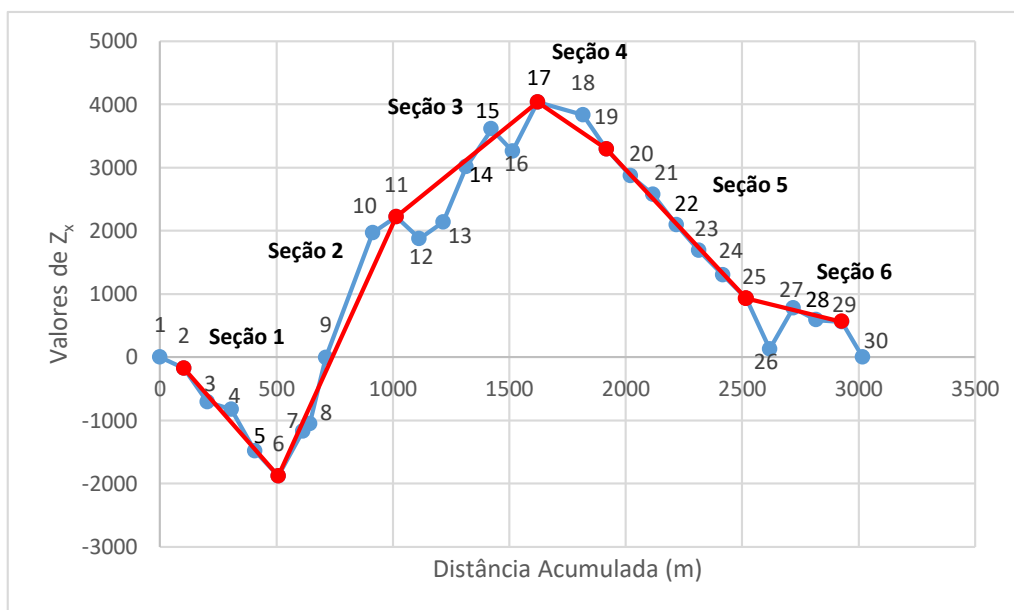


Figura 33 – Seções Homogêneas segundo medidas de  $E_{vd}$  realizadas em março.

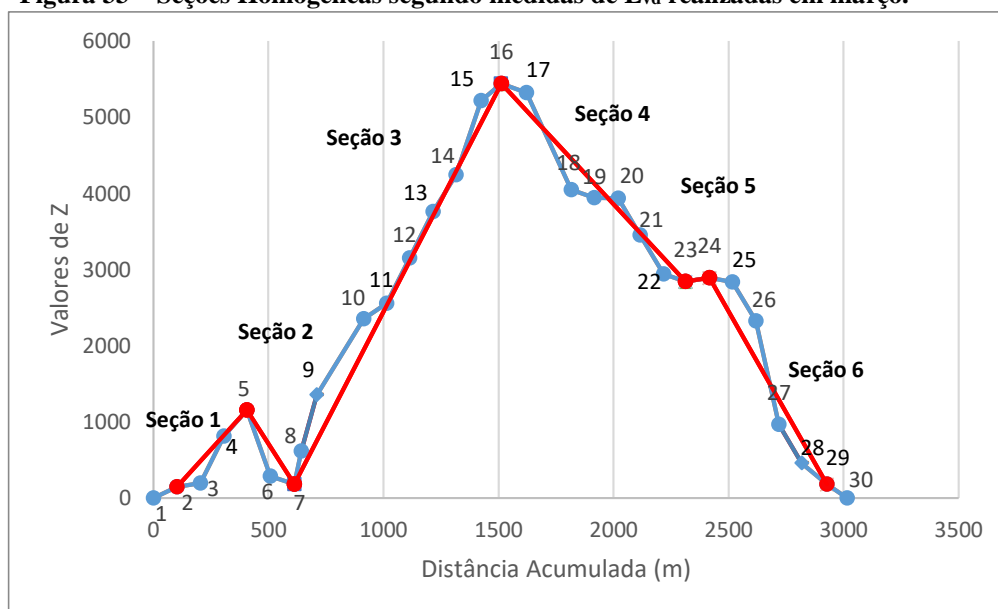


Figura 34 – Seções Homogêneas segundo medidas de  $CBR_d$  realizadas em março.

Os ensaios de março denotaram um quadro de queda de resistência em ambos os experimentos em relação aos ensaios de dezembro. O LFWD teve 17 pontos que o parâmetro  $E_{vd}$  foi mais baixo se comparado a execução anterior, enquanto 13 tiveram aumento neste parâmetro. A média percentual tanto dos pontos que perderam quanto ganharam resistência é 38%. A respeito da média de  $E_{vd}$  o valor atingindo em dezembro foi de 25,32 MPa, já para

março o valor foi de 22,17 MPa marcando uma diferença de 3,15 MPa que representa 11,97% do valor médio de dezembro.

Em retrospecto a média de Freitas (2019), o valor de 22,17 MPa representa uma queda de 17,40% do valor médio da autora, equivalente a 4,67 MPa. Na sequência apresenta-se a Tabela 21 que distingue os pontos nos quais cresceram e baixaram de capacidade de carga ordenados segundo as maiores diferenças percentuais entre os ensaios desta pesquisa. A Figura 35 distribui os percentuais ao longo da estrada, apresentando de maneira muito clara que grande parte das seções estão em pior estado mecânico com base nas medidas anteriores de  $E_{vd}$ .

**Tabela 21 – Pontos do ensaio LFWD de março separados segundo diferenças percentuais em relação aos valores de dezembro**

Perda de Capacidade de Carga			Ganho de Capacidade de Carga		
Pontos	Diferença em %	Diferença bruta (MPa)	Pontos	Diferença em %	Diferença bruta (MPa)
16	-79%	-35,09	27	138%	25,08
5	-57%	-13,76	17	87%	18,86
8	-56%	-29,32	9	82%	22,41
28	-52%	-13,12	14	56%	13,5
29	-44%	-18,78	10	40%	7,58
23	-42%	-13,8	7	22%	7,17
1	-41%	-13,02	18	15%	1,76
3	-40%	-9,07	4	15%	3,3
12	-40%	-8,56	21	12%	2,14
30	-39%	-6,46	13	9%	2,6
6	-36%	-12,07	19	7%	0,77
11	-32%	-8,49	15	4%	1,02
26	-27%	-3,96	2	2%	0,46
25	-26%	-6,51	-	-	-
24	-21%	-5	-	-	-
22	-17%	-3,32	-	-	-
20	-5%	-1	-	-	-
<b>17 pontos</b>			<b>13 pontos</b>		
<b>Média</b>	-38%	-11,84	<b>Média</b>	38%	8,20
<b>Desvio Padrão</b>	17%	8,98	<b>Desvio Padrão</b>	42%	8,80

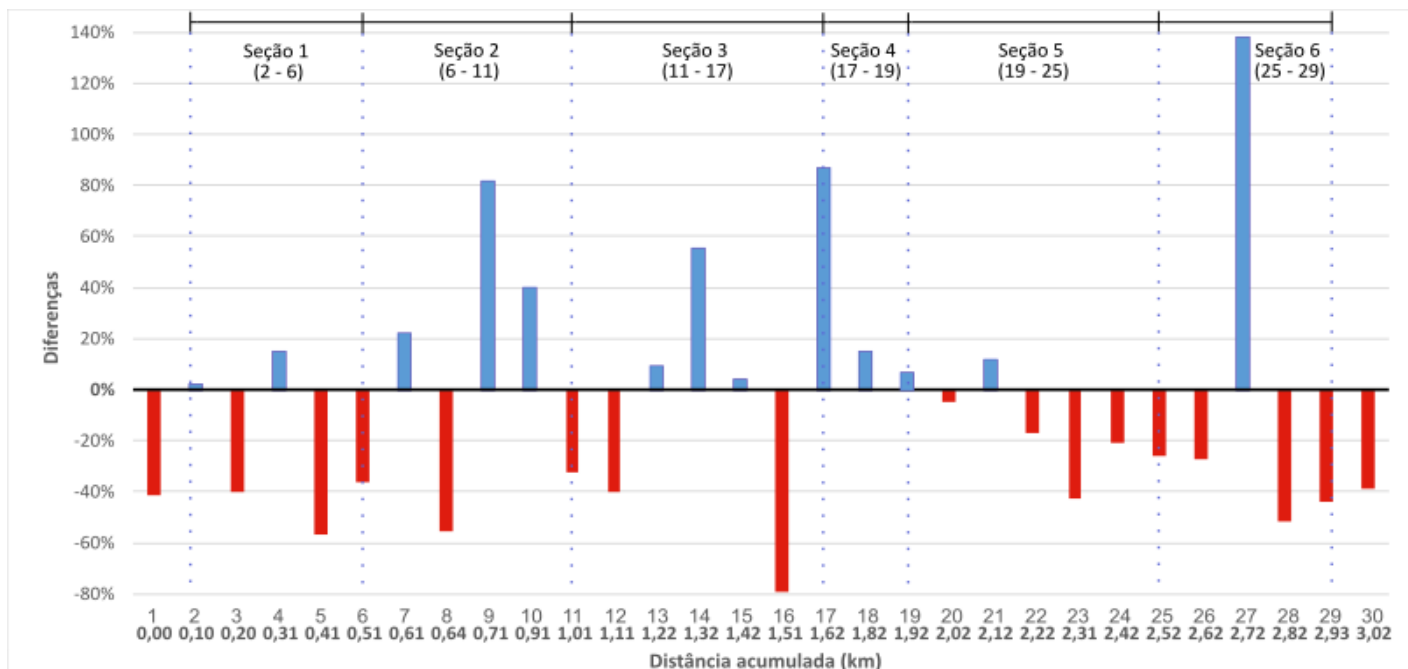


Figura 35 – Distribuição das diferenças percentuais de  $E_{vd}$  de 2020 a 2021 ao longo da estrada

O CBR dinâmico também apresentou panorama de queda. A média de suas medidas em dezembro foi de 40,3 % atingindo em março o valor de 32,6 % marcando uma diferença de 7,7%, que percentualmente aos valores de dezembro representa 19,1%. Em questão da quantidade de pontos que melhoraram ou pioraram no parâmetro, o  $CBR_d$  teve aspecto ainda pior que o  $E_{vd}$  já que apenas nove pontos tiveram saldo positivo (maior ou igual a 0) em relação aos valores de dezembro enquanto os demais 21 obtiveram saldo negativo nesta análise. Do mesmo ponto de vista da Tabela 21 e da Figura 35 elaborados para o LFWD, a Tabela 22 e Figura 36 dispõem dos pontos que cresceram e baixaram em comparação aos valores de 2020 referente a  $CBR_d$ .

**Tabela 22 – Pontos do ensaio CBR dinâmico de março separados segundo diferenças percentuais em relação aos valores de dezembro**

Redução de CBR <sub>d</sub>			Aumento de CBR <sub>d</sub>		
Pontos	Percentual	Diferença bruta (%)	Pontos	Percentual	Diferença bruta (%)
29	-54%	-26	14	71%	20
5	-51%	-25	19	36%	10
23	-51%	-37	30	31%	9
6	-49%	-22	10	24%	8
27	-47%	-15	28	12%	4
13	-38%	-16	4	12%	5
17	-37%	-16	12	11%	5
20	-35%	-14	8	6%	3
11	-32%	-12	2	0%	0
15	-31%	-15	-	-	-
24	-29%	-12	-	-	-
26	-29%	-8	-	-	-
9	-27%	-12	-	-	-
1	-26%	-11	-	-	-
22	-26%	-9	-	-	-
7	-25%	-13	-	-	-
18	-20%	-6	-	-	-
16	-19%	-8	-	-	-
21	-18%	-6	-	-	-
25	-17%	-7	-	-	-
3	-15%	-5	-	-	-
	<b>21 pontos</b>			<b>9 pontos</b>	
<b>Média</b>	-32%	-14,05	<b>Média</b>	23%	7,11
<b>Desvio Padrão</b>	12%	7,89	<b>Desvio Padrão</b>	22%	5,75

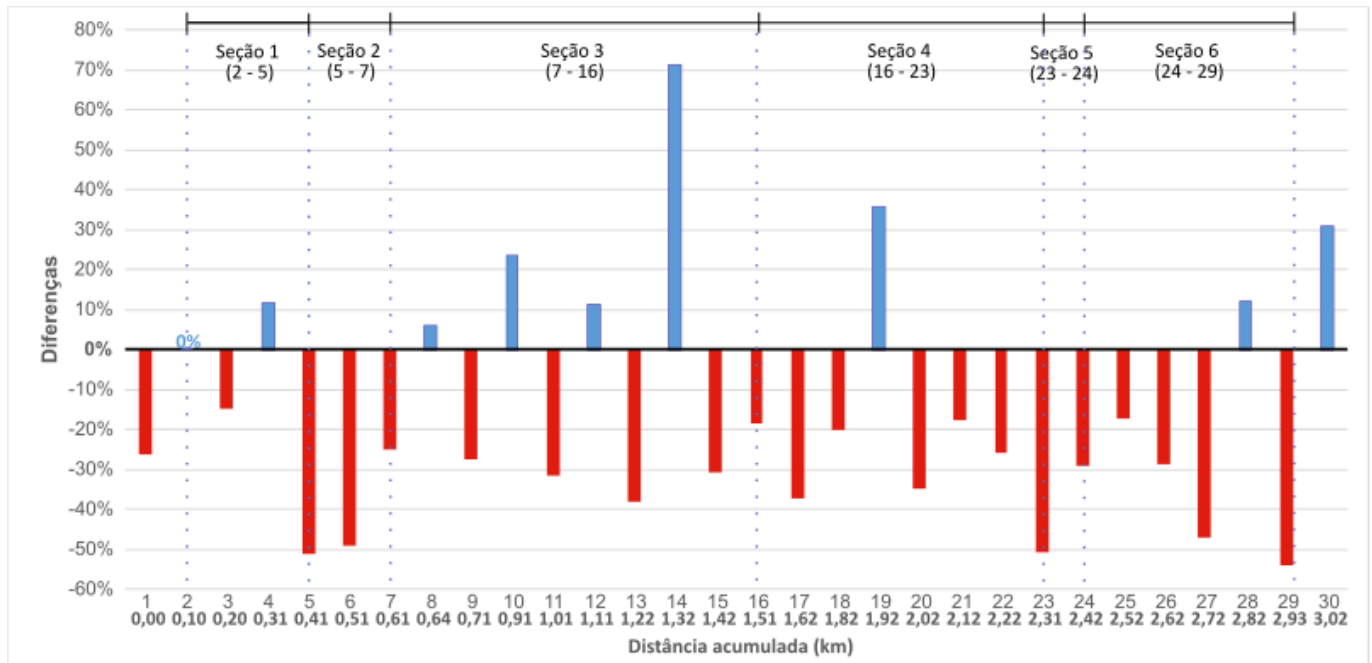


Figura 36 – Distribuição das diferenças percentuais de CBR<sub>d</sub> de 2020 a 2021 ao longo da estrada

A Figura 36 reflete o que havia sido comentado anteriormente, que o parâmetro CBR<sub>d</sub> apresenta uma condição ainda mais deteriorada da estrada que o E<sub>vd</sub>. As seções “4” a “6”, com exceção de dois pontos, se apresentam com estado comprometido tomando como base as diferenças percentuais de CBR<sub>d</sub>. A seção dois também se mostra, de forma generalizada, debilitada no parâmetro em questão. A seção três é a única que apresenta alguns pontos que melhoraram no parâmetro, mas espalhados na seção.

Quanto a contrapor as seções de um equipamento sobre as seções do outro (Figura 33 versus 34), observa-se uma maior diferença na composição dos pontos dos ensaios de março do que nos de dezembro. As seções que tiveram praticamente o mesmo grupo de pontos foram as seções número 1 e 6 que englobaram um ponto de diferença entre ensaios e os demais iguais. As outras seções dos ensaios divergiram muito quanto a tamanho e pontos compreendidos.

Por fim, analisando os pontos característicos entre os diferentes períodos executados notou-se que os pontos dos ensaios posteriores denotaram uma estrada com capacidade mecânica muito inferior e debilitada se comparado aos primeiros. As diferenças das médias dos pontos característicos foram de 5,54 MPa e 11,04%, respectivamente ao LFWD e ao CBR dinâmicos, que correspondem percentualmente a 29% e 32% em relação os valores médios de dezembro. As Tabelas 23 e 24, respectivas as análises dos pontos característicos do LFWD e do CBR dinâmico entre temporadas de ensaios, demonstram grande divergência nas repostas de um ensaio de certo período em comparação com o ensaio de outro.

**Tabela 23 – Pontos Característicos obtidos nos diferentes ensaios LFWD desempenhados na pesquisa**

Pontos Característicos Dezembro de 2020		Pontos Característicos Março de 2021	
Ponto	Evd (MPa)	Ponto	Evd (MPa)
4 (2 a 5)	22,31	3 (2 a 6)	13,52
10 (5 a 10)	18,83	11 (6 a 11)	17,77
12 (10 a 15)	21,52	12 (11 a 17)	12,96
17 (15 a 17)	21,66	19 (17 a 19)	12,52
19 (17 a 22)	11,75	22 (19 a 25)	15,95
22 (22 a 25)	19,27	26 (25 a 29)	10,47
26 (25 a 28)	14,43	-	-
28 (28 a 29)	25,47	-	-
<b>Média (MPa)</b>	19,40	<b>Média (MPa)</b>	13,86
<b>Desv.Padrão</b>	4,16	<b>Desv.Padrão</b>	2,60

**Tabela 24– Pontos Característicos obtidos nos diferentes ensaios CBR dinâmico desempenhados na pesquisa**

Pontos Característicos Dezembro de 2020		Pontos Característicos Março de 2021	
Ponto	CBR (%)	Ponto	CBR (%)
3 (2 a 4)	34	5 (2 a 5)	24
4 (4 a 9)	42	6 (5 a 7)	23
10 (9 a 15)	34	11 (7 a 16)	26
16 e 17 (15 a 17)	43	18 (16 a 23)	24
18 (17 a 22)	30	24 (23 a 24)	29
22 (22 a 25)	35	27 (24 a 29)	17
26 (25 a 28)	28	-	-
28 (28 a 29)	33	-	-
<b>Média (%)</b>	34,88	<b>Média (%)</b>	23,83
<b>Desv.Padrão</b>	5,25	<b>Desv.Padrão</b>	3,97

Os pontos característicos do LFWD de março apresentaram uma diferença maior ainda se comparado aos pontos característicos identificados por Freitas em 2019. A média dos pontos obtidas pela autora, como pode-se conferir pela Tabela 20, foi de 20,19 MPa que é 6,32 MPa maior que a média dos pontos característicos de março, sendo em percentual igual a 31,32% da média da autora. Retomando a discussão do ensaio LFWD de dezembro, nota-se que os ensaio de março foi o que se teve maior diferença de um ensaio a outro (abordando pontos característicos) visto que a diferença dele para o ensaio de dezembro foi de 5,54 MPa,

percentualmente 29%, e o ensaio de dezembro registrou 0,78 MPa, percentualmente 3,88%, de diferença para o ensaio de Freitas.

As correlações procederam sob a mesma abordagem do primeiro conjunto, primeiro verificou para todo o conjunto de dados de  $E_{vd}$  e CBR deste período, obtendo correlações com afinidade baixíssimas, sendo uma equação de logaritmo neperiano a que apresentou maior afinidade com  $R^2$  de 0,0004467. Realizou correlações segundo as seções homogêneas de  $E_{vd}$ , fazendo para cada uma delas a conexão com os respectivos valores de  $CBR_d$ . Entretanto, as melhores correlações a nível de seção ainda foram baixas com  $R^2$  abaixo de 0,5.

### 4.1.3 Resultados Laboratoriais e do gamadensímetro

O ensaio granulométrico efetuado sob cada amostra de solo está detalhadamente descrito no apêndice G, tópico G.1. A Figura 37 ilustra as curvas granulométricas passantes obtidas de acordo o ensaio de peneiramento.

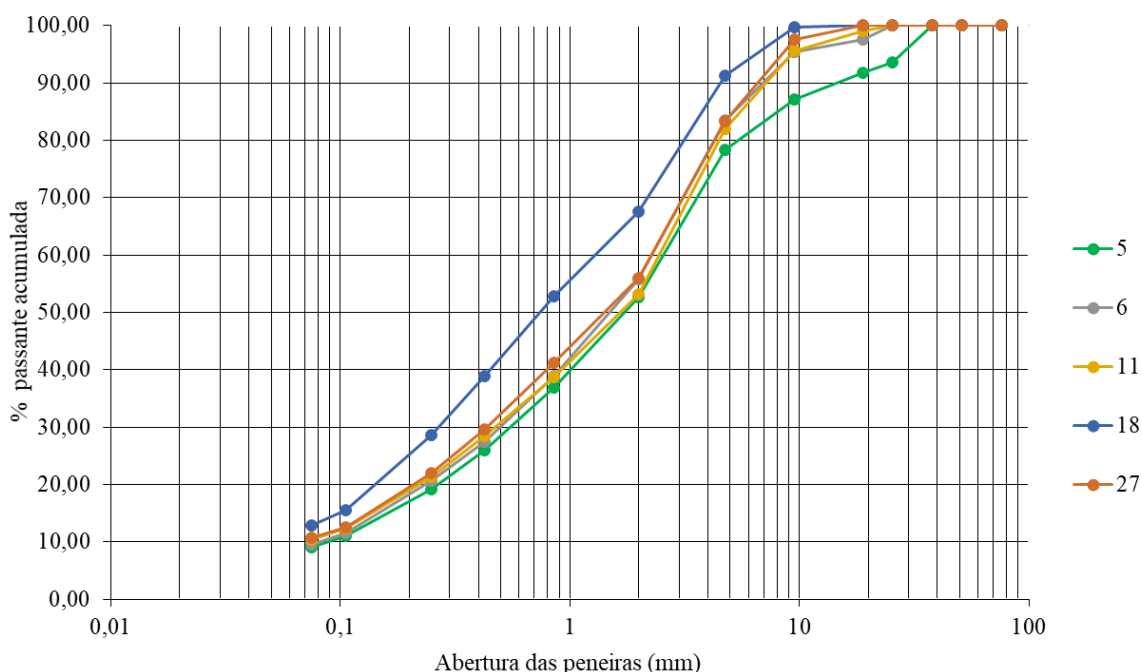


Figura 37 – Granulometria das amostras obtidas dos  $CBR_d$  característicos de março.

Os pontos amostrados apresentam curvas granulométricas muito parecidas. O ponto 18 apresentou as maiores diferenças percentuais de uma curva granulométrica dentre o conjunto. Entretanto, os sistemas de classificação de solos evidenciam que o ponto 18 não apresenta distinções consideráveis em relação as outras amostras em virtude das classificações

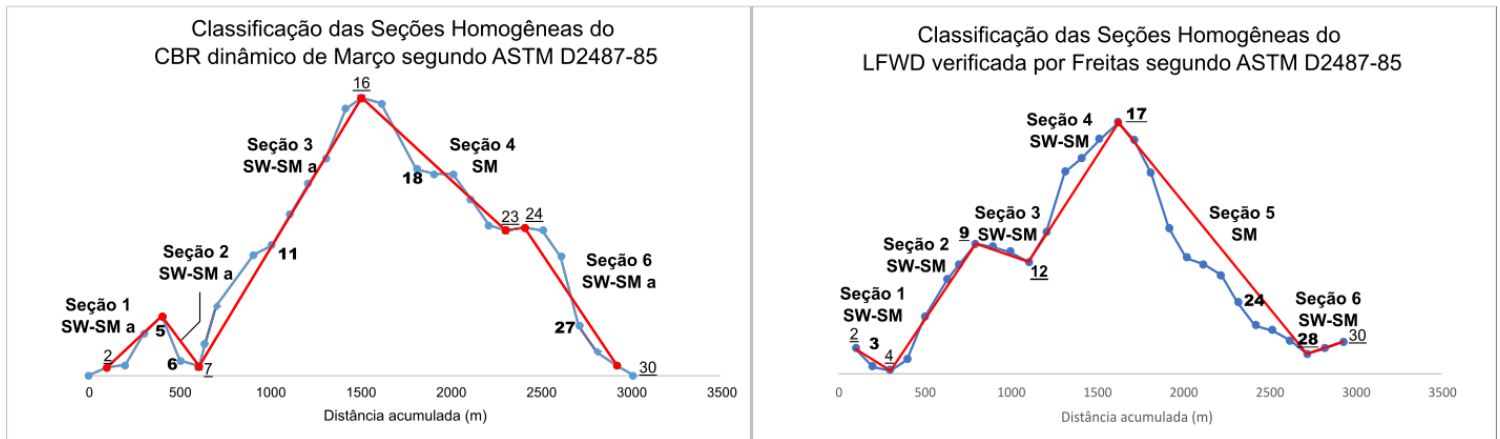
que obtém: a normativa da AASHTO classifica ele como o mesmo solo que as demais amostras e a classificação da ASTM em um gênero próximo às demais. A Tabela 25 apresenta as classificações obtidas para as amostras dos pontos coletados.

**Tabela 25 – Classificação das amostras pelos sistemas granulométricos de classificação**

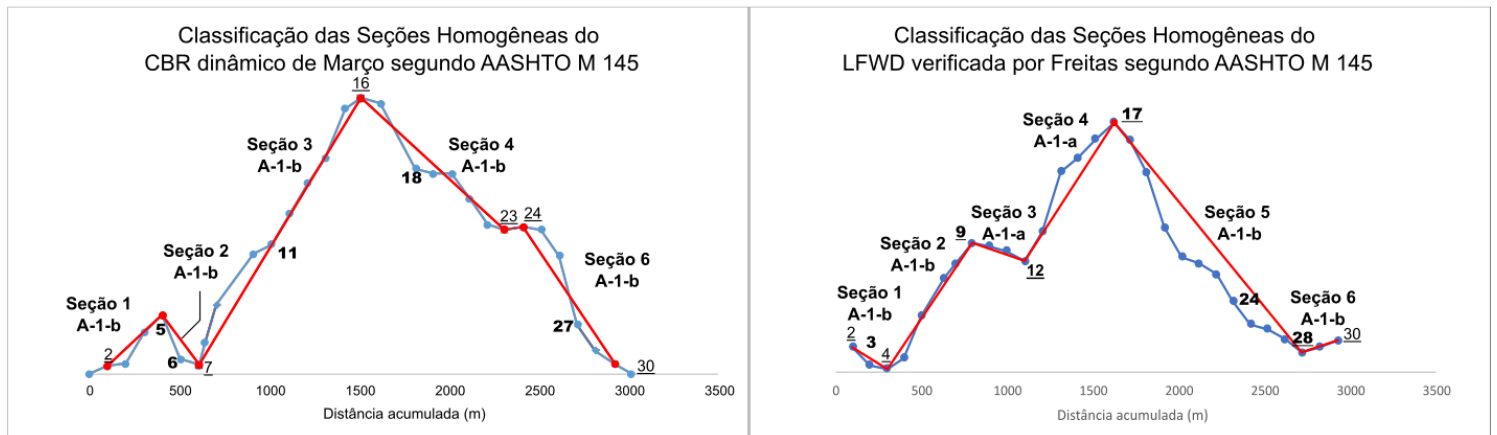
Ponto	ASTM D2487-85	AASHTO M 145
5	Areia bem graduada com silte e presença de pedregulho (SW-SMa). As peneiras número 4 e 200 tiveram retenção acumulada de 22% e 91%, respectivamente. D10 = 0,09 mm; D30 = 0,58 mm; D60 = 2,79 mm; CC = 1,35; CU = 31,03.	Areia grossa bem graduada com ou sem ligante (A-1-b) as porcentagens passantes acumuladas nas peneiras 10, 40 e 200 foram, respectivamente, de 53%, 26% e 9%.
6	Areia bem graduada com silte e presença de pedregulho (SW-SMa). As peneiras número 4 e 200 tiveram retenção acumulada de 16% e 90%, respectivamente. D10 = 0,08 mm; D30 = 0,52 mm; D60 = 2,42 mm; CC = 1,37; CU = 29,67.	Areia grossa bem graduada com ou sem ligante (A-1-b) as porcentagens passantes acumuladas nas peneiras 10, 40 e 200 foram, respectivamente, de 56%, 27% e 10%.
11	Areia bem graduada com silte e presença de pedregulho (SW-SMa). As peneiras número 4 e 200 tiveram retenção acumulada de 18% e 90%, respectivamente. D10 = 0,07 mm; D30 = 0,49 mm; D60 = 2,65 mm; CC = 1,29; CU = 37,83.	Areia grossa bem graduada com ou sem ligante (A-1-b) as porcentagens passantes acumuladas nas peneiras 10, 40 e 200 foram, respectivamente, de 53%, 28% e 10%.
18	Areia siltosa. As peneiras número 4 e 200 tiveram retenção acumulada de 9% e 87%, respectivamente.	Areia grossa bem graduada com ou sem ligante (A-1-b) as porcentagens passantes acumuladas nas peneiras 10, 40 e 200 foram, respectivamente, de 68%, 39% e 13%.
27	Areia bem graduada com silte e presença de pedregulho (SW-SMa). As peneiras número 4 e 200 tiveram retenção acumulada de 17% e 89%, respectivamente. D10 = 0,06 mm; D30 = 0,44 mm; D60 = 2,40 mm; CC = 1,35; CU = 40,08.	Areia grossa bem graduada com ou sem ligante (A-1-b) as porcentagens passantes acumuladas nas peneiras 10, 40 e 200 foram, respectivamente, de 56%, 30% e 11%.

Os pontos característicos representam as seções onde estão inseridos, como mencionado anteriormente, e desta maneira foi disposto no gráfico de seções homogêneas do CBR dinâmico de março as classificações dos solos segundo os sistemas avaliados. Comparativamente, fez uma montagem em que ao lado de cada um desses gráficos colocou os obtidos por Freitas (2019) pelo LFWD em relação ao sistema de classificação em questão. A Figura 38 apresenta os diagramas de seções homogêneas classificados segundo a ASTM

D2487-85 enquanto a Figura 39 para a AASHTO M 145 com os pontos característicos em **negrito** e os pontos delimitadores das seções sublinhados.



**Figura 38 – Seções homogêneas com a avaliação granulométrica dos pontos característicos pela ASTM D2487-85.**

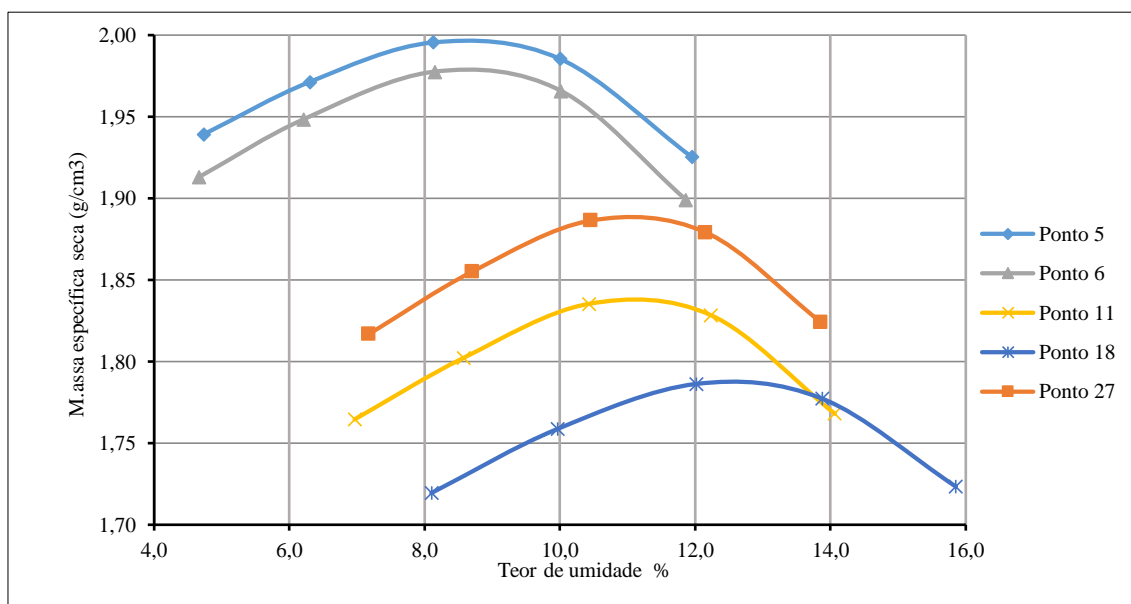


**Figura 39 – Seções homogêneas com a avaliação granulométrica dos pontos característicos pela AASHTO M 145.**

Os resultados por extenso dos ensaios Proctor e CBR em laboratório podem ser verificados nos tópicos G.2 e G.3 dos apêndices. A Tabela 26 apresenta os resultados obtidos para para cada amostra avaliada acompanhados também das classificações granulométricas verificadas anteriormente. A Figura 40 ilustra as curvas de compactação, massa específica seca nas ordenadas por umidade nas abscissas, obtidas pelo Proctor.

**Tabela 26 – Pontos característicos do CBR<sub>a</sub> segundo ensaios de laboratório**

Ponto	Classificação		Massa específica seca máx. (g/cm <sup>3</sup> )	Umidade ótima (%)	CBR 95%
	ASTM	AASHTO			
5	SW-SM a	A1b	2,000	8,5	22
6	SW-SM a	A1b	1,980	8,5	31
11	SW-SM a	A1b	1,840	11	30
18	SM	A1b	1,790	12,5	28
27	SW-SM a	A1b	1,890	11	47



**Figura 40 – Curvas de compactação de cada amostra de solo.**

O grau de compactação foi obtido aplicando a Equação (14) com os resultados de massa específica seca máxima do laboratório e a massa específica seca aferida em campo pelo gamadensímetro. Os valores dos índices medidos pelo ensaio, o resultado do grau de compactação identificado in loco e as diferenças de umidade são expostos pela Tabela 27.

**Tabela 27 – Índices verificados pelo gamadensímetro nos pontos característicos da estrada**

Ponto	Massa específica úmida (g/cm <sup>3</sup> )	Massa específica seca (g/cm <sup>3</sup> )	Umidade (%)	Grau de Compactação (%)	Diferença para umidade ótima (%)
5	2,241	2,138	4,8	107	3,7
6	2,201	2,07	6,3	105	2,2
11	2,072	1,859	11,5	101	0,5
18	1,957	1,748	12	98	0,5
27	1,948	1,783	9,3	94	1,7

As condições que coletou o solo para os ensaios laboratoriais são diferentes das condições em que desempenhou o CBR dinâmico e o LFWD em março. Desta maneira, apenas comparou qualitativamente os valores dos pontos característicos do CBR dinâmico em questão com os valores de CBR laboratorial destes mesmos pontos. A Tabela 28 apresenta esta comparação.

**Tabela 28 – Comparação de CBR<sub>d</sub> e CBR<sub>lab.</sub> e suas diferenças**

Ponto	CBR <sub>d</sub> (%)	CBR lab. 95% (%)	Diferença	Diferença percentual (%)
5	24	22	2	8%
6	23	31	-8	-35%
11	26	30	-4	-15%
18	24	28	-4	-17%
27	17	47	-30	-176%

Também qualitativamente, contrapõem o grau de compactação previsto pela Zorn (2016) a partir de  $E_{vd}$  dos pontos amostrados e o grau de compactação real deles. As supostas classificações granulométricas pela classificação alemã DIN 18 196 foram identificadas segundo a Tabela 10. Além disso, foi necessário enquadrar os resultados de  $E_{vd}$  destes pontos, pela Tabela 11, nos intervalos expostos pela Zorn que predizem o grau de compactação. A Tabela 29 apresenta os pontos segundo a suposta classificação granulométrica pelo sistema alemão, o valor de  $E_{vd}$ , o intervalo que a medida deste parâmetro se inclui, a previsão do grau de compactação pela Zorn e o valor verificado em campo, respectivamente.

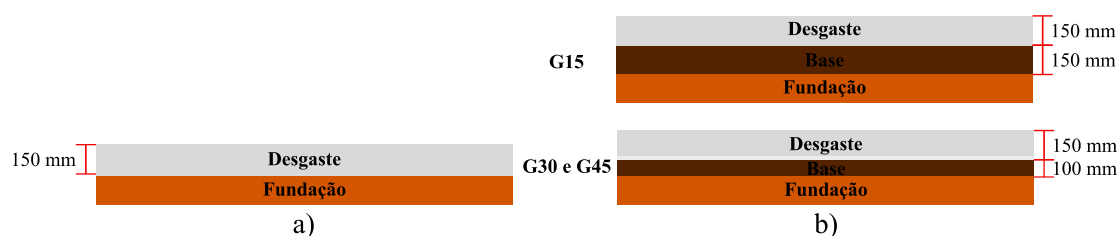
**Tabela 29 – Graus de compactação previstos pela Zorn comparados aos identificados**

Ponto	Classificação	Evd (MPa)	Intervalo de Evd	Grau de Compactação prevista (%)	Grau de Compactação identificado (%)
5	SW	10,36	< 35	≤ 97	107
6	SW	21,21	< 35	≤ 97	105
11	SW	17,77	< 35	≤ 97	101
18	SE	13,42	< 35	≤ 97	98
27	SW	43,21	> 40	≥ 98	94

#### 4.1.4 Dimensionamento da camada de base

Como mencionado na metodologia, foi aplicado o menor valor de CBR obtido em laboratório. As pesquisas anteriores sob o mesmo objeto de estudo empregaram também o menor CBR laboratorial para dimensionar a camada de base segundo o método de estradas principais do ERA (2016), porém não é o mesmo CBR que os processos do ERA a princípio se fundamentaram, o qual seria o CBR advindo do *Dynamic Cone Penetrometer* – DCP. Em contrapartida, os outros métodos não relatam se há algum ensaio em específico que afere CBR e os fundamentou. Assim, discute-se de forma qualitativa o dimensionamento.

O menor valor laboratorial de CBR foi 22% sendo o valor aplicado nos métodos. A seguir, a Figura 41 apresenta os modelos obtidos segundo as duas metodologias do ERA para elaboração das camadas de base para a EBVT não pavimentada.



**Figura 41 – a) Dimensionamento pela metodologia de estradas secundárias; b) Dimensionamento para estradas principais com os cascalhos G15, G30 e G40.**

As Tabelas 2 a 5 foram aplicadas para o dimensionamento pelo referido manual. Em decorrência do CBR utilizado se enquadrar na classe S5, a metodologia para estradas secundárias exigiu apenas uma camada de desgaste em cascalho G15, não requisitando base, enquanto a aplicando como estrada principal solicitou 150 mm para cascalho G15 e G30, e 100 mm para G40 segundo o menor nível de tráfego (10 ESA). Como não há uma estimativa da perda de cascalho por ano da estrada e os demais métodos não definem previamente uma espessura para a camada de desgaste, adotou a espessura desta camada em questão igual a do modelo para estradas secundárias do ERA para os demais casos. Na Figura 42 os modelos segundo o manual da Austroads (2009) e TTF (2020).

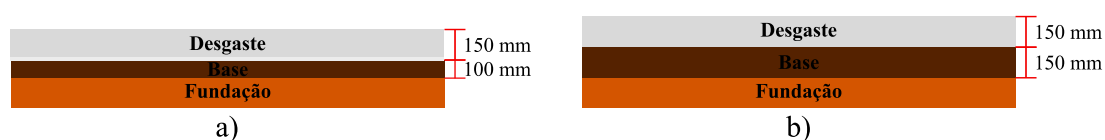


Figura 42 – a) Dimensionamento segundo Austroads; b) Dimensionamento segundo TTF (2020)

Pontua-se que, apesar do TTF (2020) dimensionar para 500.000 ESA sendo, entre as duas tabelas de dimensionamento disponíveis, a que fornece menor esforço de tráfego, dimensionou-se por si para efeitos comparativos, já que exige 50.000 vezes mais que o dimensionamento para estradas principais do ERA e 500 vezes mais que a Austroads (1000 ESA).

Caso o dimensionamento fosse de acordo com o menor valor característico do CBR dinâmico das duas temporadas de ensaio, o  $CBR_d$  base seria de 17% resultando nas mesmas espessuras de camadas dos métodos do ERA, pelo valor se incluir na faixa S5 de resistência de fundação, e do Austroads, ao ser superior a 9%. No método da TTF, este valor de CBR resultaria em uma camada de base de 250 mm, 100 mm maior que a camada obtida pelo valor de laboratório, por ser menor que 20% e superior a 10%. Por fim, Freitas (2019), que dimensionou apenas pelo método de estrada principais do ERA, havia alcançado espessuras de base iguais as que este trabalho conseguiu na mesma metodologia, em virtude do CBR utilizado para fundação ser igual a 20 %, conseqüentemente, também ser classe S5.

### 4.1.5 Considerações Adicionais

Apesar de não possuir um pluviômetro próximo da estrada em estudo para fornecer a precipitação que a atingiu durante o período que antecedeu a execução dos ensaios dinâmicos, é possível avaliar o impacto da pluviosidade sobre eles com os dados de precipitação disponíveis para Bragança os quais estão contidos no apêndice H. É sensato devido à proximidade entre as localidades, mesmo que não seja o ideal (no caso com dados do próprio local).

Como discutido anteriormente, os ensaios *in loco* posteriores (de março), majoritariamente, tiveram resultados mais baixos que os ensaios da primeira execução. Desta maneira, foi avaliado se a precipitação seria uma possível causa para a queda dos parâmetros de capacidade de carga. A Figura 43, que apresenta resultados de precipitação de até um mês antes da execução de uma temporada de ensaios (em semanas, em que cada uma agrega resultados ocorridos em si), ilustrou que o solo da estrada não é sensível a água, já que em Março, temporada de ensaios que se obteve os menores parâmetros de capacidade carga, é relativo a um período que ocorreu volumes de precipitação menores do se comparado aos relativos a Dezembro. Assim, de acordo também com as classificações granulométricas obtidas para as amostras de solo colhidas que identificaram solos não sensíveis a água.

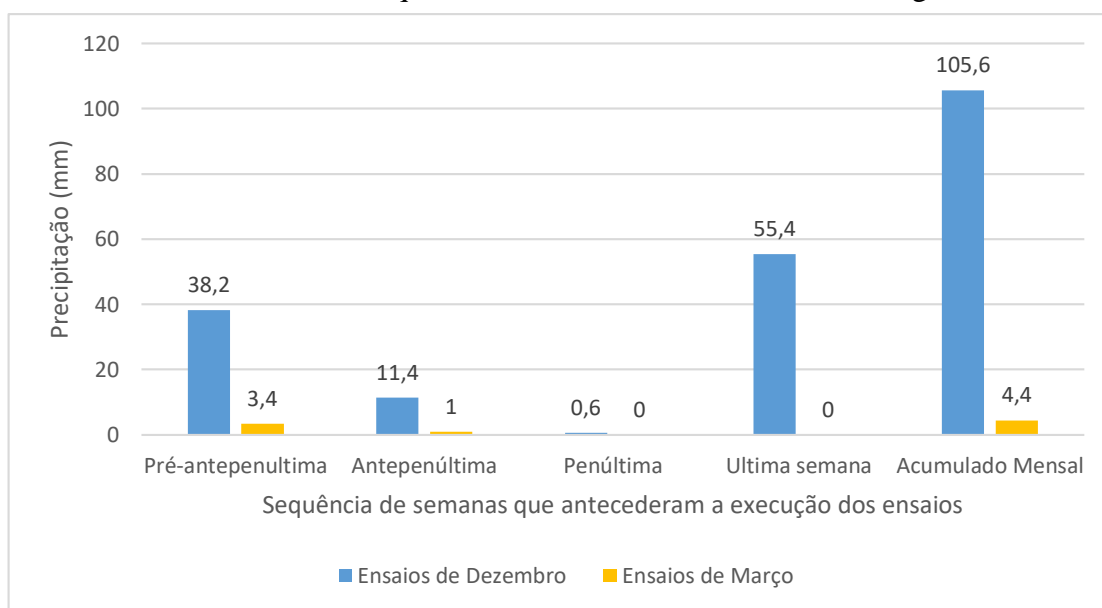


Figura 43 – Análise das precipitações anteriores aos ensaios

## 4.2 Avaliação Funcional

### 4.2.1 Avaliação pelo método de Cabette (2018)

#### 4.2.1.1 Resultados para seções de seis metros

A prática desempenhada nos estudos anteriores, avaliando a estrada por inspeções descontínuas em seções de seis metros de extensão, foi processada segundo as Tabelas 30 e 31 as quais abrangem, respectivamente, degradações superficiais e irregularidades de drenagem identificadas durante a inspeção e aplicadas na metodologia de Cabette (2018) até obtenção do IGG. As seções examinadas individualmente se encontram no Apêndice H totalizando 31 planilhas. As fichas de inspeção utilizadas, como pontuado anteriormente, estão reproduzidas no Apêndice B, em B.1 especificamente para seções de seis metros.

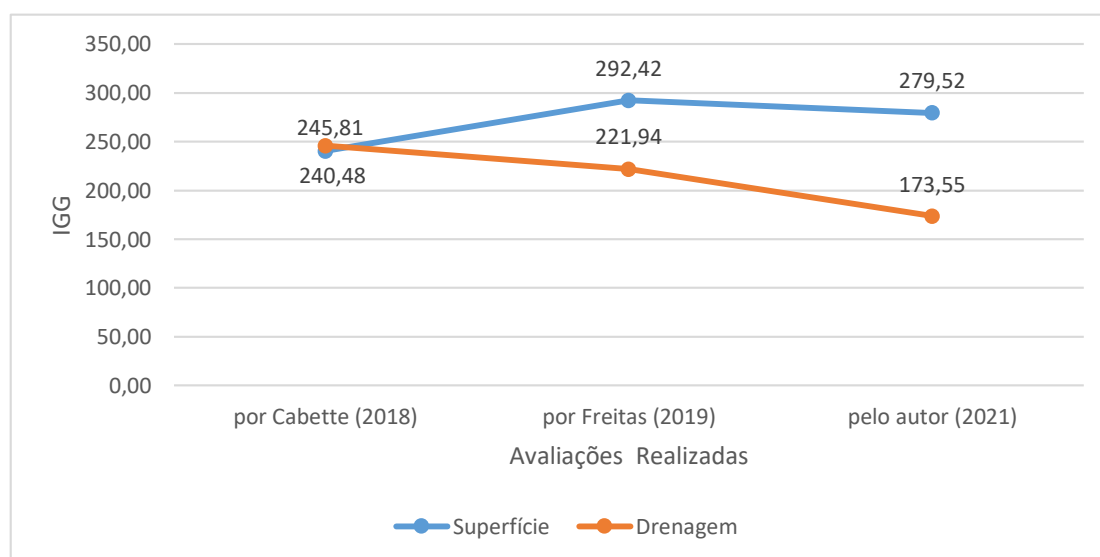
**Tabela 30 – Avaliação das condições superficiais da via para seções de seis metros de extensão**

Item	Degradação	Níveis de Severidade	Frequência absoluta	Frequência relativa	Fator de ponderação	IGI
1	ONDULAÇÕES	baixo	2	6,45	0,70	4,52
		médio	0	0,00	0,85	0,00
		elevado	0	0,00	1,00	0,00
2	BURACOS	baixo	3	9,68	0,70	6,77
		médio	1	3,23	0,85	2,74
		elevado	0	0,00	1,00	0,00
3	AFUNDAMENTOS	baixo	53	170,97	0,70	119,68
		médio	29	93,55	0,85	79,52
		elevado	1	3,23	1,00	3,23
4	PERCURSO DE EROSÃO	baixo	4	12,90	0,70	9,03
		médio	0	0,00	0,85	0,00
		elevado	0	0,00	1,00	0,00
5	CASCALHO SOLTO/PERDA DE AGREGADOS	baixo	29	93,55	0,50	46,77
		médio	3	9,68	0,75	7,26
		elevado	0	0,00	0,80	0,00
6	POEIRA	baixo	0	0,00	0,25	0,00
		médio	0	0,00	0,30	0,00
		elevado	0	0,00	0,35	0,00
<b>número total de seções</b>		31	<b><math>\Sigma</math>IGI = IGG</b>			279,52

**Tabela 31 – Avaliação das condições de drenagem da via para seções de seis metros de extensão**

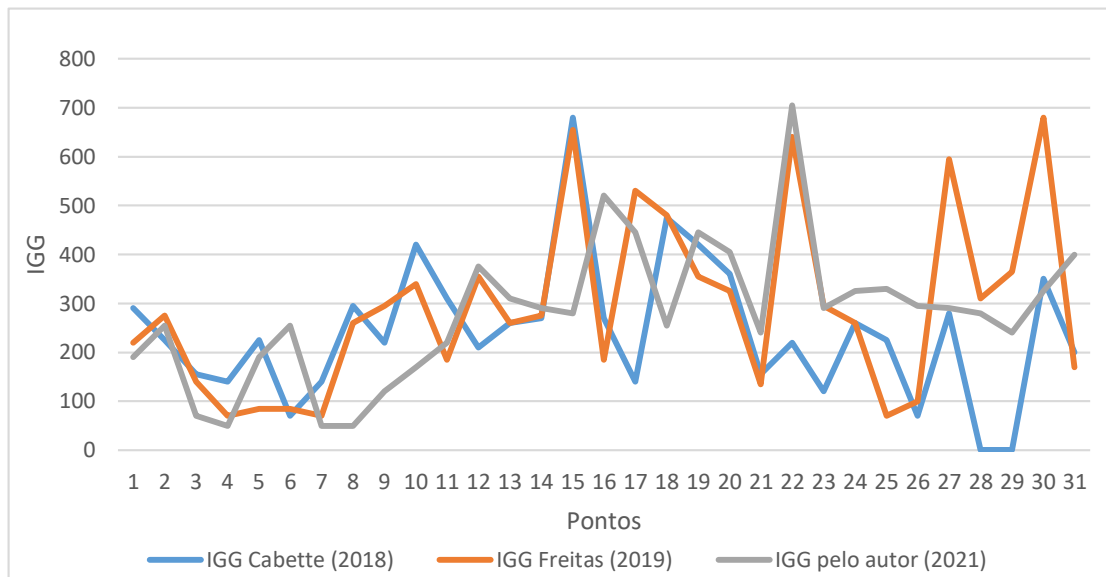
Item	Irregularidade	Níveis de Severidade	Frequência absoluta	Frequência relativa	Fator de ponderação	IGI
1	INCLINAÇÃO TRANSVERSAL INCORRETA	Não há	7	22,58	1,00	22,58
2	ACOSTAMENTOS /BERMA ELEVADOS	baixo	12	38,71	0,50	19,35
		médio	0	0,00	0,75	0,00
		elevado	0	0,00	1,00	0,00
3	BUEIROS/GALERIAS/AQUEDUTOS INEXISTENTES	Não há	10	32,26	1,00	32,26
4	VALAS INEXISTENTES	Não há	26	83,87	1,00	83,87
5	CRESCIMENTO DA VEGETAÇÃO/ SEDIMENTOS NA VALA	baixo	6	19,35	0,20	3,87
		médio	2	6,45	0,60	3,87
		elevado	3	9,68	0,80	7,74
<b>número total de seções</b>		31		<b>∑IGI = IGG</b>		173,55

A Tabela 17 que fornece o correspondente estado da estrada em relação ao IGG, tanto para defeitos superficiais como para não conformidades de drenagem, transmitiu que a estrada se encontra em estado péssimo em ambos os aspectos, apesar do IGG do primeiro grupo ser 100 pontos acima do segundo. A avaliação desempenhada por este trabalho verificou a melhor condição relacionada a drenagem, entretanto o melhor estado superficial da via foi por Cabette (2018) com uma diferença considerável para as outras pesquisas. A Figura 44 apresenta os valores de IGG obtidos pelas avaliações em seções de seis metros segundo o método de Cabette (2018) desempenhadas até o momento sobre a estrada em questão.

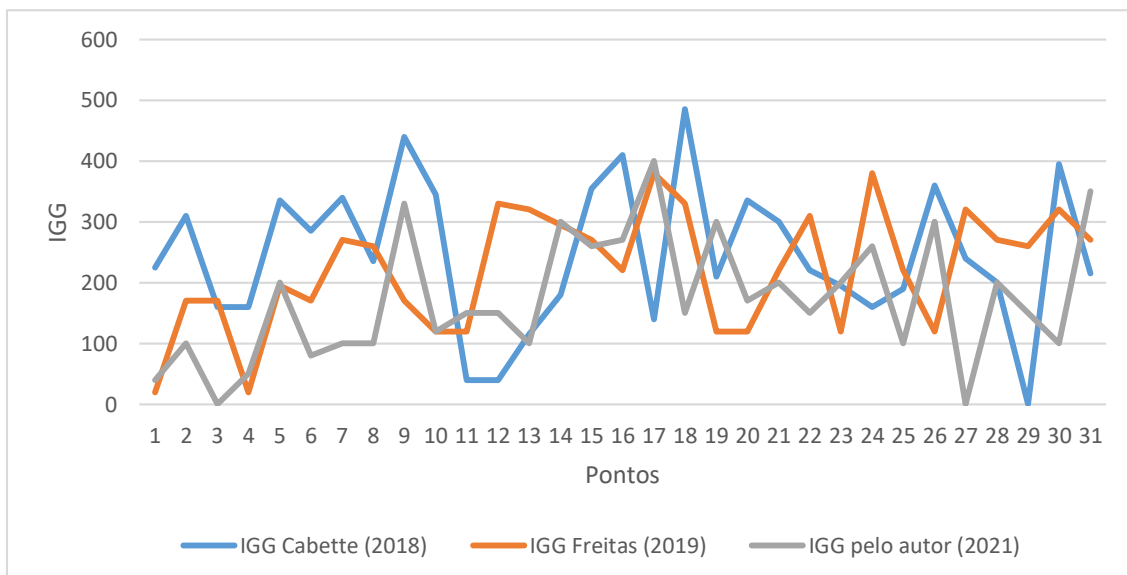


**Figura 44 – IGG das avaliações funcionais desempenhadas pelo método de Cabette de 2018 a 2021.**

As Figuras 45 e 46 foram desenvolvidas para examinar os diferentes IGG, respectivamente, das degradações superficiais e das irregularidades de drenagem da estrada verificadas ao longo das seções pelas avaliações desenvolvidas em diferentes trabalhos. No apêndice I há a Tabela I.1 que desempenhou os cálculos referentes a estas figuras.



**Figura 45 – IGG de degradações superficiais pelas seções de inspeção ao longo das avaliações feitas.**



**Figura 46 – IGG de irregularidades de drenagem pelas seções de inspeção ao longo das avaliações feitas.**

Não houve muitas discrepâncias a nível de seção (Figura 45 e 46) entre as avaliações feitas nos três trabalhos, ou seja, a estrada se demonstra em um estado similar aos estados já observados. Houve poucos pontos da avaliação deste trabalho que mostraram divergências maiores como 6, 8, 10, 15, 18 e 26 que tiveram diferença de ao menos 170 pontos no IGG de

defeitos superficiais em relação aos outros trabalhos e os pontos 3, 7, 8, 18, 26 e 30 para as irregularidades de drenagem com diferença de 135 pontos.

#### 4.2.1.2 Resultados e discussão sobre seções de dez metros

A avaliação da estrada baseada em seções de dez metros, dois metros a mais em cada direção das seções de seis metros, apresentou uma diferença considerável no grupo de degradações superficiais em relação a avaliação anterior. Foram 19 novos defeitos identificados que, em conjunto com as degradações observadas nas seções menores de seis metros, totalizaram 144 degradações nas seções de dez metros. Além disso, houve defeitos que alteraram de nível de severidade, destacando nove afundamentos que, ao terem se prolongado adiante das seções menores, aumentaram de profundidade somente nos espaços pertinentes as seções de dez metros. Em consequência a tudo isso, o IGG da estrada para defeitos apresentou uma diferença de 46,13 pontos que correspondem a 16,5% do IGG das seções de seis metros. A avaliação sobre os defeitos, condições superficiais, segundo este tamanho de seção é apresentada na Tabela 32.

**Tabela 32 – Avaliação das condições superficiais da via para seções de dez metros de extensão**

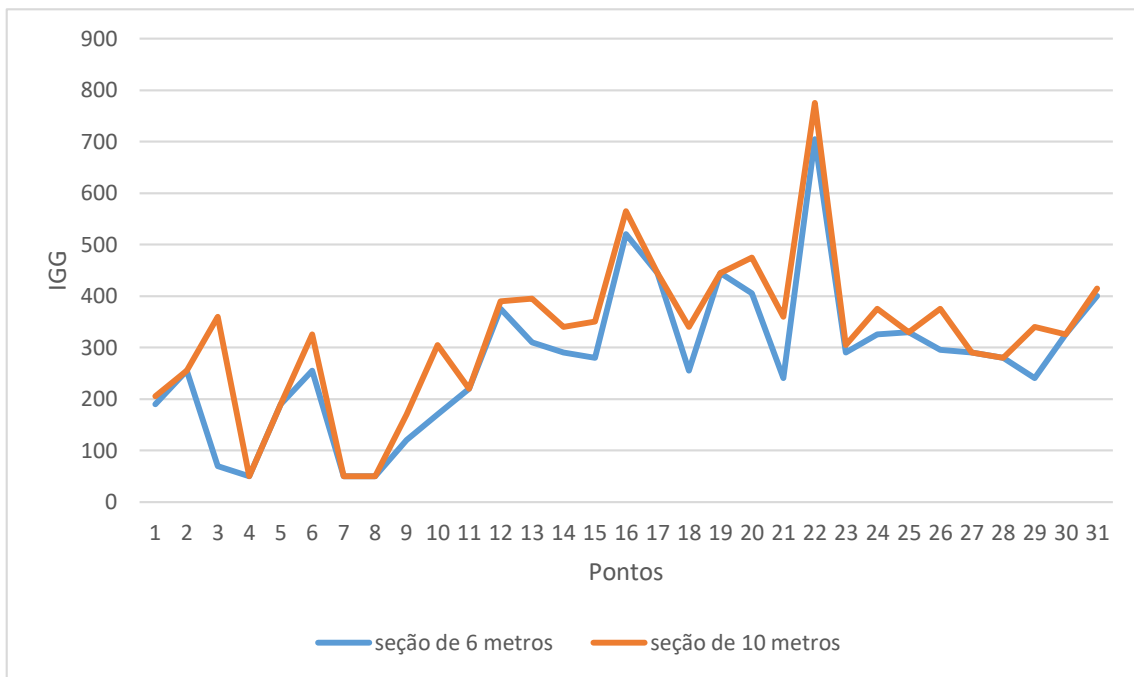
Item	Degradação	Nível de Severidade	Frequência absoluta	Frequência relativa	Fator de ponderação	IGI
1	ONDULAÇÕES	baixo	4	12,90	0,70	9,03
		médio	1	3,23	0,85	2,74
		elevado	0	0,00	1,00	0,00
2	BURACOS	baixo	7	22,58	0,70	15,81
		médio	3	9,68	0,85	8,23
		elevado	0	0,00	1,00	0,00
3	AFUNDAMENTOS	baixo	44	141,94	0,70	99,35
		médio	38	122,58	0,85	104,19
		elevado	2	6,45	1,00	6,45
4	PERCURSO DE EROSÃO	baixo	5	16,13	0,70	11,29
		médio	0	0,00	0,85	0,00
		elevado	1	3,23	1,00	3,23
5	CASCALHO SOLTO/PERDA DE AGREGADOS	baixo	36	116,13	0,50	58,06
		médio	3	9,68	0,75	7,26
		elevado	0	0,00	0,80	0,00
6	POEIRA	baixo	0	0,00	0,25	0,00
		médio	0	0,00	0,30	0,00
		elevado	0	0,00	0,35	0,00
<b>número total de seções</b>		31	<b>∑IGI = IGG</b>			<b>325,65</b>

A avaliação do sistema de drenagem não apresentou diferenças tão vultuosas quanto a avaliação das degradações superficiais. Foram constatados 6 novos problemas que não estavam presentes nas seções menores os quais repercutiram na diferença de IGG de 14,35 pontos que correspondem a 8,3% da avaliação de drenagem das seções de seis metros. Não é um número inexpressivo de novas falhas visto que seis correspondem a 9% do número total de irregularidades auscultadas em seções de seis metros. A Tabela 33 apresenta a avaliação do sistema de drenagem da estrada por seções de dez metros.

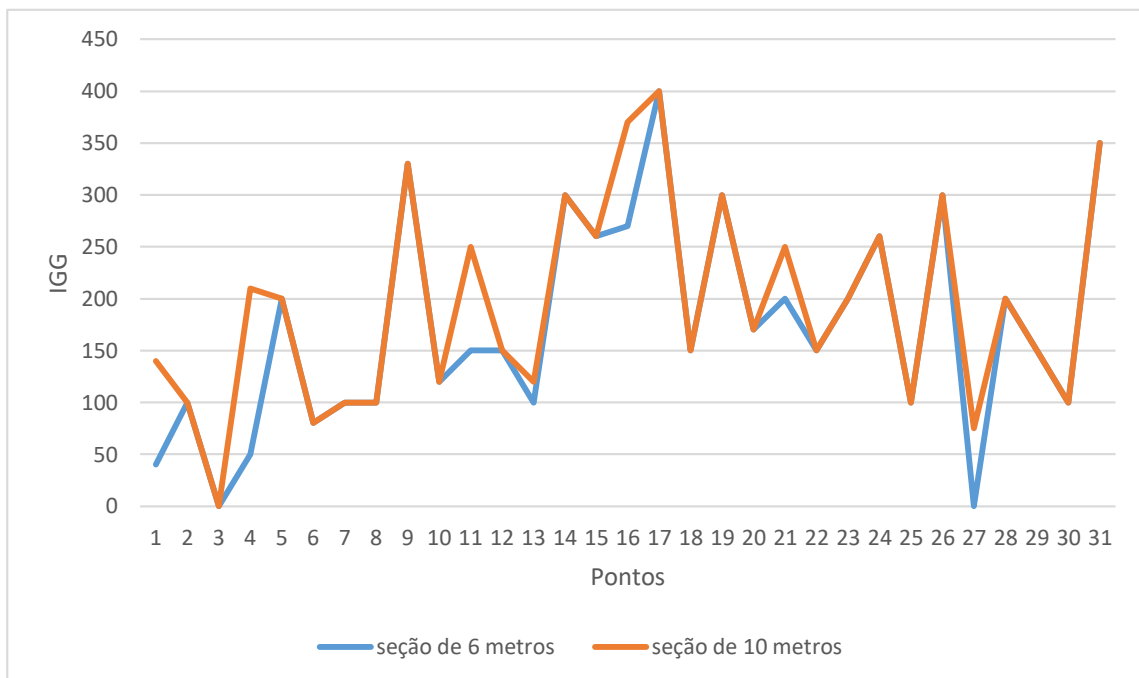
**Tabela 33 – Avaliação das condições de drenagem da estrada para seções de dez metros de extensão**

Item	Irregularidade	Nível de Severidade	Frequência absoluta	Frequência relativa	Fator de ponderação	IGI
1	INCLINAÇÃO TRANSVERSAL INCORRETA	-	7	22,58	1,00	22,58
2	ACOSTAMENTOS /BERMA ELEVADOS	baixo	13	41,94	0,50	20,97
		médio	1	3,23	0,75	2,42
		elevado	0	0,00	1,00	0,00
3	BUEIROS/GALERIAS/AQUEDUTOS INEXISTENTES	-	12	38,71	1,00	38,71
4	VALAS INEXISTENTES	-	27	87,10	1,00	87,10
5	CRESCIMENTO DA VEGETAÇÃO/ SEDIMENTOS NA VALA	baixo	7	22,58	0,20	4,52
		médio	2	6,45	0,60	3,87
		elevado	3	9,68	0,80	7,74
<b>número total de seções</b>		31		<b>∑IGI = IGG</b>		187,90

Os gráficos das Figuras 47 e 48 indicam as diferenças a nível de seção para as diferentes extensões avaliadas. Foram 19 seções que registraram diferentes IGG em relação a degradações superficiais e seis em relação a irregularidades de drenagem, sendo apenas dez seções que não tiveram alteração alguma. A Tabela 34 fornece os cinco pontos que mais tiveram alteração de IGG ao contrapor os resultados obtidos em seções de tamanho diferente, destacando entre eles os pontos 3 e 11 característicos do ensaio LFWD desempenhado em março e o ponto 16 que também teve seção submetida a avaliação URCI por ter sido julgada em estado avançado de deterioração. A tabela G.2 há a diferença de IGG para todas as seções segundo a análise sobre os grupos de defeitos e drenagem.



**Figura 47 – Variação dos IGG de defeitos superficiais de acordo com o tamanho da seção de inspeção.**



**Figura 48 – Variação dos IGG relativos a drenagem de acordo com o tamanho da seção de inspeção.**

**Tabela 34 – Pontos com as maiores diferenças de IGG de uma extensão de seção para outra**

Degradações Superficiais			Irregularidades de Drenagem		
Pontos	Diferença na nota	em %	Pontos	Diferença na nota	em %
3	290	414,3%	1	100	250,0%
10	135	79,4%	11	100	66,7%
21	120	50,0%	16	100	37,0%
29	100	41,7%	27	75	750
18	85	33,3%	21	50	25,0%

#### 4.2.2 Avaliação por URCI (1992) e comparação com Cabette (2018)

A coleta de dados para aplicar a metodologia de Eaton e Beaucham (1992) foi efetuada sobre seções de seis e dez metros referente aos mesmos pontos. Em razão de ser um processo mais demorado de inspeção, foi feita a coleta de dados sobre as seções correspondentes aos pontos característicos do LFWD de março. O ponto 16 também foi avaliado por URCI por julgá-lo em um estado avançado de deterioração superficial. As avaliações de cada seção por este processo estão localizadas no Apêndice L, sendo L.1 para seções de seis metros e L.2 para seções de dez metros. Utilizou nestas planilhas a seguinte pontuação para separar os defeitos identificados em cada seção dentro de um certo nível de severidade: “; ” foi utilizado para separar uma série de degradações com o mesmo comprimento longitudinal e ”|” distingue uma degradação superficial que tem comprimento longitudinal diferente da anterior citada.

No panorama geral, em razão de se basear na proporção que as degradações estão inseridas no espaço auscultado, não houve diferenças consideráveis causadas pela mudança de tamanho das seções. A Tabela 35 apresenta as notas de URCI para diferentes comprimentos de seção, a variação entre estas notas segundo o método e, para efeito comparativo, a variação nas mesmas seções, mas avaliadas segundo o método de Cabette.

**Tabela 35 – Avaliação das condições superficiais por URCI em diferentes extensões de seção**

Seções	Nota 6 metros	Nota 10 metros	Variação de notas URCI	Variação de notas Cabette
3	93	60	35%	414,3%
11	78	78	0%	0,0%
12	77	76	1%	4,0%
16	79	76	4%	8,7%
19	76	82	8%	0,0%
22	43	62	44%	9,9%
26	82	77,5	5%	27,1%
<b>Nota da Estrada</b>	75,4	73,1	3%	17%

É perceptível que as variações nas notas de URCI ocorreram quando houveram também variações nas notas de Cabette, destacando que neste último foram consideravelmente mais acentuadas que as do primeiro, no geral. As exceções são as seções dos pontos 19 e 22. O troço de dez metros do ponto 19 não registrou muito prolongamento das degradações, apenas três das seis observadas em seis metros se prolongaram, sendo que uma delas foi apenas dois metros. A razão para a diferença ser maior em URCI e não em Cabette no ponto 22 foi devido o registro apenas de uma nova degradação na seção de dez metros e não ocorrer mudança de severidades nas demais 10 degradações já observadas na seção de seis metros. Consequentemente a esses dois fatos, foi irrisória a alteração ocorrida na avaliação de Cabette em diferentes comprimentos de seção neste ponto. Por outro lado, no método URCI registrou diferença de 10 no TVD devido ao buraco de nível elevado que apresentou uma proporção maior na seção de seis metros causando um VD consideravelmente maior neste caso. O nomograma de buracos dentre os demais é o que tem as linhas com maior declividade o que explica a grande alteração no valor de VD.

### 4.2.3 Sugestão de modificação na avaliação de Cabette (2018)

A pouca variação observada no método URCI entre seções de tamanhos diferentes (julgando ser a razão disto a filosofia de quantificar degradações pela densidade) justifica a implementação de uma segunda etapa ao método de Cabette com a mesma filosofia do método de Eaton e Beauchum. É planejado implementar este passo tendo em mente a aplicação futura do método de Cabette em seções de dez metros de extensão visto que, como observado nos

tópicos anteriores, houve uma grande diferença para o grupo de defeitos, 100 pontos de IGG que distanciaram a avaliação da estrada por seções de dez metros da avaliação de seis metros.

Contudo, não se pretende implementar esta etapa em todos as seções de avaliação devido à etapa possuir como influência o método URCI que, como já discutido, possui inspeções consideravelmente mais demoradas que o de Cabette o qual tem como vantagem a rapidez e facilidade de aplicação. Os pontos cujas seções se pretende executar esta etapa são os pontos característicos de uma estrada visto que pelo olhar mecânico estes pontos representam o comportamento da estrada como um todo. No caso do passo exposto a seguir para esta estrada, em decorrência de utilizar os dados coletados anteriormente para URCI, aplicou sobre as seções em que os pontos característicos eram do ensaio LFWD de março e do ponto julgado em estado severo de deterioração durante a inspeção, no entanto, destaca-se que outro método mecânico pode ser utilizado para obter os pontos dos quais as seções são submetidas à etapa detalhada.

O layout ilustrado na Figura 49 é o que deve ser empregado para avaliar segundo esta etapa a qual recebe o nome de “Etapa Detalhada”. A avaliação pela contabilização de Cabette (2018) consistiria no primeiro passo e ficaria conhecida como “Etapa padrão”.

Item	Degradação	Comprimento (cm)	Largura (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	Densidade (%)	Fator de ponderação	IGI
1	ONDULAÇÕES	baixo				0,70	
		médio				0,85	
		elevado				1,00	
2	AFUNDAMENTOS	baixo				0,70	
		médio				0,85	
		elevado				1,00	
3	PERCURSO DE EROSÃO	baixo				0,70	
		médio				0,85	
		elevado				1,00	
4	CASCALHO SOLTO/PERDA DE AGREGADOS	baixo				0,50	
		médio				0,75	
		elevado				0,80	

		Diâmetro (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	Densidade (%)	Fator de Ponderação	
5	BURACOS	baixo				4,20
		médio				5,10
		elevado				6,00
<b>número total de seções</b>						<b>∑IGI = IGG</b>

Figura 49 – Layout para etapa proposta ao método de Cabette.

O layout para a etapa detalhada é parecido com a etapa comum de 2018 por Cabette. As alterações feitas no layout da etapa comum consistem na adoção de espaços para

preenchimento das dimensões e áreas das degradações no lugar das frequências que não são empregadas no processo detalhado. O fator de ponderação dos buracos também está diferente, seis vezes maior em relação a etapa convencional, decorrente de serem degradações localizadas que, diferentemente das outras, não precisam de grandes áreas para afetar consideravelmente a via, e se estão abundantemente no trecho evidenciam condições severamente críticas.

A ponderação dos buracos para a etapa detalhada foi fundamentada na observação do nomograma deste tipo de degradação no URCI com os demais do método, presentes do anexo O. Sob uma mesma densidade, a degradação buracos recebia valores entre seis a sete vezes maiores que as demais degradações. Por exemplo, na densidade de 5 % enquanto os afundamentos recebiam valores dedutivos (VD) de 14, 10 e 7 respectivos a alto, médio e baixo, os buracos tinham como resposta os VD de 85,62 e 43 respectivamente.

São utilizados os dados coletados para a avaliação URCI nesta etapa para exemplificar a aplicação de dados por este novo procedimento sugerido à metodologia de Cabette. Os resultados mostrados a seguir foram obtidos das análises em seções de seis e dez metros para avaliar também a variação de resultados na etapa segundo seções de tamanhos diferentes. As planilhas da etapa detalhada estão no apêndice M. A Tabela 36 apresenta os resultados de IGG detalhado para as duas configurações de seções junto da variação de resultados de uma para a outra.

**Tabela 36 – Valores de IGG detalhado**

<b>Ponto</b>	<b>IGG 6 metros</b>	<b>IGG 10 metros</b>	<b>Variação</b>	<b>Variação Percentual</b>
<b>3</b>	0,02	13,93	13,91	79.061%
<b>11</b>	13,33	13,33	0,00	0%
<b>12</b>	13,99	14,36	0,37	3%
<b>16</b>	17,46	18,99	1,53	9%
<b>19</b>	17,29	13,78	3,51	20%
<b>22</b>	31,27	24,18	7,09	23%
<b>26</b>	12,34	12,27	0,07	1%

A maior variação de resultado entre seções ocorreu no ponto 3 atingindo o valor de 79.601%. A razão para isto seria que na seção de seis metros houve apenas um buraco de baixa gravidade, enquanto na seção de dez metros observou mais dois buracos, ambos de média gravidade e maiores em diâmetro se comparado ao buraco registrado na seção de seis metros, além de mais duas diferentes degradações sendo uma delas uma erosão de alta severidade.

As equações a seguir indicam como proceder para obter a nota total segundo o processo exposto anteriormente em “n” seções e o final que inclui também a etapa padrão que consistia no método de Cabette (2018). A Tabela 37 apresenta os resultados alcançados pelas equações mencionadas.

$$IGG_{det.total} = \frac{IGG_{detalhado\ 1} + \dots + IGG_{detalhado\ n}}{n} \quad (15)$$

$$IGG_{final} = \frac{IGG_{padrão} + (25 \text{ a } 28 * IGG_{det.total})}{2} \quad (16)$$

**Tabela 37 – Valores dos diferentes IGG de acordo com tamanho da seção**

<b>Comprimento de Seção</b>	<b>IGG<sub>det.total</sub></b>	<b>IGG<sub>padrão</sub></b>	<b>IGG<sub>final</sub></b>
6 Metros	15,10	279,52	351,16
10 Metros	15,84	325,65	384,52

Os IGG<sub>det.total</sub> não mostraram grande variação de notas ao compara-los entre si, registrando apenas uma diferença de 0,74 pontos que representa apenas 4,9% de diferença do parâmetro de seções de dez metros para seções de seis metros. O IGG<sub>final</sub> calculado pela Equação 16 resultou em 351,16 e 384,16, respectivamente, para seções de seis metros e dez metros o que continua representando, apesar das grandes diferenças para o IGG<sub>padrão</sub>, uma estrada em péssimo estado segundo a Tabela 17.

### 4.3 Relação entre condição mecânica e condição funcional

Os pontos com os maiores e menores valores de E<sub>vd</sub> e CBR foram relacionados aos IGG da avaliação funcional em seções de dez metros. O propósito disto é discutir qual dos ensaios teve maior afinidade com trechos avaliados mais degradados e mais conservados. As Tabelas 38 e 39 apresentam respectivamente a associação dos seis menores e maiores E<sub>vd</sub> com seus IGG, enquanto para CBR<sub>d</sub>, as Tabelas 40 e 41 desempenham esses papéis pela mesma ordem lógica.

**Tabela 38 – Pontos com menor  $E_{vd}$  de março relacionados a avaliação funcional**

Pontos	$E_{vd}$ (MPa)	IGG (seções de 10 m)		Colocação segundo maiores IGG	
		Defeitos	Drenagem	Defeitos	Drenagem
16	9,26	565	370	2°	2°
30	10,16	325	100	17° a 18°	22°
5	10,36	190	200	26°	11° a 13°
26	10,47	375	300	8° a 9°	4° a 6°
28	12,35	280	200	22°	11° a 13°
19	12,52	445	300	4° a 5°	4° a 6°
<b>Média</b>		363	245	-	-
<b>Dif. % em relação ao IGG de toda a estrada</b>		11,6%	30,4%	-	-

**Tabela 39 – Pontos com maior  $E_{vd}$  de março relacionados a avaliação funcional**

Pontos	$E_{vd}$ (MPa)	IGG (seções de 10 m)		Colocação segundo maiores IGG	
		Defeitos	Drenagem	Defeitos	Drenagem
9	49,78	170	330	4°	28°
27	43,21	290	75	10°	3°
17	40,52	445	400	26° a 27°	30°
7	39,94	50	100	2°	5° a 9°
14	37,71	340	300	16° a 18°	25° a 27°
13	31,13	395	120	25°	10° a 11°
<b>Média</b>		282	221	-	-
<b>Dif. % em relação ao IGG de toda a estrada</b>		-13,5%	17,5%	-	-

**Tabela 40 – Pontos com menor  $CBR_d$  relacionados a avaliação funcional**

Pontos	$CBR_d$ (%)	IGG (seções de 10 m)		Colocação segundo menores IGG	
		Defeitos	Drenagem	Defeitos	Drenagem
27	17	290	75	21°	28°
26	20	375	300	8° a 9°	4° a 6°
29	22	340	150	13° a 15°	15° a 18°
6	23	325	80	17° a 18°	27°
5	24	190	200	26°	11° a 13°
18	24	340	150	13° a 15°	15° a 18°
<b>Média</b>		310	159	-	-
<b>Dif. % em relação ao IGG de toda a estrada</b>		-4,8%	-15,3%	-	-

**Tabela 41 – Pontos com maior CBR<sub>d</sub> relacionados a avaliação funcional**

Pontos	CBR <sub>d</sub> (%)	IGG (seções de 10 m)		Colocação segundo menores IGG	
		Defeitos	Drenagem	Defeitos	Drenagem
8	54	50	100	1° a 3°	5° a 9°
12	50	390	150	24°	13° a 16°
14	48	340	300	16° a 18°	25° a 27°
4	47	50	50	1° a 3°	2°
10	42	305	120	11° a 12°	10° a 11°
7	39	50	100	1° a 3°	5° a 9°
<b>Média</b>		198	137	-	-
<b>Dif. % em relação ao IGG de toda a estrada</b>		-39,4%	-27,3%	-	-

Os valores mais baixos de  $E_{vd}$  se correlacionaram bem com os pontos mais degradados superficialmente obtendo média para IGG acima da nota da estrada e também apresentou três dos seis menores  $E_{vd}$  nas quinze primeiras posições dos IGG mais altos em defeitos. A afinidade de  $E_{vd}$  baixos com sistema de drenagem irregular se mostrou mais alta ainda com média de IGG deste grupo, nos pontos selecionados, sendo 30,4% maior que o IGG global da estrada. Entretanto, a deformabilidade dinâmica não se correlacionou tão bem no espectro inverso: os maiores valores de  $E_{vd}$  não apresentaram os IGG mais baixos de drenagem, tendo média mais alta que a nota da estrada nesta questão. Os  $E_{vd}$  mais altos se discutidos com seus respectivos IGG de degradações superficiais, ao contrário do comportamento frente a drenagem, apresentaram média menor e afinidade relativamente boa.

Em relação ao CBR dinâmico, suas menores medidas registraram médias de IGG mais baixas que a média global do caminho, tanto para defeitos quanto para irregularidades de drenagem, sendo que intuitivamente deveriam apresentar médias maiores. Por outro lado, apresentou alta afinidade dos maiores valores de CBR<sub>d</sub> com os menores IGG: as médias destes valores tiveram diferenças percentuais em relação aos IGG da estrada de -39,4% e -27,3%, respectivos a defeitos e drenagem os quais são valores, neste aspecto, melhores que os apresentados pelo  $E_{vd}$ .

Entre os dois ensaios, o LFWD apresentou afinidade em mais situações que o CBR. O LFWD apresentou afinidade em 3 das 4 comparações feitas, onde apenas os maiores valores de  $E_{vd}$  contrariaram a lógica e tiveram IGG acima da média quanto a drenagem.

Complementando a análise da situação mecânica com a funcional, as Tabelas I.3 a I.6 analisam a partir da ótica funcional: segundo as seções com maiores e menores IGG foi identificado as posições que os seus respectivos valores de  $E_{vd}$  e  $CBR_d$  de março se apresentam na ordem de distribuição e os percentuais de queda ou crescimento ao compara-los com os valores de dezembro.

# Capítulo 5

## 5 Conclusão

Esta dissertação buscou investigar a condição mecânica e funcional da EBVT em estudo por diferentes meios. Estudos prévios realizados sobre a mesma estrada justificaram algumas propostas metodológicas adotadas neste trabalho. Por exemplo, a avaliação funcional por Cabette (2018) com inspeções descontínuas em trechos de seis metros de extensão longitudinal foi aplicada e, em comparação às avaliações passadas, identificou um quadro melhor do sistema de drenagem o qual era apontado como um dos maiores problemas da estrada. Apesar do IGG mais baixo em relação as avaliações do passado, a classificação do sistema de drenagem se encontra como péssimo assim como o estado superficial da estrada. Em razão do método ter sido fundamentado em inspeções descontínuas de seis metros de certos trechos da estrada, esta pesquisa se propôs a analisar o impacto causado em sua avaliação se as seções de inspeção fossem um pouco maiores, com dez metros. O resultado disso foi um impacto considerável na nota final da avaliação, principalmente com relação as degradações superficiais.

A variação entre as avaliações de seis e dez metros pelo método de Cabette foram consideravelmente altas se comparado com as avaliações do método URCI (1992) sobre as mesmas seções. Foi julgado que a razão para isso foi a quantificação de defeitos por densidade do método americano. Desta maneira, elaborou uma nova etapa para o método de Cabette baseado na proporção que as degradações superficiais têm em relação a seção de auscultação a qual se demonstrou bastante consistente ao não variar muito na demonstração feita com os dados coletados para URCI segundo diferentes extensões de seções.

Ao fim de toda a discussão funcional gerada, também obteve como produto um catálogo elaborado para auxiliar na identificação das irregularidades de drenagem e defeitos superficiais na estrada além de orientar no preenchimento de fichas de inspeção para coleta de dados segundo as quantificações do método de Cabette e URCI sendo considerado extremamente útil para futuras avaliações funcionais em estradas não ligadas.

A respeito dos ensaios dinâmicos, o LFWD desempenhado em dezembro apresentou geometria parecida no gráfico do método de diferenças acumuladas em relação a execução desempenhada por Freitas (2019) e apesar do aspecto de queda de capacidade de carga, os pontos característicos representaram uma estrada com condição estrutural pouco inferior a atestada pela autora. Por outro lado, os ensaios de março denotaram uma redução considerável nos parâmetros resistentes dos ensaios e uma estrada fragilizada se comparada as avaliações anteriores. Não houve correlação forte entre os todos os dados dos ensaios de uma temporada, entretanto, quando restringiu à duas seções dos ensaios de dezembro houve correlações altas, com  $R^2$  próximos de 0,9.

Os ensaios laboratoriais em conjunto com o gamadensímetro demonstraram uma estrada com ótimo grau de compactação nas amostras colhidas contrapondo os resultados dinâmicos de março. Possivelmente a razão seja que houve uma nova compactação da estrada durante o intervalo que sucedeu os ensaios dinâmicos de março e a coleta de amostras de solo. Por fim, segundo o menor CBR laboratorial obtido, o método de estradas principais do ERA (2016) apresentou como aprimoramento da estrada opções iguais as obtidas por Freitas (2019) no mesmo método. A outra metodologia do manual etíope sugeriu apenas empregar uma camada de desgaste na estrada enquanto outros referenciais, os quais majoravam o esforço sobre a estrada, sugeriram camadas de mesmas espessuras às opções do método de estradas principais do ERA (2016).

## Sugestões para Futuros Trabalhos

- Utilizar o gamadensímetro em conjunto com os ensaios LFWD e CBR dinâmico para fazer correlações em que os ensaios não fiquem somente em função do outro, mas também em função dos índices físicos;

- Possivelmente, também com o Gamadensímetro, medir umidades em campo durante a aplicação do CBR dinâmico e verificar a correlação com CBR em laboratório, empregando uma análise similar a realizada por Adamska e Sulewska (2015);
- Aplicar Georadar para obter o perfil estratigráfico da estrada e estudá-la sob as diferentes camadas de solo presentes pelo padrão de ondas do equipamento;
- Implementar um contador automático de veículos na estrada do estudo para utilizar metodologias de dimensionamento que considerem o tráfego como principal fator;
- Aplicar novamente na estrada o método de Cabette segundo a nova etapa implementada e em outras estradas de terra e de cascalho para constantemente reavaliar o processamento e intervalos do método. Durante as inspeções, realizar registros fotográficos das falhas da estrada e promover o catálogo elaborado pelo trabalho.

# Referências bibliográficas

AMERICAN ASSOCIATION OF STATE HIGHWAY AND TRANSPORTATION OFFICIALS. **M 145**: Standard Specification for Classification of Soils and Soil–Aggregate Mixtures for Highway Construction Purposes. AASHTO Internacional, 1991.

AMERICAN ASSOCIATION OF STATE HIGHWAY AND TRANSPORTATION OFFICIALS. **Guide for Design of Pavement Structures**. Washington D.C, 1993.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **D2487-17e1**: Standard Practice for Classification of Soils for Engineering Purposes (Unified Soil Classification System). ASTM Internacional, West Conshohocken, PA, 2017.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **D6938-17a**: Standard Test Methods for In-Place Density and Water Content of Soil and Soil-Aggregate by Nuclear Methods (Shallow Depth). ASTM Internacional, West Conshohocken, PA, 2017.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **E2835 – 11: Standard Test Method for Measuring Deflections using a Portable Impulse Plate Load Test Device**. ASTM Internacional, West Conshohocken, PA, 2011.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7182**: Solo - Ensaio de Compactação. Rio de Janeiro, 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9895**: Solo - Índice de Suporte Califórnia (ISC) – Ensaio. Rio de Janeiro, 2017.

AUSTROADS. **Guide do Pavement Technology Part 6 - Unsealed Pavements**. Australia: Sydney, 2009. 79 p.

BECKEMEYER, C. **Rural Road Condition Survey Guide**. Estados Unidos: Pierre, SD, 1995. 81 p.

BRANCO, F.; PEREIRA, P.; SANTOS, L. P. **Pavimentos Rodoviários**. Volume único. Coimbra: Almedina, 2008.

BRITO, L. **Design methods for low volume roads**. Tese de Doutorado – Departamento de Engenharia Civil, Universidade de Nottingham, 2011. 222 p.

CABETTE, M. M. **Caracterização geotécnica de estradas não pavimentadas de baixo volume de tráfego**: estudo de caso. Dissertação de Mestrado - Instituto Politécnico de Bragança, 2018. 86 p.

CEPSA PORTUGUESA PETRÓLEOS. **Manual de Pavimentação**. Portugal: Lisboa, 2014. 179 p.

COELHO, R.; BAPTISTA, S. **Reforço de Abastecimento de água a Bragança** : Estudo de impacte ambiental. Portugal: Lisboa, 2011. 49 p.

COMITÉ EUROPEU DE NORMALIZAÇÃO. **CWA 15846**: Measuring method for Dynamic Compactness & Bearing Capacity with SP-LFWD (Small - plate Light Falling Weight Deflectometer), Management Centre, Bélgica: Bruxelas, 2008. 30 p.

DAVINCH, P. *et al.* **Validation of DCP and LWD Moisture Specifications for Granular Materials**, Estados Unidos: Maplewood, MN, 2006. 95 p.

DAWSON, A.; KOLISOJA, P. **Managing Rutting in Low Volume Roads**: Executive Summary, 2006. 26 p.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES<sup>1</sup>. **NORMA DNIT 005/2003 - TER Defeitos nos Pavimentos Flexíveis e semi-rígidos**: Terminologia. Rio de Janeiro, 2003. 12 p.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES<sup>2</sup>. **NORMA DNIT 006/2003- PRO Avaliação objetiva da superfície de pavimentos flexíveis e semi-rígidos**: Procedimento. Rio de Janeiro, 2003. 10 p.

EATON, R. A.; BEAUCHAM, R. E. **Unsurfaced Road Maintenance Management**: Report 92-26. U.S Army Corps of Engineers, 1992. 21 p.

ETHIOPIAN ROADS AUTHORITY<sup>1</sup>. **Design Manual for Low Volume Roads - Part A**: Introduction to Low Volume Road Design. Etiópia, 2016. 17 p.

ETHIOPIAN ROADS AUTHORITY<sup>2</sup>. **Design Manual for Low Volume Roads - Part B**: Design of Low Volume Roads. Etiópia, 2016. 318 p.

FEDERAL HIGHWAY ADMINISTRATION<sup>1</sup>. **Problems Associated with Gravel Roads**. Federal Highway Administration, Washington D.C, 1998. 173 p.

FEDERAL HIGHWAY ADMINISTRATION<sup>2</sup>. **Gravel Roads: Construction & Maintenance Guide**. Federal Highway Administration, Washington D.C, 2015. 140 p.

FERNANDES, A. C. M. **Pavimentos para estradas de baixo tráfego**. Dissertação de Mestrado - Instituto Superior Técnico, Lisboa, 2016. 64 p.

FERNANDES, J. DE A. **Proposta de conceção e conservação de pavimentos para a rede rodoviária de São Tomé e Príncipe**. Dissertação de Mestrado - Instituto Politécnico de Coimbra, 2019.

FERNANDES, M. DE M. **Mecânica dos Solos - Introdução à Engenharia Geotécnica**. 1<sup>a</sup> edição, volume 2. Porto: Edições Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2011.

FERREIRA, F. M. **Uma Aplicação Comparativa de Métodos de Avaliação das Condições Superficiais de Estrada Não-Pavimentada**. Dissertação de Mestrado - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2004. 222 p.

FERREIRA, J. F. B. **Aplicação de Resíduos de Construção e Demolição (RCD) em Camadas de Sub-base Não Ligadas de Estradas de Baixo Tráfego**. Dissertação de Mestrado - Instituto Superior Técnico, Lisboa, 2009. 57 p.

FONSECA, S. **Contribuição para a conceção de pavimentos rodoviários em Cabo Verde**. Dissertação de Mestrado — Instituto Superior Técnico, Lisboa, 2016. 90 p.

FORESTRY AND LAND SCOTLAND. **Forest road specification with reference to the Design Manual for Roads and Bridges (DMRB) and Manual of Contract Documents for Highway Works (MCHW)**, 2019. 5 p.

FREITAS, B. T. DE. **Avaliação e caracterização geotécnica de uma estrada de baixo volume de tráfego**. Dissertação de Mestrado - Instituto Politécnico de Bragança, 2019. 151 p.

FORSCHUNGSGESELLSCHAFT FÜR STRASSEN- UND VERKEHRSWESEN (FGSV). **Appendix 3 - Instruction for the determination of the dynamic CBR value using the Light Drop Weight Tester**, 1996. 6 p.

International Business Machines Corporation (IBM). **R-Squared Statistics**.

Disponível em: <<https://prod.ibmdocs-production-dal-6099123ce774e592a519d7c33db8265e-0000.us-south.containers.appdomain.cloud/docs/en/spss-statistics/SaaS?topic=model-r-squared-statistics>>. Acesso em: 07 jul. 2021.

INSTITUTO DE CONSERVAÇÃO DA NATUREZA E DAS FLORESTAS. **Fauna — ICNF**. Página Disponível em: <<http://www2.icnf.pt/portal/ap/p-nat/pnm/fauna>>. Acesso em: 07 jul. 2021.

INSTITUTO DE INFRA-ESTRUTURAS RODOVIÁRIAS (IP). **Directivas para a concepção de pavimentos - Critérios de dimensionamento**. Página Disponível em: <<http://www.imt-ip.pt/sites/IMTT/Portugues/InfraestruturasRodoviaras/InovacaoNormalizacao/Divulgao%20Tcnica/DiretivasConstrucaoPavimentosCritériosDimensionamento.pdf>>. Acesso em: 07 jul. 2021.

JORGE, L.C. D. L. **Constituição, dimensionamento e conservação de pavimentos para baixos volumes de tráfego**. Dissertação de Mestrado - Instituto Politécnico de Coimbra, 2014. 121 p.

KUTTAH, D. **Strong correlation between the laboratory dynamic CBR and the compaction Characteristics of sandy soil**. International Journal of Geo-Engineering (2019) 10:7, 2019. 13 p.

LABORATÓRIO NACIONAL DE ENGENHARIA CIVIL. **E 197 Solos: Ensaio de Compactação**. Lisboa, 1966. 9 p.

LABORATÓRIO NACIONAL DE ENGENHARIA CIVIL. **E 239: Análise Granulométrica por peneiração Húmida**. Lisboa, 1970. 3 p.

MACHADO, A. B. A. DOS S. B. **Contribuição para a avaliação estrutural de infraestruturas rodoviárias por métodos não destrutivos**. Dissertação de Mestrado – Universidade Nova: Lisboa, 2012. 168 p.

MASSAD, F. **Obras de Terra: curso básico de geotecnia - com exercícios resolvidos**. 2ª edição. São Paulo: Oficina de Textos, 2010. 216 p.

MENDES, J. T. S. **Utilização do defletómetro de impacto ligeiro, do GeoGauge e do densímetro elétrico para o controlo in situ da qualidade de materiais em obras de pavimentação rodoviária**. Dissertação de Mestrado – Instituto Politécnico de Coimbra, 2013. 103 p.

MINISTRY OF TRANSPORT AND PUBLIC WORKS. **Design manual for Low Volume Sealed Roads Using the DCP Design Method**. Malawi, 2013. 182 p.

- MORAIS, H.; MINHOTO, M.; PAULA, A. M. **Relação entre módulo de deformabilidade e CBR para caracterização mecânica da fundação de pavimentos**. 16º Congresso Nacional de Geotecnia, Portugal: Ponta Delgada, 2018. 10 p.
- NAZZAL, M. D. *et al.* **Evaluating the Light Falling Weight Deflectometer Device for In Situ Measurement of Elastic Modulus of Pavement Layers**. Washington D.C, 2007. 10 p.
- OLIVEIRA, J. P. M. V. **Avaliação de diferentes métodos de ensaio para determinação da capacidade de carga da fundação de pavimentos rodoviários**. Dissertação de Mestrado – Universidade do Minho, 2017. 92 p.
- ORGANISATION FOR ECONOMIC COOPERATION AND DEVELOPMENT<sup>1</sup>. **Road Monitoring for Maintenance Management - Manual for Developing Countries**. Volume 1. World Bank Office, Paris, 1990. 113 p.
- ORGANISATION FOR ECONOMIC COOPERATION AND DEVELOPMENT<sup>2</sup>. **Road Monitoring for Maintenance Management - Damage Catalogue for Developing Countries**. Volume 2. World Bank Office, Paris, 1990. 91 p.
- PASER. **Pavement Surface Evaluation and Rating - Gravel Roads**. Estados Unidos: Wisconsin, 2002. 20 p.
- PINARD, M. **The SADC Guideline on Low-Volume Sealed Roads - From Vision to Practice From Vision to Practice**. In: SSATP ANNUAL MEETING. Mali: Bamako, 2005. 59 slides.
- PINTO, C. DE S. **Curso Básico de Mecânica dos Solos**. 3ª Edição, Volume Único. São Paulo: Oficina de Textos, 2006. 367 p.
- RADULESCU, M. **Maintenance manual for low cost rural roads in Romania**. 2005. 54 p.
- RODRIGUES, T. N. **Estudo comparativo do CBR “in situ” & LWD para determinação da capacidade de suporte de subleitos**. Dissertação de Mestrado — Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, Universidade Federal de Campina Grande, 2017. 105 p.
- SHAHIN, M. Y. **Pavement Managemet for Airports, Roads and Parking Lots**. 2ª Edição, Volume Único. Nova Iorque: Springer Science+Business Media, 2005. 343 p.
- SHELL. **Pavement Design Manual - Asphalt Pavements and Overlays of road Traffic**. Shell International Petroleum, London, 1978. 354 p.

SILVA, A. T. A. F. DA. **Controlo da compactação com recurso a gamadensímetro – Caso de estudo: ETAR de Castelo Branco**. Dissertação de Mestrado — Instituto Superior de Engenharia do Porto: Instituto Politécnico do Porto, 2013. 115 p.

SOUTHERN AFRICA TRANSPORT AND COMMUNICATIONS COMISSION. **Guideline Low-Volume Sealed Roads**. Botswana, 2003. 257 p.

TIMBER TRANSPORT FORUM. **The design and use of the structural pavement of unsealed roads**. 2020. 23 p.

TURISMO DE PORTUGAL. **Dados Evolutivos**. Disponível em: <<http://www.turismodeportugal.pt/SiteCollectionDocuments/dados-estatisticas/Dados-evolutivos-turismo-portugal-2017.pdf>>. Acesso em: 18 nov. 2020.

TURISMO DE PORTUGAL. **Desempenho turístico**. Disponível em: <[http://business.turismodeportugal.pt/pt/Conhecer/Apresentacao/Desempenho\\_Turistico/Paginas/default.aspx](http://business.turismodeportugal.pt/pt/Conhecer/Apresentacao/Desempenho_Turistico/Paginas/default.aspx)>. Acesso em: 19 nov. 2020.

VAN WIJK, A. J. **Unsealed road pavement management: Surface condition deterioration and sustainability modelling**. Dissertação de Mestrado - University of Queensland, 2019. 155 p.

WYROSLAK, M. **Establishing Relationships between Parameters of the Controlled Compaction Soil by Using Various In-Situ Tests**. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 2017. 8 p.

ZABIELSKA-ADAMSKA, K.; SULEWSKA, M. **Dynamic CBR Test to Assess the Soil Compaction**. Journal of Testing and Evaluation, v. 43, p. 1028–1036, 2015. 9 p.

ZORN INSTRUMENTS<sup>1</sup>. **Supplementary User Manual for the Dymanic Field CBR extension**. Alemanha: Stendal, 2016. 9 p.

ZORN INSTRUMENTS<sup>2</sup>. **User Manual for the Light Weight Deflectometer (LWD) ZFG 3.0**. Alemanha: Stendal, 2016. 27 p.

# APÊNDICES

# **APÊNDICE A – Georreferenciamento de pontos**

**Tabela A.1 – Coordenadas dos pontos que se realizou os ensaios mecânicos e inspeções funcionais pelo sistema PT-TM06/ETRS89 transformados pela elipsoide padrão**

<b>Pontos</b>	<b>Coord. X</b>	<b>Coord. Y</b>	<b>Coord. Z</b>
1	109862,463	255612,423	1247,51
2	109811,095	255524,378	1242,661
3	109761,833	255436,009	1241,198
4	109711,787	255345,186	1242,563
5	109694,346	255247,564	1238,141
6	109680,923	255147,11	1235,179
7	109670,901	255042,002	1236,273
8	109666,935	255012,151	1237,192
9	109658,559	254945,207	1236,303
10	109635,035	254744,375	1239,873
11	109624,528	254643,704	1241,291
12	109613,307	254544,595	1245,579
13	109650,41	254449,238	1242,612
14	109658,761	254351,194	1236,346
15	109640,191	254244,043	1232,497
16	109615,512	254158,916	1231,627
17	109601,349	254050,783	1230,407
18	109573,074	253857,709	1232,023
19	109557,442	253759,554	1232,888
20	109543,816	253656,436	1230,278
21	109528,999	253560,833	1232,84
22	109510,918	253461,735	1234,609
23	109476,572	253373,343	1231,09
24	109466,799	253269,851	1224,387
25	109455,028	253170,263	1224,283
26	109445,045	253069,523	1225,419
27	109432,681	252970,039	1225,602
28	109422,765	252869,43	1222,748
29	109410,251	252762,078	1222,057
30	109400,596	252673,758	1219,801
31	109400,550	252673,370	1219,801
Base1	109693,158	255312,609	1243,99
Base2	109517,478	253472,385	1234,942

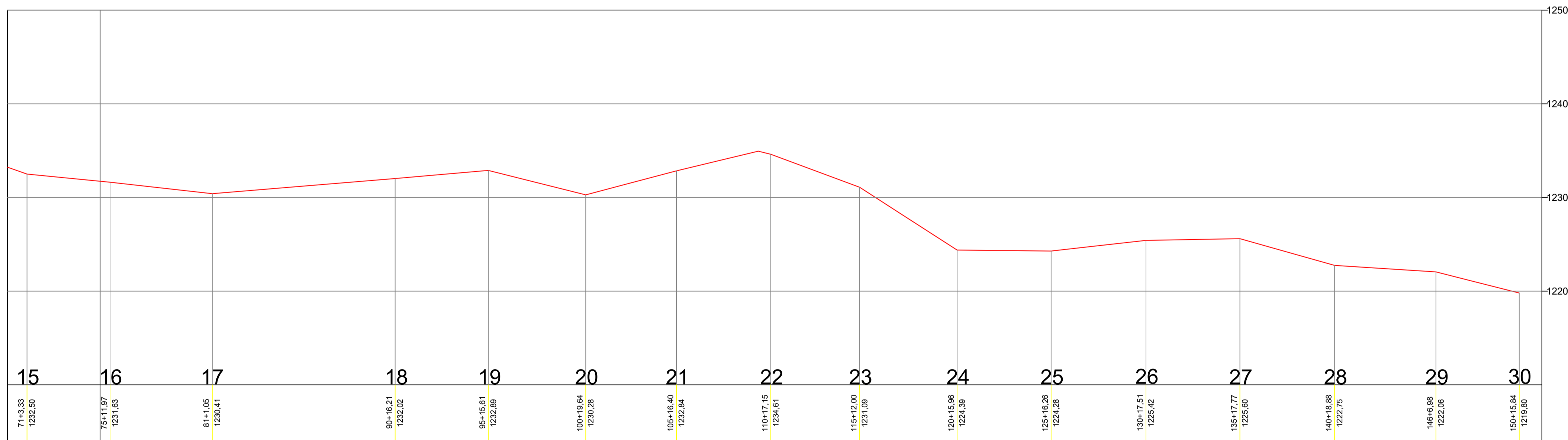
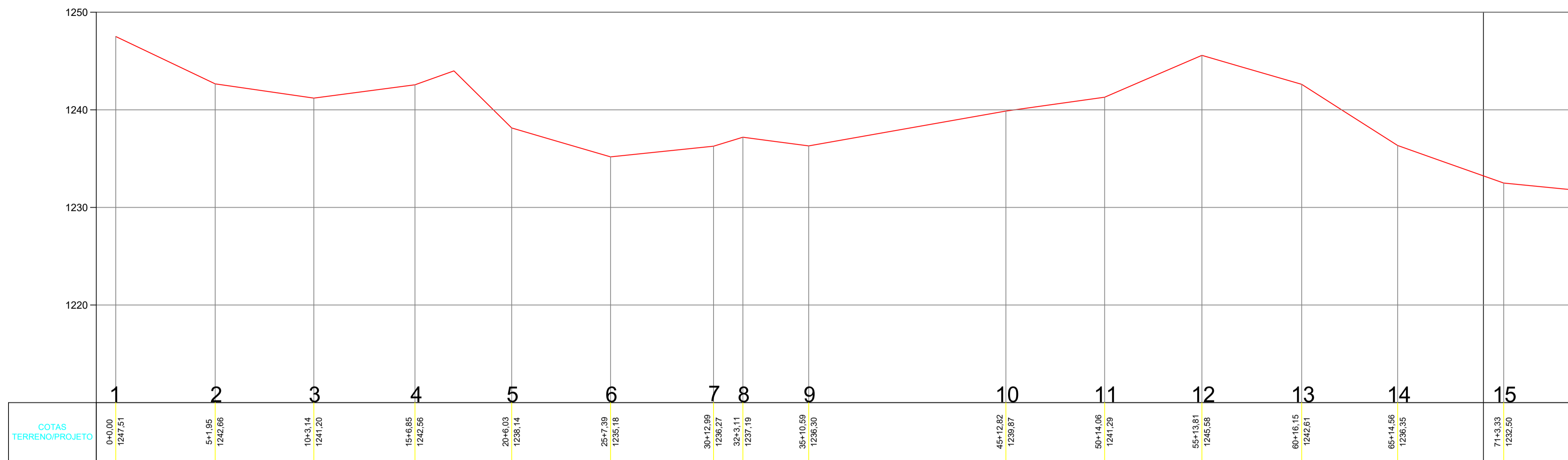


Figura A.1 - Corte Transversal e Vista Superior da estrada estudada

# **APÊNDICE B – Fichas de Inspeção utilizadas com os dados coletados**

## B.1 Fichas de inspeção para seções de 6 metros

INVENTÁRIO DO ESTADO DA SUPERFÍCIE DO PAVIMENTO RELATIVO A UMA SEÇÃO DE 6 METROS																			
Ponto	Deteriorização																		Observações
	Ondulações			Buracos			Afundamentos			Erosão			Mat.Solto			Poeira			
	B	M	E	B	M	E	B	M	E	B	M	E	B	M	E	B	M	E	
1	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	
2	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	
3	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	B1 (40 cm; B)
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	
5	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	
6	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	
9	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	
10	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
11	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	A1 (600 cm; 25 cm; médio); cont. nas observações
12	0	0	0	0	0	0	1	3	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	A1 (600 cm; 14 cm; 27 mm); cont. nas observações
13	0	0	0	0	0	0	1	0	0	2	0	0	2	0	0	0	0	0	
14	0	0	0	0	0	0	0	2	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	
15	0	0	0	1	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
16	0	0	0	0	0	0	5	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	A1 (600 cm; 13 cm; B); cont. nas observações
17	0	0	0	0	0	0	2	3	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	
18	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
19	0	0	0	0	0	0	2	3	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	A1 (250 cm; 19 cm; 20 mm); cont. nas observações
20	0	0	0	0	0	0	3	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	
21	1	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
22	0	0	0	1	1	0	4	2	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	A1 (600 cm; 18 cm; 15 mm); cont. nas observações
23	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	
24	0	0	0	0	0	0	2	1	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	
25	1	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	
26	0	0	0	0	0	0	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	A1 (600 cm; 22 cm; 22 mm); cont. nas observações
27	0	0	0	0	0	0	1	2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	
28	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
29	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	
30	0	0	0	0	0	0	2	1	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	
31	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	
<b>SOMA</b>	2	0	0	3	1	0	53	29	1	4	0	0	29	3	0	0	0	0	

**Observações:**

<b>11:</b> A2 (600 cm; 24 cm; M); M1 (600 cm; 50 cm; 20 mm)
<b>12:</b> A2 (600 cm; 20 cm; 30 mm); A3 (600 cm; 13 cm; 27 mm); A4 (600 cm; 21 cm; 21 mm); M1 (600 cm; 60 cm; 30 mm)
<b>16:</b> A2 (600 cm; 13 cm; B); A3 (600 cm; 16 cm; B); A4 (600 cm; 20 cm; B); A5 (600 cm; 12 cm; B); A6 (600 cm; 19 cm; M); A7 (600 cm; 24 cm; M)
<b>19:</b> A2 (600 cm; 21 cm; 25 mm); A3 (600 cm; 17 cm; 25 mm); A4 (600 cm; 20 cm; 35 mm); A5 (600 cm; 23 cm; 21 mm); M1 (600 cm; 31 cm; 40 mm)
<b>22:</b> A2 (425 cm; 22 cm; 23 mm ); A3 (600 cm; 20 cm; 31 mm); A4 (600 cm; 16 cm; 21 mm); A5 (600 cm; 27 cm; 50 mm); A6 (300 cm; 16 cm; 24 mm); B1 (87 cm; 5.2); B2* (20 cm; 39 mm); M1 (435 cm; 25 cm; 15 mm); M2 (520 cm; 15 cm; 22 mm).
<b>26:</b> A2 (600 cm; 20 cm; 24 mm); A3 (515 cm; 27 cm; 33 mm); A4 (600 cm; 18 cm; 24 mm)
<b>*Metade do buraco estava na seção</b>

INVENTÁRIO DO ESTADO DO SISTEMA DE DRENAGEM A UMA SEÇÃO DE 6 METROS										
Ponto	Inadequado sistema de drenagem									Observações
	Inclinação transversal	Acostamentos elevados			Bueiros inexistentes	Valas inexistentes	Crescimento da vegetação			
		baixo	médio	elevado			baixo	médio	elevado	
1	0	0	0	0	0	0	2	0	0	
2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
4	0	1	0	0	0	0	0	0	0	
5	0	0	0	0	2	0	0	0	0	
6	0	0	0	0	0	0	0	0	1	
7	0	0	0	0	0	1	0	0	0	
8	0	0	0	0	0	1	0	0	0	
9	0	1	0	0	0	2	0	0	1	
10	0	0	0	0	1	0	1	0	0	
11	0	1	0	0	0	1	0	0	0	
12	0	1	0	0	0	1	0	0	0	
13	0	0	0	0	0	1	0	0	0	
14	1	0	0	0	1	1	0	0	0	
15	1	0	0	0	0	1	0	1	0	
16	1	1	0	0	0	1	1	0	0	
17	1	2	0	0	1	1	0	0	0	
18	1	1	0	0	0	0	0	0	0	
19	1	0	0	0	1	1	0	0	0	
20	0	1	0	0	0	1	1	0	0	
21	0	0	0	0	1	0	1	0	1	Vala obstruída 100%
22	0	1	0	0	0	1	0	0	0	
23	0	0	0	0	0	2	0	0	0	
24	0	0	0	0	0	2	0	1	0	
25	0	0	0	0	0	1	0	0	0	
26	0	0	0	0	1	2	0	0	0	
27	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
28	0	0	0	0	0	2	0	0	0	
29	0	1	0	0	0	1	0	0	0	
30	0	0	0	0	0	1	0	0	0	
31	1	1	0	0	1	1	0	0	0	
<b>SOMA</b>	7	12	0	0	10	26	6	2	3	



## B.2 Fichas de inspeção para seções de 10 metros

INVENTÁRIO DO ESTADO DA SUPERFÍCIE DO PAVIMENTO RELATIVO A UMA SEÇÃO DE 10 METROS																			
Ponto	Deteorização																		Observações
	Ondulações			Buracos			Afundamentos			Erosão			Mat.Solto			Poeira			
	B	M	E	B	M	E	B	M	E	B	M	E	B	M	E	B	M	E	
1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	
2	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	
3	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	B1 (40 cm; B); B2 (62 cm; 46 mm);
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	
5	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	
6	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0	2	0	0	0	0	0	
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	
9	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	
10	0	0	0	0	1	0	0	2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	
11	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	A1 (1000 cm; 25 cm; médio); cont. nas observações
12	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	A1 (600 cm; 14 cm; 27 mm); cont. nas observações
13	0	0	0	0	0	0	1	1	0	2	0	0	2	0	0	0	0	0	
14	0	0	0	0	0	0	0	2	0	1	0	0	2	0	0	0	0	0	
15	1	0	0	1	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
16	0	0	0	0	0	0	3	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	A1 (1000 cm; 13 cm; B); cont. nas observações
17	0	0	0	0	0	0	2	3	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	
18	0	0	0	0	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
19	0	0	0	0	0	0	2	3	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	A1 (250 cm; 19 cm; 20 mm); cont. nas observações
20	1	0	0	0	0	0	3	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	
21	1	0	0	1	0	0	0	2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	
22	0	0	0	2	1	0	4	2	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	A1 (1000 cm; 18 cm; 15 mm); cont. nas observações
23	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	
24	0	0	0	0	0	0	2	1	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	
25	1	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	
26	0	0	0	0	0	0	1	3	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	A1 (1000 cm; 22 cm; 40 mm); cont. nas observações
27	0	0	0	0	0	0	1	2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	
28	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
29	0	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	
30	0	0	0	0	0	0	2	1	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	
31	0	0	0	0	0	0	4	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	
<b>SOMA</b>	4	1	0	7	3	0	44	38	2	5	0	1	36	3	0	0	0	0	

**Observações:**

<b>3:</b> B3 (65 cm;27 mm); M1 (200 cm; 27 cm; 25 mm); E1 (96 cm; 360 cm; 169 mm)
<b>11:</b> A2 (1000 cm; 24 cm; M); M1 (1000 cm; 50 cm; 20 mm)
<b>12:</b> A2 (600 cm; 20 cm; 30 mm); A3 (600 cm; 13 cm; 27 mm); A4 (1000 cm; 21 cm; 65 mm); M1 (1000 cm; 60 cm; 30 mm)
<b>16:</b> A2 (1000 cm; 13 cm; 44 mm); A3 (1000 cm; 16 cm; B); A4 (1000 cm; 20 cm; B); A5 (1000 cm; 12 cm; M); A6 (1000 cm; 19 cm; 95 mm); A7 (1000 cm; 24 cm; M)
<b>19:</b> A2 (600 cm; 21 cm; 25 mm); A3 (600 cm; 17 cm; 25 mm); A4 (1000 cm; 20 cm; 35 mm); A5 (600 cm; 23 cm; 21 mm); M1 (800 cm; 31 cm; 40 mm)
<b>22:</b> A2 (425 cm; 22 cm; 23 mm ); A3 (1000 cm; 20 cm; 31 mm); A4 (1000 cm; 16 cm; 21 mm); A5 (930 cm; 27 cm; 50 mm); A6 (300 cm; 16 cm; 24 mm); B1 (87 cm; 5.2); B2 (20 cm; 39 mm); B3 (19,5 cm; 37 mm) M1 (435 cm; 25 cm; 15 mm); M2 (720 cm; 15 cm; 22 mm).
<b>26:</b> A2 (1000 cm; 20 cm; 39 mm); A3 (715 cm; 27 cm; 33 mm); A4 (600 cm; 18 cm; 24 mm); M1 (200 cm; 17 cm; 22 mm)

**INVENTÁRIO DO ESTADO DO SISTEMA DE DRENAGEM A UMA SEÇÃO DE 10 METROS**

Ponto	Inadequado sistema de drenagem									Observações
	Inclinação transversal	Acostamentos elevados			Bueiros inexistentes	Valas inexistentes	Crescimento da vegetação			
		baixo	médio	elevado			baixo	médio	elevado	
1	0	0	0	0	1	0	2	0	0	Alagamento na extensão de 2m
2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
4	0	1	0	0	0	0	0	0	0	
5	0	0	0	0	2	0	0	0	0	
6	0	0	0	0	0	0	0	0	1	
7	0	0	0	0	0	1	0	0	0	
8	0	0	0	0	0	1	0	0	0	
9	0	1	0	0	0	2	0	0	1	
10	0	0	0	0	1	0	1	0	0	
11	0	1	0	0	0	2	0	0	0	
12	0	1	0	0	0	1	0	0	0	
13	0	0	0	0	0	1	1	0	0	
14	1	0	0	0	1	1	0	0	0	
15	1	0	0	0	0	1	0	1	0	
16	1	1	0	0	1	1	1	0	0	
17	1	2	0	0	1	1	0	0	0	
18	1	1	0	0	0	0	0	0	0	
19	1	0	0	0	1	1	0	0	0	
20	0	1	0	0	0	1	1	0	0	
21	0	1	0	0	1	0	1	0	1	
22	0	1	0	0	0	1	0	0	0	
23	0	0	0	0	0	2	0	0	0	
24	0	0	0	0	0	2	0	1	0	
25	0	0	0	0	0	1	0	0	0	
26	0	0	0	0	1	2	0	0	0	
27	0	0	1	0	0	0	0	0	0	
28	0	0	0	0	0	2	0	0	0	
29	0	1	0	0	0	1	0	0	0	
30	0	0	0	0	0	1	0	0	0	
31	1	1	0	0	1	1	0	0	0	
<b>SOMA</b>	7	13	1	0	12	27	7	2	3	



# **APÊNDICE C – Catálogo de Degradações**

## Defeito

### Afundamento

Também conhecido por rodeiras, são deformações plásticas na superfície, podendo ou não apresentar deslocamento lateral da massa solicitada.

Obrigatoriamente longitudinais a estrada, são coincidentes a passagem dos rodados devido os mesmos causarem esta deformação ao menos em um dos estratos da estrada.

SHAHIN (2005)

## Medições a serem realizadas em campo

*Procedimento Padrão:*

*Profundidade máxima atingida pela degradação [mm]*

*Procedimento Detalhado:*

*Comprimento*

*(Desenvolvimento na Longitudinal, sentido de circulação dos carros na via) [cm]*

*Largura*

*(Desenvolvimento na Transversal, sentido que corta de lado a lado a via) [cm]*

## Registro de dados

Cada rodeira, deformação permanente que deixa o rastro de pneu, corresponde a um valor ("1") a ser inserido respectivamente ao seu nível de severidade

No espaço de observação inserir comprimento e largura de cada afundamento. Por exemplo: A<sub>3</sub> (600 cm; 40 cm; 50mm) representa o terceiro afundamento auscultado com 600 centímetros de comprimento, 40 de largura e 50 mm de profundidade (médio)

Baixo Impacto (<25 mm)



Médio Impacto (25 - 75 mm)



Alto Impacto (>75 mm)



## Defeito

## Medições a serem realizadas em campo

## Registro de dados

### Buracos

**Abertura de formato côncava observada no caminho formada normalmente pela perda de material da via em pontos frágeis ou sobre degradações já presentes.  
DNIT<sup>2</sup> (2003) OECD<sup>2</sup> (1990)**

*Procedimento Padrão:*

*Profundidade máxima atingida pela degradação [mm]*

*Procedimento Detalhado:*

*Maior diâmetro desenvolvido (maior distância de uma extremidade a outra do buraco) [cm]*

Cada cratera, panela, buraco possui valor representativo de 1 e é adicionado de acordo com seu nível de severidade, relativo a profundidade, na ficha de inspeção.

No espaço de observação inserir diâmetro máximo e profundidade para cada buraco.

Por exemplo: B<sub>1</sub> (80 cm; 110 mm) representa o primeiro buraco auscultado da seção com 80 centímetros de diâmetro máximo, e 110 milímetros de profundidade (alto)

**Baixo Impacto (<50 mm)**



**Médio Impacto (50 - 100 mm)**



**Alto Impacto (>100 mm)**



## Defeito

### Cascalho e Agregado Soltos

**Desprendimento das partículas mais graúdas da estrada devido à perda de material fino decorrente do desgaste e ruptura sofridos pela estrada durante performance.**

**BECKEMEYER (1995)**

## Medições a serem realizadas em campo

*Procedimento Padrão:*

*Profundidade máxima atingida pela degradação [mm]*

*Procedimento Detalhado:*

*Comprimento*

*(Desenvolvimento na Longitudinal, sentido de circulação dos carros na via) [cm]*

*Largura*

*(Desenvolvimento na Transversal, sentido que corta de lado a lado a via) [cm]*

## Registro de dados

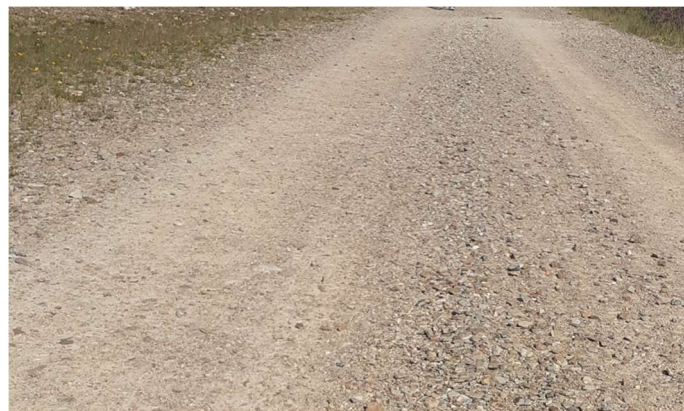
Cada elevação, seja um ponto localizado ou uma faixa contínua na berma, eixo central ou entre afundamentos deve ser medido, sendo que cada uma corresponde a “1” a ser inserido na ficha de acordo com a severidade.

No espaço de observação inserir comprimento e largura de cada elevação. Por exemplo: C<sub>2</sub> (300 cm; 10 cm; 80mm) representa a segunda faixa de cascalho solto auscultado com 300 centímetros de comprimento, 10 de largura e 80 milímetros de profundidade (médio).

**Baixo Impacto (<50 mm)**



**Médio Impacto (50 - 100 mm)**



**Alto Impacto (>100 mm)**



**Fonte: Aggregate Road Surface Rejuvenation (Local Regional Research Board - LRRB,2015)**

## Defeito

### Erosão

É a perda das partículas superficiais da estrada decorrente do escoamento de água sobre ou ao redor dela. Sendo associada a falta de compactação, a encostas e seções transversais das estradas muito íngremes e regiões onde o gradiente longitudinal é muito acentuado que permite a água seguir pela via ao invés de se direcionar aos dispositivos laterais para drenagem. AUSTROADS (2009).

## Medições a serem realizadas em campo

*Procedimento Padrão:*

*Profundidade máxima atingida pela degradação [mm]*

*Procedimento Detalhado:*

*Comprimento*

*(Desenvolvimento na Longitudinal, sentido de circulação dos carros na via) [cm]*

*Largura*

*(Desenvolvimento na Transversal, sentido que corta de lado a lado a via) [cm]*

## Registro de dados

Cada sulco de erosão recebe valor representativo de 1 sendo inserido conforme a gravidade.

Apesar da mudança de direção que pode tomar, medir a extensão máxima que atinge na longitudinal e na transversal para definir a área afetada. No espaço de observação os dados são inseridos conforme o exemplo: E<sub>1</sub> (450 cm; 200 cm; 150mm) representa o primeiro sulco de erosão auscultado que atingiu o máximo de 450 centímetros na longitudinal, máximo de 200 na transversal e 150 milímetros de profundidade (alto).

Baixo Impacto (<50 mm)



Médio Impacto (50 - 100 mm)



Alto Impacto (>100 mm)



## Defeito

## Medições a serem realizadas em campo

## Registro de dados

### Ondulações

São picos rasos e uniformemente espaçados na estrada sendo transversais a direção do tráfego, podendo abranger a largura inteira da via.

OECD<sup>2</sup> (1990) FHWA<sup>1</sup> (1998)

*Procedimento Padrão:*

*Profundidade máxima atingida pela degradação entre um pico e um vale [mm]*

*Procedimento Detalhado:*

*Comprimento*

*(Desenvolvimento na Longitudinal, sentido de circulação dos carros na via) [cm]*

*Largura*

*(Desenvolvimento na Transversal, sentido que corta de lado a lado a via) [cm]*

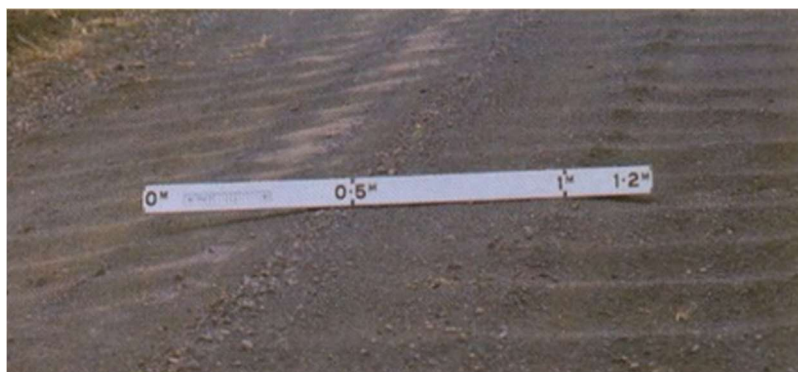
Independentemente da quantidade de vales, cristas e ondas, conta-se uma sequência de ondas como um 1 elemento e insere-se este valor na ficha de inspeção de acordo com a gravidade dela.

No espaço de observação inserir comprimento e largura correspondente a um conjunto de ondulações. Por exemplo: O<sub>2</sub> (300 cm; 120 cm; 20mm), representa a segunda ondulação auscultada com 300 centímetros de comprimento, 120 de largura e 20 milímetros de profundidade (baixo).

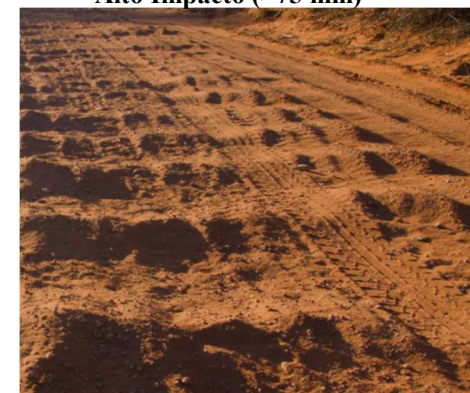
Baixo Impacto (<25 mm)



Médio Impacto (25 - 75 mm)



Alto Impacto (>75 mm)



Fonte: FLICKR (2015)

## Irregularidade

### Acostamentos Elevados

Também conhecido por bermas, são as extremidades da via localizadas a direita da orientação do tráfego as quais são destinadas para paradas ou passagem em situações não triviais. Estas extremidades devem estar a um nível inferior a estrada para contribuir da melhor maneira possível no escoamento.

Cabette (2018)

## Medição a ser realizadas em campo

*Procedimento Padrão:*

*Elevação máxima disposta em relação a superfície de passagem dos veículos [mm]*

## Registro de dados

Para cada lado que o acostamento estiver acima do nível da pista confere-se “1” na ficha de inspeção sendo que é distribuído conforme a severidade relacionada à altura do mesmo.

Baixo Impacto (<25 mm)



Médio Impacto (25 - 75 mm)



Alto Impacto (>75 mm)



Fonte: Part G: Road Maintenance (ERA, 2016)

## Irregularidade

### Ausência de Valetas

**Em grande parte dos casos apenas a constituição de valetas no percurso de uma estrada não ligada é o suficiente para realizar a drenagem superficial da adequada da mesma.**

**FERREIRA (2004)**

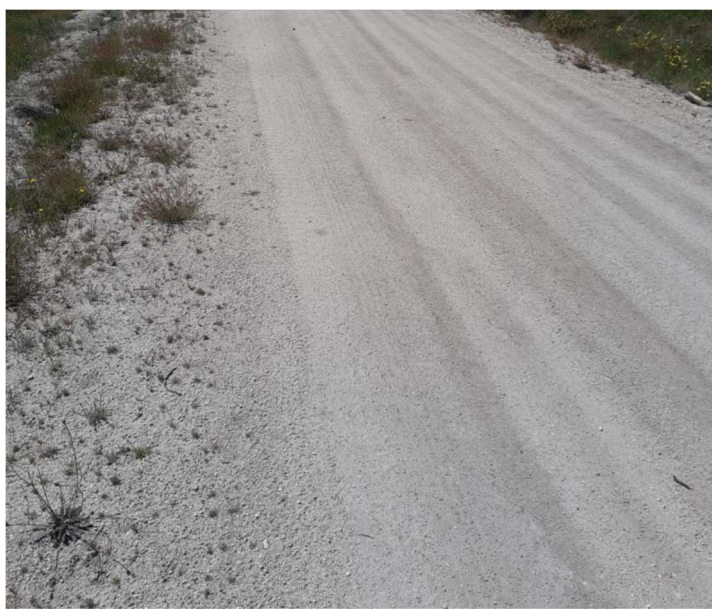
## Verificação a ser realizada em campo

### *Procedimento Padrão:*

*Observa-se estão formados estes canais de escoamento, valas, em ambos os lados do trecho.*

## Registro de dados

Deve ser verificado para os dois lados da estrada a presença de valas, e para cada ausência adiciona-se o valor “1” no respectivo item na ficha de inspeção.



## Irregularidade

### Inclinação Transversal Inadequada

Para o escoamento adequado da água para fora da via e proporcionar a circulação da mesma pelas valas é recomendado que se aplique os intervalos de inclinação descendente do eixo central em direção as extremidades. Pelo ERA (2016) recomenda-se de 4 a 7%, pela Austroads (2009) 4 a 7% e pelo TTF de 2 a 10 %. Inclinações quase nulas não são irregulares desde que não se observe o acúmulo de água na superfície da estrada.

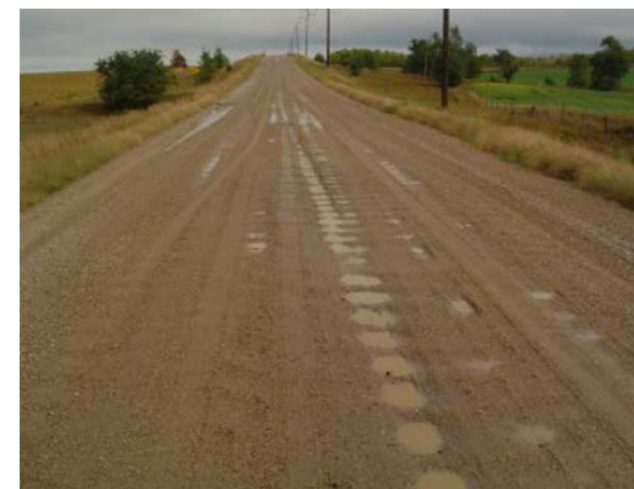
## Verificação a ser realizada em campo

### Procedimento Padrão:

*Observar se o eixo central se encontra mais elevado que as extremidades da via. Se não verificado visualmente, deve-se dispor do eixo central até a extremidade uma régua longa que atinja essas duas pontas e fazendo uso de um nível de bolha sobre a régua, verificar se está em nível ou pende ao eixo central, se sim, significa que está com inclinação transversal adequada. Caso o nível de bolha esteja na direção da extremidade, significa que está irregular a inclinação transversal desta seção.*

## Registro de dados

Se observado que a via está com inclinação transversal errada, com formato côncavo, por meio da bolha de nível, devido as extremidades estarem mais altas que o centro da pista ou várias depressões presentes no caminho, preenche com "1" este item na folha de inspeção



## Irregularidade

### Necessidade de Bueiros e Galerias

**Elementos responsáveis pelo escoamento vertical, confeccionados quando ocorre o acúmulo de água sob o mesmo nível que a estrada está**

## Verificação a ser realizada em campo

### *Procedimento Padrão:*

*Observa-se se há grandes alagamentos nas laterais além das valas da estrada, se houve, é um sinal da necessidade de bueiros no trecho em questão.*

## Registro de dados

Concede-se o valor de “1” para cada lado (esquerdo e direito) que se observar alagamentos abundantes além do espaço ocupado pela valeta.



## Irregularidade

### Obstrução das Valetas por vegetação e detritos

**É importante que estejam limpas e sem obstáculos visto que assim permite-se a passagem de água com a maior capacidade de escoamento possível.**

## Medição a ser realizada em campo

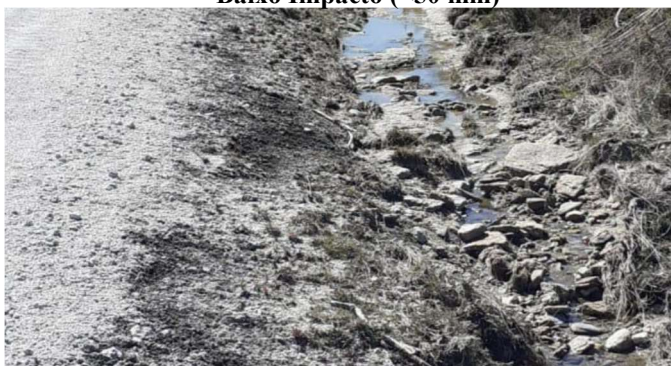
*Procedimento Padrão:*

*Mede-se o ponto mais alto de bloqueio que as pedras ou vegetação atingem sobre a vala. [mm]*

## Registro de dados

Cada valeta, disposta em um dos lados da estrada, que se verificar obstrução condiz a um valor “1” a ser preenchido na folha de inspeção de acordo com a severidade deste bloqueio.

**Baixo Impacto (<50 mm)**



**Médio Impacto (50 – 100)**



**Alto Impacto (>100 mm)**



**APÊNDICE D – Resultados do primeiro  
conjunto de ensaios (Dezembro)**

## D.1 Resultados, cálculos e comparação de dados do LFWD

**Tabela D.1.1 – Resultados do primeiro conjunto de dados obtidos em dezembro de 2020 para os pontos georreferenciados da estrada utilizando o equipamento ZFG 3.0 para LFWD**

Light Falling Weight Deflectometer – Dezembro de 2020						
Ponto	s <sub>1</sub> (mm)	s <sub>2</sub> (mm)	s <sub>3</sub> (mm)	s <sub>m</sub> (mm)	s/v (10 <sup>-3</sup> s)	E <sub>vd</sub> (MPa)
1	1,075	1,063	1,063	1,067	2,779	31,63
2	1,528	1,497	1,461	1,495	5,207	22,58
3	1,508	1,477	1,496	1,494	5,221	22,59
4	1,516	1,525	1,498	1,513	4,863	22,31
5	1,403	1,445	1,350	1,399	4,673	24,12
6	1,023	1,016	1,002	1,014	4,147	33,28
7	1,022	1,044	1,025	1,030	3,611	32,77
8	0,656	0,636	0,626	0,639	2,689	52,82
9	1,274	1,221	1,205	1,233	3,851	27,37
10	1,807	1,799	1,771	1,792	4,412	18,83
11	1,311	1,271	1,273	1,285	4,291	26,26
12	1,606	1,564	1,534	1,568	4,637	21,52
13	1,203	1,174	1,171	1,183	3,594	28,53
14	1,414	1,393	1,375	1,394	3,802	24,21
15	1,445	1,41	1,447	1,434	4,521	23,54
16	0,789	0,755	0,739	0,761	2,329	44,35
17	1,556	1,577	1,542	1,558	5,504	21,66
18	2,894	2,867	2,921	2,894	5,659	11,66
19	2,884	2,863	2,873	2,873	7,036	11,75
20	1,604	1,531	1,706	1,614	4,094	20,91
21	1,847	1,841	1,829	1,839	4,757	18,35
22	1,758	1,755	1,740	1,751	4,926	19,27
23	1,038	1,051	1,027	1,039	4,126	32,48
24	1,381	1,4	1,383	1,388	4,798	24,32
25	1,350	1,329	1,321	1,333	4,921	25,32
26	2,368	2,34	2,309	2,339	6,164	14,43
27	1,876	1,855	1,856	1,862	4,402	18,13
28	1,326	1,315	1,333	1,325	3,834	25,47
29	0,801	0,789	0,785	0,792	2,789	42,61
30	2,054	2,032	2,007	2,031	6,081	16,62

**Tabela D.1.2 – Aplicação do Método das Diferenças acumuladas no primeiro conjunto de dados do LFWD sobre o parâmetro  $E_{vd}$**

<b>Método das Diferenças Acumuladas aplicados sobre os resultados de <math>E_{vd}</math> obtidos segundo LFWD – Dezembro de 2020</b>							
<b>Ponto</b>	<b>Distância (m)</b>	<b>Distância Acomulada (m)</b>	<b><math>E_{vd}</math>(MPa)</b>	<b>Média do intervalo de <math>E_{vd}</math> (MPa)</b>	<b>Área do Ponto (MN/m)</b>	<b>Área Acumulada dos Pontos (MN/m)</b>	<b>Valor de <math>Z_x</math></b>
1	0	0	31,63	31,63	0,000	0,000	0
2	102,05	102,05	22,58	27,11	2.766,05	2.766,05	241,16
3	101,18	203,23	22,59	24,85	2.514,14	5.280,19	251,85
4	103,71	306,94	22,31	23,58	2.445,30	7.725,49	131,23
5	99,27	406,21	24,12	23,85	2.367,44	10.092,93	42,64
6	101,39	507,60	33,28	28,56	2.896,18	12.989,11	430,23
7	105,59	613,19	32,77	30,67	3.238,18	16.227,28	1.055,91
8	30,13	643,31	52,82	41,74	1.257,63	17.484,91	1.568,13
9	67,47	710,79	27,37	34,56	2.331,61	19.816,52	2.230,37
10	202,24	913,02	18,83	26,69	5.398,38	25.214,91	2.625,05
11	101,23	1014,25	26,26	26,48	2.680,18	27.895,08	2.800,66
12	99,83	1114,08	21,52	24,00	2.395,86	30.290,94	2.726,44
13	102,36	1216,45	28,53	26,26	2.688,51	32.979,45	2.882,27
14	98,60	1315,05	24,21	25,24	2.488,33	35.467,78	2.931,10
15	108,82	1423,86	23,54	24,39	2.653,87	38.121,66	2.892,65
16	88,64	1512,50	44,35	34,37	3.046,37	41.168,03	3.746,00
17	109,06	1621,56	21,66	28,01	3.055,37	44.223,40	4.102,94
18	195,14	1816,70	11,66	19,84	3.871,06	48.094,45	3.145,87
19	99,40	1916,10	11,75	15,79	1.569,82	49.664,28	2.256,46
20	104,05	2020,15	20,91	18,35	1.909,45	51.573,73	1.591,59
21	96,78	2116,92	18,35	18,35	1.775,97	53.349,70	973,09
22	100,75	2217,67	19,27	18,81	1.895,14	55.244,85	375,51
23	94,90	2312,57	32,48	25,65	2.433,62	57.678,46	461,23
24	104,17	2416,74	24,32	24,98	2.602,40	60.280,86	486,31
25	100,28	2517,02	25,32	25,15	2.522,21	62.803,07	527,38
26	101,24	2618,26	14,43	19,79	2.003,60	64.806,67	26,12
27	100,25	2718,51	18,13	18,96	1.900,76	66.707,43	-553,48
28	101,14	2819,65	25,47	22,22	2.246,77	68.954,20	-809,02
29	108,08	2927,73	42,61	32,41	3.503,19	72.457,39	20,05
30	88,87	3016,60	16,62	24,52	2.178,88	74.636,27	0,00

**Tabela D.1.3 – Identificação dos pontos característicos dentro das seções homogêneas de  $E_{vd}$  do ensaio LFWD de Dezembro de 2020**

<b>Valores característicos de <math>E_{vd}</math> por LFWD para as seções homogêneas identificadas - Dezembro de 2020</b>			
<b>Ponto</b>	<b><math>E_{vd}</math> (MPa)</b>	<b>Erro Quadrático</b>	<b>Erro Quadrático (%)</b>
<b>Seção 1</b>			
2	22,58	0,0243	2,43
3	22,59	0,0248	2,48
4	22,31	0,0121	1,21
5	24,12	0,0942	9,42
MÉDIA		22,90	
DESVIO PADRÃO		0,82	
$E_{vd1,k}$		22,04	
<b>Seção 2</b>			
5	24,12	0,2496	24,96
6	33,28	0,7241	72,41
7	32,77	0,6977	69,77
8	52,82	1,7365	173,65
9	27,37	0,4180	41,80
10	18,83	0,0245	2,45
MÉDIA		31,53	
DESVIO PADRÃO		11,76	
$E_{vd2,k}$		19,30	
<b>Seção 3</b>			
10	18,83	0,0704	7,04
11	26,26	0,2964	29,64
12	21,52	0,0624	6,24
13	28,53	0,4085	40,85
14	24,21	0,1952	19,52
15	23,54	0,1621	16,21
MÉDIA		23,82	
DESVIO PADRÃO		3,42	
$E_{vd3,k}$		20,26	
<b>Seção 4</b>			
15	23,54	0,4051	40,51
16	44,35	1,6472	164,72
17	21,66	0,2928	29,28
MÉDIA		29,85	
DESVIO PADRÃO		12,59	
$E_{vd4,k}$		16,75	

<b>Seção 5</b>			
17	21,66	0,7157	71,57
18	11,66	0,0764	7,64
19	11,75	0,0693	6,93
20	20,91	0,6563	65,63
21	18,35	0,4536	45,36
22	19,27	0,5264	52,64
MÉDIA		17,27	
DESVIO PADRÃO		4,46	
E <sub>vd5,k</sub>		12,62	
<b>Seção 6</b>			
22	19,27	0,0212	2,12
23	32,48	0,6498	64,98
24	24,32	0,2353	23,53
25	25,32	0,2861	28,61
MÉDIA		25,35	
DESVIO PADRÃO		5,44	
E <sub>vd6,k</sub>		19,69	
<b>Seção 7</b>			
25	25,32	0,6720	67,20
26	14,43	0,0471	4,71
27	18,13	0,1972	19,72
28	25,47	0,6820	68,20
MÉDIA		20,84	
DESVIO PADRÃO		5,48	
E <sub>vd7,k</sub>		15,14	
<b>Seção 8</b>			
28	25,47	0,1882	18,82
29	42,61	0,9878	98,78
MÉDIA		34,04	
DESVIO PADRÃO		12,12	
E <sub>vd8,k</sub>		21,44	

**Tabela D.1.4 – Comparação das medições nos pontos entre as obtidas por Freitas (2019) e pelo autor (2020)**

<b>Ponto</b>	<b>E<sub>vd</sub> (MPa) Freitas (2019)</b>	<b>E<sub>vd</sub> (MPa) pelo autor (2020)</b>	<b>Diferença (MPa)</b>	<b>em %</b>
1	48,42	31,63	-16,79	-35%
2	20,29	22,58	2,29	11%
3	20,27	22,59	2,32	11%
4	29,73	22,31	-7,42	-25%
5	29,71	24,12	-5,59	-19%
6	49,9	33,28	-16,62	-33%
7	25,66	32,77	7,11	28%
8	41,19	52,82	11,63	28%
9	24,85	27,37	2,52	10%
10	25,42	18,83	-6,59	-26%
11	24,16	26,26	2,1	9%
12	21,9	21,52	-0,38	-2%
13	49,1	28,53	-20,57	-42%
14	39,35	24,21	-15,14	-38%
15	21,98	23,54	1,56	7%
16	42,39	44,35	1,96	5%
17	20,11	21,66	1,55	8%
18	19,91	11,66	-8,25	-41%
19	10,85	11,75	0,9	8%
20	7,72	20,91	13,19	171%
21	25,54	18,35	-7,19	-28%
22	22,8	19,27	-3,53	-15%
23	22,43	32,48	10,05	45%
24	12,44	24,32	11,88	95%
25	25,21	25,32	0,11	0,4%
26	23,72	14,43	-9,29	-39%
27	22,14	18,13	-4,01	-18%
28	21,56	25,47	3,91	18%
29	34,32	42,61	8,29	24%
30	22,18	16,62	-5,56	-25%

## D.2 Resultados e cálculos do CBR dinâmico

Tabela D.2.1 – Resultados do primeiro conjunto de dados obtidos em dezembro de 2020 para os pontos georreferenciados da estrada utilizando a extensão do equipamento ZFG

### 3.0 para aplicar CBR dinâmico

Californian Bearing Ratio – Dezembro de 2020			
Ponto	s <sub>1</sub> (S <sub>m</sub> )	s/v (10 <sup>-3</sup> s)	CBR (%)
1	3,386	5,202	42
2	4,470	5,784	36
3	4,782	5,879	34
4	3,369	5,117	42
5	2,652	5,070	49
6	3,029	5,304	45
7	2,373	4,609	52
8	2,478	4,453	51
9	3,113	5,338	44
10	4,787	5,925	34
11	3,945	5,504	38
12	2,999	5,175	45
13	3,427	5,440	42
14	6,761	6,973	28
15	2,619	5,391	49
16	3,243	5,069	43
17	3,198	5,835	43
18	5,941	6,606	30
19	6,520	7,177	28
20	3,748	5,805	40
21	4,732	5,906	34
22	4,500	6,061	35
23	1,348	3,602	73
24	3,536	5,610	41
25	3,477	5,479	41
26	6,516	7,129	28
27	5,343	6,189	32
28	4,954	5,958	33
29	2,724	4,752	48
30	6,258	6,884	29

**Tabela D.2.2 – Aplicação do Método das Diferenças acumuladas no primeiro conjunto  
de dados do CBR dinâmico sobre o parâmetro CBR**

<b>Método das Diferenças Acumuladas aplicados sobre os resultados de CBR obtidos segundo CBR<sub>d</sub> – Dezembro de 2020</b>							
<b>Ponto</b>	<b>Distância (m)</b>	<b>Distância Acomulada (m)</b>	<b>CBR (%)</b>	<b>Média do intervalo de CBR (%/m)</b>	<b>Área do Ponto (%/m)</b>	<b>Área Acumuladas dos Pontos (%/m)</b>	<b>Valor de Z<sub>x</sub></b>
1	0	0	42	42	0	0	0
2	102,05	102,05	36	39	3979,93	3979,93	-97,03
3	101,18	203,23	34	35	3541,40	7521,33	-597,96
4	103,71	306,94	42	38	3940,89	11462,22	-800,27
5	99,27	406,21	49	45,5	4516,62	15978,84	-249,42
6	101,39	507,60	45	47	4765,34	20744,17	465,31
7	105,59	613,19	52	48,5	5121,13	25865,31	1368,02
8	30,13	643,31	51	51,5	1551,56	27416,87	1715,97
9	67,47	710,79	44	47,5	3204,91	30621,78	2225,33
10	202,24	913,02	34	39	7887,22	38509,00	2033,05
11	101,23	1014,25	38	36	3644,20	42153,20	1633,12
12	99,83	1114,08	45	41,5	4143,12	46296,33	1787,79
13	102,36	1216,45	42	43,5	4452,83	50749,16	2151,10
14	98,60	1315,05	28	35	3450,94	54200,10	1662,96
15	108,82	1423,86	49	38,5	4189,43	58389,53	1505,10
16	88,64	1512,50	43	46	4077,28	62466,81	2041,28
17	109,06	1621,56	43	43	4689,73	67156,53	2373,84
18	195,14	1816,70	30	36,5	7122,61	74279,15	1700,45
19	99,40	1916,10	28	29	2882,48	77161,62	611,99
20	104,05	2020,15	40	34	3537,60	80699,22	-7,17
21	96,78	2116,92	34	37	3580,80	84280,02	-292,74
22	100,75	2217,67	35	34,5	3475,86	87755,88	-841,90
23	94,90	2312,57	73	54	5124,36	92880,24	491,31
24	104,17	2416,74	41	57	5937,59	98817,84	2267,30
25	100,28	2517,02	41	41	4111,53	102929,37	2372,52
26	101,24	2618,26	28	34,5	3492,77	106422,14	1820,68
27	100,25	2718,51	32	30	3007,49	109429,63	823,12
28	101,14	2819,65	33	32,5	3286,94	112716,57	69,58
29	108,08	2927,73	48	40,5	4377,29	117093,86	128,94
30	88,87	3016,60	29	38,5	3421,68	120515,54	0,00

**Tabela D.2.3 – Identificação dos pontos característicos dentro das seções homogêneas de CBR do ensaio CBR dinâmico**

<b>Valores característicos de CBR pelo CBR dinâmico as seções homogêneas identificadas – Dezembro de 2020</b>			
<b>Ponto</b>	<b>CBR(%)</b>	<b>Erro Quadrático</b>	<b>Erro Quadrático (%)</b>
<b>Seção 1</b>			
2	36	0,0908	9,08
3	34	0,0302	3,02
4	42	0,2726	27,26
MÉDIA		37,3	
DESVIO PADRÃO		4,2	
CBR <sub>1,k</sub>		33,0	
<b>Seção 2</b>			
4	42	0,0217	2,17
5	49	0,1413	14,13
6	45	0,0481	4,81
7	52	0,2112	21,12
8	51	0,1879	18,79
9	44	0,0248	2,48
MÉDIA		47,2	
DESVIO PADRÃO		4,1	
CBR <sub>2,k</sub>		42,9	
<b>Seção 3</b>			
9	44	0,3528	35,28
10	34	0,0454	4,54
11	38	0,1683	16,83
12	45	0,3836	38,36
13	42	0,2913	29,13
14	28	0,1391	13,91
15	49	0,5066	50,66
MÉDIA		40	
DESVIO PADRÃO		7,2	
CBR <sub>3,k</sub>		32,5	
<b>Seção 4</b>			
15	49	0,1837	18,37
16	43	0,0387	3,87
17	43	0,0387	3,87
MÉDIA		45	
DESVIO PADRÃO		3,5	
CBR <sub>4,k</sub>		41,4	

<b>Seção 5</b>			
17	43	0,4805	48,05
18	30	0,0329	3,29
19	28	0,0359	3,59
20	40	0,3772	37,72
21	34	0,1706	17,06
22	35	0,2051	20,51
MÉDIA		35	
DESVIO PADRÃO		5,7	
CBR <sub>5,k</sub>		29,0	
<b>Seção 6</b>			
22	35	0,1834	18,34
23	73	1,4681	146,81
24	41	0,3862	38,62
25	41	0,3862	38,62
MÉDIA		47,5	
DESVIO PADRÃO		17,2	
CBR <sub>6,k</sub>		29,6	
<b>Seção 7</b>			
25	41	0,3862	38,62
26	28	0,0533	5,33
27	32	0,0819	8,19
28	33	0,1157	11,57
MÉDIA		33,5	
DESVIO PADRÃO		5,4	
CBR <sub>7,k</sub>		27,8	
<b>Seção 8</b>			
28	33	0,1157	11,57
29	48	0,6229	62,29
MÉDIA		40,5	
DESVIO PADRÃO		10,6	
CBR <sub>8,k</sub>		29,5	

# **APÊNDICE E – Resultados do segundo conjunto de ensaios (Março)**

## E.1 Resultados, cálculos e comparação de dados do LFWD

**Tabela E.1.1 – Resultados do segundo conjunto de dados obtidos em março de 2021 para os pontos georreferenciados da estrada utilizando o equipamento ZFG 3.0 para LFWD**

Light Falling Weight Deflectometer - Março de 2021						
Ponto	s <sub>1</sub> (mm)	s <sub>2</sub> (mm)	S <sub>3</sub> (mm)	s <sub>m</sub> (mm)	s/v (10 <sup>-3</sup> s)	E <sub>vd</sub> (MPa)
1	1,714	1,892	1,835	1,814	3,241	18,61
2	1,392	1,482	1,520	1,465	4,047	23,04
3	2,390	2,502	2,595	2,496	5,050	13,52
4	1,371	1,272	1,310	1,318	5,190	25,61
5	3,201	3,272	3,298	3,257	4,816	10,36
6	1,640	1,551	1,582	1,591	3,210	21,21
7	0,866	0,84	0,830	0,845	2,986	39,94
8	1,439	1,438	1,432	1,436	3,888	23,5
9	0,671	0,687	0,675	0,678	2,864	49,78
10	1,387	1,255	1,191	1,278	3,198	26,41
11	1,922	1,888	1,886	1,899	4,681	17,77
12	2,549	2,663	2,599	2,604	4,067	12,96
13	1,100	1,071	1,082	1,084	4,085	31,13
14	0,877	0,91	0,899	0,895	2,935	37,71
15	1,380	1,378	1,365	1,374	3,964	24,56
16	3,881	3,523	3,527	3,644	5,799	9,26
17	0,855	0,831	0,812	0,833	2,960	40,52
18	2,541	2,516	2,484	2,514	5,611	13,42
19	2,757	2,72	2,609	2,695	4,764	12,52
20	1,752	1,706	1,627	1,695	4,718	19,91
21	1,651	1,69	1,601	1,647	3,814	20,49
22	2,142	2,114	2,091	2,116	5,363	15,95
23	1,536	1,861	2,023	1,807	3,515	18,68
24	1,882	1,744	1,614	1,747	3,418	19,32
25	1,834	1,783	1,766	1,794	5,014	18,81
26	3,254	3,241	3,179	3,225	6,015	10,47
27	0,790	0,776	0,776	0,781	3,311	43,21
28	5,860	0,243	2,093	2,732	5,833	12,35
29	1,419	1,415	1,414	1,416	4,371	23,83
30	2,954	3,582	3,427	3,321	5,296	10,16

**Tabela E.1.2 – Aplicação do Método das Diferenças acumuladas no segundo conjunto de dados do LFWD sobre o parâmetro  $E_{vd}$**

Método das Diferenças Acumuladas aplicados sobre os resultados de $E_{vd}$ obtidos segundo LFWD - Março de 2021							
Ponto	Distância (m)	Distância Acomulada (m)	$E_{vd}$ (MPa)	Média do intervalo de $E_{vd}$ (MPa)	Área do Ponto (MN/m)	Área Acumuladas dos Pontos (MN/m)	Valor de $Z_x$
1	0	0	18,61	18,61	0,000	0,000	0
2	102,05	102,05	23,04	20,83	2.125,18	2.125,18	-170,52
3	101,18	203,23	13,52	17,17	1.737,56	3.862,74	-709,15
4	103,71	306,94	25,61	21,39	2.218,44	6.081,18	-823,72
5	99,27	406,21	10,36	15,88	1.575,91	7.657,09	-1.480,89
6	101,39	507,60	21,21	18,54	1.880,06	9.537,15	-1.881,69
7	105,59	613,19	39,94	29,24	3.087,61	12.624,76	-1.169,43
8	30,13	643,31	23,5	26,37	794,48	13.419,24	-1.052,70
9	67,47	710,79	49,78	38,08	2.569,01	15.988,26	-1,52
10	202,24	913,02	26,41	32,24	6.520,65	22.508,90	1.969,63
11	101,23	1014,25	17,77	25,01	2.531,34	25.040,24	2.223,75
12	99,83	1114,08	12,96	18,98	1.895,17	26.935,41	1.873,06
13	102,36	1216,45	31,13	25,06	2.564,89	29.500,30	2.135,18
14	98,60	1315,05	37,71	31,38	3.094,34	32.594,64	3.011,46
15	108,82	1423,86	24,56	27,97	3.043,77	35.638,42	3.607,31
16	88,64	1512,50	9,26	18,62	1.650,04	37.288,46	3.263,40
17	109,06	1621,56	40,52	29,57	3.224,78	40.513,23	4.034,69
18	195,14	1816,70	13,42	21,49	4.194,33	44.707,56	3.839,17
19	99,40	1916,10	12,52	17,01	1.690,42	46.397,99	3.293,59
20	104,05	2020,15	19,91	18,46	1.920,55	48.318,54	2.873,51
21	96,78	2116,92	20,49	19,47	1.884,68	50.203,22	2.581,08
22	100,75	2217,67	15,95	17,71	1.784,49	51.987,71	2.099,11
23	94,90	2312,57	18,68	18,20	1.726,73	53.714,44	1.691,08
24	104,17	2416,74	19,32	18,76	1.953,99	55.668,43	1.301,71
25	100,28	2517,02	18,81	18,78	1.883,69	57.552,11	929,47
26	101,24	2618,26	10,47	14,63	1.480,84	59.032,95	132,83
27	100,25	2718,51	43,21	28,92	2.899,07	61.932,02	776,69
28	101,14	2819,65	12,35	20,63	2.086,88	64.018,90	588,41
29	108,08	2927,73	23,83	22,23	2.402,87	66.421,77	559,90
30	88,87	3016,60	10,16	16,20	1.439,42	67.861,19	0,00

**Tabela E.1.3 – Identificação dos pontos característicos dentro das seções homogêneas de  $E_{vd}$  do ensaio LFWD**

<b>Valores característicos de <math>E_{vd}</math> por LFWD para as seções homogêneas identificadas - Março de 2021</b>			
<b>Ponto</b>	<b><math>E_{vd}</math> (MPa)</b>	<b>Erro Quadrático</b>	<b>Erro Quadrático (%)</b>
<b>Seção 1</b>			
2	23,04	0,9228	92,28
3	13,52	0,1283	12,83
4	25,61	1,1372	113,72
5	10,36	0,1354	13,54
6	21,21	0,7700	77,00
MÉDIA		18,75	
DESVIO		6,51	
$E_{vd1,k}$		11,98	
<b>Seção 2</b>			
6	21,21	0,2589	25,89
7	39,94	1,3706	137,06
8	23,5	0,3948	39,48
9	49,78	1,9547	195,47
10	26,41	0,5675	56,75
11	17,77	0,0547	5,47
MÉDIA		29,77	
DESVIO		12,42	
$E_{vd2,k}$		16,85	
<b>Seção 3</b>			
11	17,77	0,4549	45,49
12	12,96	0,0611	6,11
13	31,13	1,5488	154,88
14	37,71	2,0876	208,76
15	24,56	1,0109	101,09
16	9,26	0,2418	24,18
17	40,52	2,3176	231,76
MÉDIA		24,84	
DESVIO		12,14	
$E_{vd3,k}$		12,21	
<b>Seção 4</b>			
17	40,52	6,2299	622,99
18	13,42	1,3945	139,45

19	12,52	1,2339	123,39
MÉDIA		22,15	
DESVIO		15,91	
E <sub>vd4,k</sub>		5,60	
<b>Seção 5</b>			
19	12,52	0,1679	16,79
20	19,91	0,3233	32,33
21	20,49	0,3618	36,18
22	15,95	0,0601	6,01
23	18,68	0,2415	24,15
24	19,32	0,2841	28,41
25	18,81	0,2502	25,02
MÉDIA		17,95	
DESVIO		2,80	
E <sub>vd5,k</sub>		15,05	
<b>Seção 6</b>			
25	18,81	1,3269	132,69
26	10,47	0,2952	29,52
27	43,21	4,3454	434,54
28	12,35	0,5278	52,78
29	23,83	1,9479	194,79
MÉDIA		21,73	
DESVIO		13,13	
E <sub>vd6,k</sub>		8,08	

**Tabela E.1.4 – Comparação das medições nos pontos entre o LFWD desempenhado em dezembro e o desempenhado em março**

<b>Ponto</b>	<b>E<sub>vd</sub> (MPa) pelo autor (Dez. de 2020)</b>	<b>E<sub>vd</sub> (MPa) pelo autor (Mar. de 2021)</b>	<b>Diferença (MPa)</b>	<b>em %</b>
1	31,63	18,61	-13,02	-41%
2	22,58	23,04	0,46	2%
3	22,59	13,52	-9,07	-40%
4	22,31	25,61	3,3	15%
5	24,12	10,36	-13,76	-57%
6	33,28	21,21	-12,07	-36%
7	32,77	39,94	7,17	22%
8	52,82	23,5	-29,32	-56%
9	27,37	49,78	22,41	82%
10	18,83	26,41	7,58	40%
11	26,26	17,77	-8,49	-32%
12	21,52	12,96	-8,56	-40%
13	28,53	31,13	2,6	9%
14	24,21	37,71	13,5	56%
15	23,54	24,56	1,02	4%
16	44,35	9,26	-35,09	-79%
17	21,66	40,52	18,86	87%
18	11,66	13,42	1,76	15%
19	11,75	12,52	0,77	7%
20	20,91	19,91	-1	-5%
21	18,35	20,49	2,14	12%
22	19,27	15,95	-3,32	-17%
23	32,48	18,68	-13,8	-42%
24	24,32	19,32	-5	-21%
25	25,32	18,81	-6,51	-26%
26	14,43	10,47	-3,96	-27%
27	18,13	43,21	25,08	138%
28	25,47	12,35	-13,12	-52%
29	42,61	23,83	-18,78	-44%
30	16,62	10,16	-6,46	-39%

## E.2 Resultados, cálculos e comparação de dados do CBR dinâmico

Tabela E.2.1 – Resultados do primeiro segundo conjunto de dados obtidos em março de 2021 para os pontos georreferenciados da estrada utilizando a extensão do equipamento ZFG 3.0 para aplicar CBR dinâmico

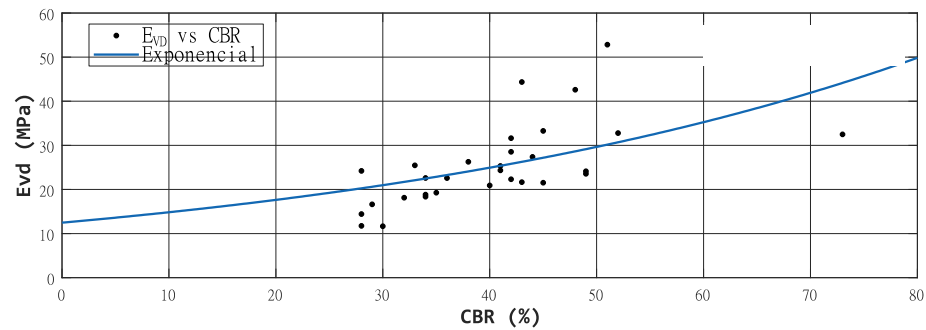
Californian Bearing Ratio - Março de 2021			
Ponto	s1 (Sm)	s/v(10 <sup>-3</sup> s)	CBR (%)
1	5,654	6,226	31
2	4,402	5,701	36
3	6,458	6,560	29
4	2,806	5,329	47
5	8,576	7,652	24
6	9,460	7,717	23
7	3,889	5,846	39
8	2,241	4,349	54
9	5,291	6,605	32
10	3,444	5,740	42
11	7,776	7,694	26
12	2,550	5,070	50
13	7,434	6,913	26
14	2,678	5,548	48
15	4,730	5,632	34
16	4,509	6,215	35
17	7,295	7,186	27
18	8,849	7,677	24
19	4,028	6,121	38
20	7,683	7,386	26
21	6,545	6,857	28
22	7,789	7,605	26
23	4,288	6,104	36
24	6,145	6,411	29
25	4,831	6,374	34
26	11,329	8,384	20
27	14,603	9,129	17
28	4,202	5,907	37
29	9,617	8,382	22
30	4,040	6,051	38

**Tabela E.2.2 – Aplicação do Método das Diferenças acumuladas no segundo conjunto de dados do CBR dinâmico sobre o parâmetro CBR**

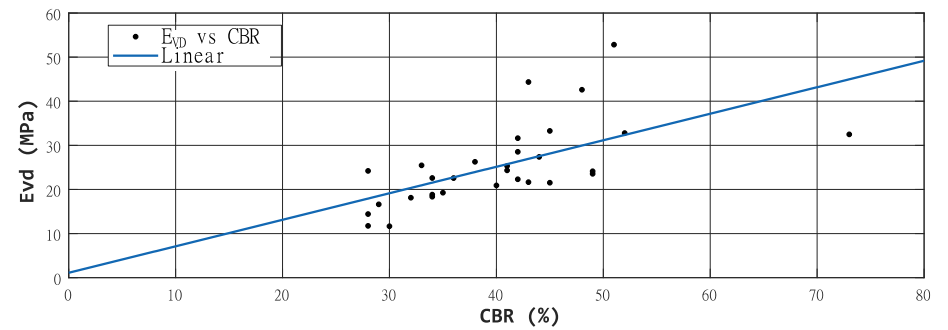
Método das Diferenças Acumuladas aplicados sobre os resultados de CBR obtidos segundo CBR dinâmico							
Ponto	Distância (m)	Distância Acomulada (m)	CBR (%)	Média do intervalo de CBR (%/m)	Área do Ponto (%/m)	Área Acumuladas dos Pontos (%/m)	Valor de Z <sub>x</sub>
1	0	0	31	31	0	0	0
2	102,05	102,05	36	33,5	3418,66	3418,66	148,51
3	101,18	203,23	29	32,5	3288,44	6707,10	194,57
4	103,71	306,94	47	38	3940,89	10647,99	812,17
5	99,27	406,21	24	35,5	3523,95	14171,95	1155,16
6	101,39	507,60	23	23,5	2382,67	16554,61	288,80
7	105,59	613,19	39	31	3273,30	19827,92	178,48
8	30,13	643,31	54	46,5	1400,92	21228,84	613,98
9	67,47	710,79	32	43	2901,29	24130,13	1353,15
10	202,24	913,02	42	37	7482,75	31612,88	2355,28
11	101,23	1014,25	26	34	3441,74	35054,62	2553,20
12	99,83	1114,08	50	38	3793,70	38848,32	3147,74
13	102,36	1216,45	26	38	3889,83	42738,16	3757,34
14	98,60	1315,05	48	37	3648,14	46386,30	4245,91
15	108,82	1423,86	34	41	4461,47	50847,77	5220,39
16	88,64	1512,50	35	34,5	3057,96	53905,72	5438,01
17	109,06	1621,56	27	31	3380,97	57286,69	5324,06
18	195,14	1816,70	24	25,5	4976,07	62262,76	4046,92
19	99,40	1916,10	38	31	3081,27	65344,03	3943,07
20	104,05	2020,15	26	32	3329,51	68673,54	3938,41
21	96,78	2116,92	28	27	2613,01	71286,55	3450,19
22	100,75	2217,67	26	27	2720,24	74006,79	2941,93
23	94,90	2312,57	36	31	2941,76	76948,55	2842,78
24	104,17	2416,74	29	32,5	3385,47	80334,02	2890,20
25	100,28	2517,02	34	31,5	3158,86	83492,88	2835,57
26	101,24	2618,26	20	27	2733,47	86226,36	2324,84
27	100,25	2718,51	17	18,5	1854,62	88080,97	966,98
28	101,14	2819,65	37	27	2730,69	90811,66	456,77
29	108,08	2927,73	22	29,5	3188,39	94000,06	181,73
30	88,87	3016,60	38	30	2666,24	96666,30	0,00

# **APÊNDICE F – Correlações entre ensaios**

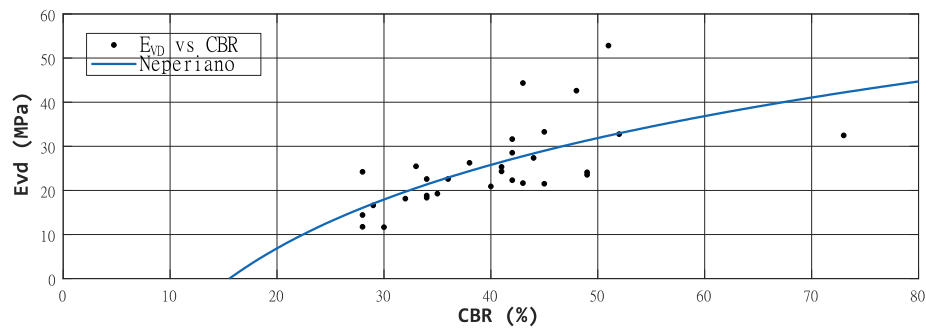
## **F.1 Correlações entre ensaios pelos dados do primeiro conjunto (Dezembro de 2020)**



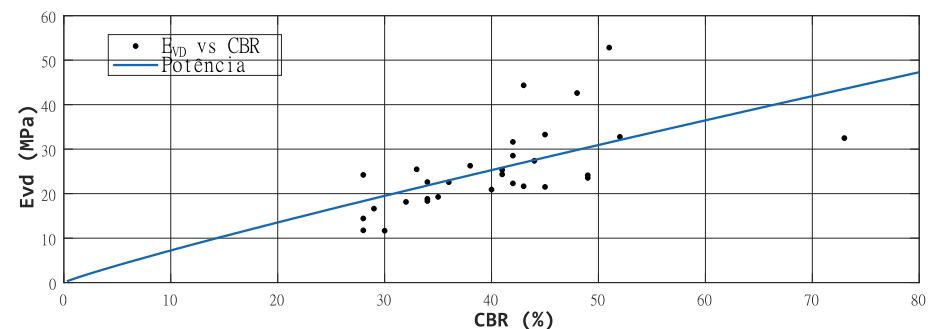
**Equação:  $12,47 e^{(0,01731x)}$**   
 **$R^2 = 0,3138$**



**Equação:  $0,6009x + 1,108$**   
 **$R^2 = 0,38$**

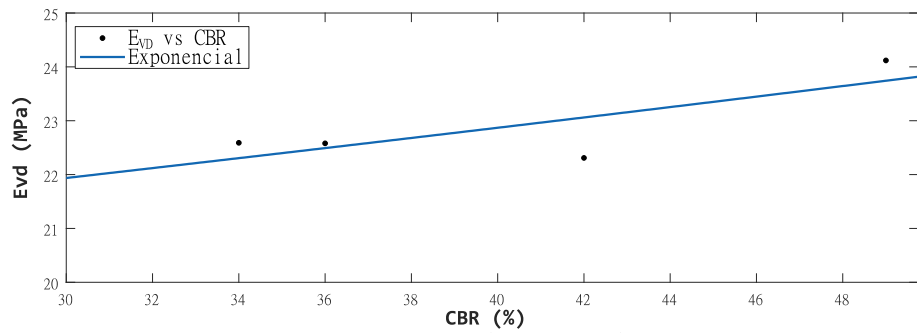


**Equação:  $27,28 \ln^{(-74,86)}$**   
 **$R^2 = 0,4282$**

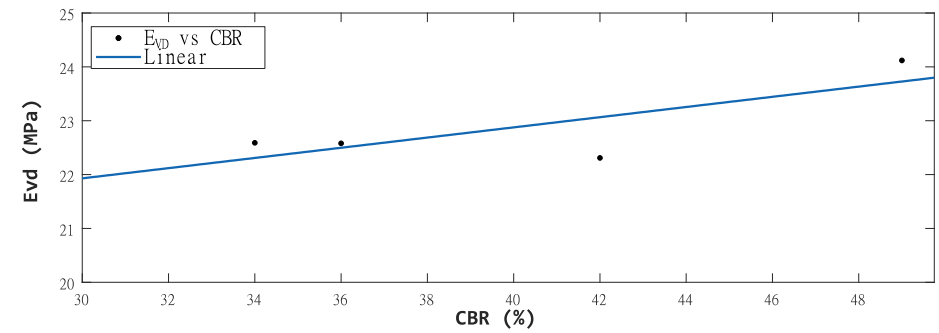


**Equação:  $0,9035 x^{(0,9032)}$**   
 **$R^2 = 0,3843$**

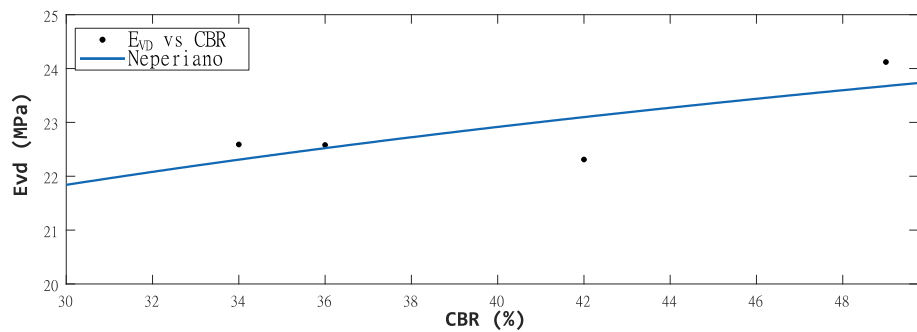
**Figura F.1.1 – Correlação de todos os valores de  $E_{vd}$  com todos os valores de  $CBR_d$  dos ensaios dinâmicos em dezembro.**



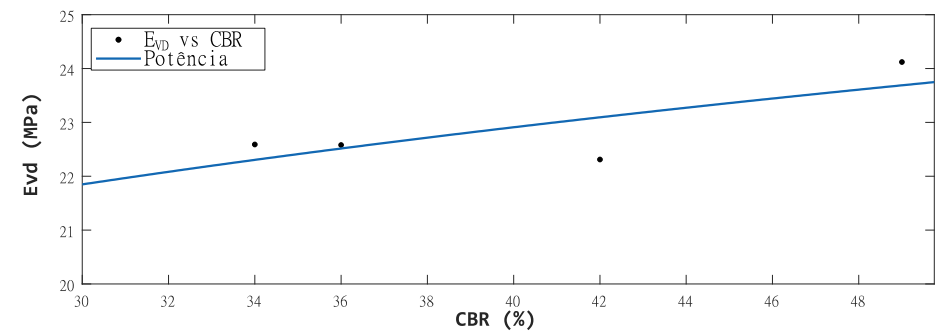
**Equação:  $19,36 e^{(0,004163x)}$**   
 **$R^2 = 0,6094$**



**Equação:  $0,09463 x + 19,09$**   
 **$R^2 = 0,6017$**

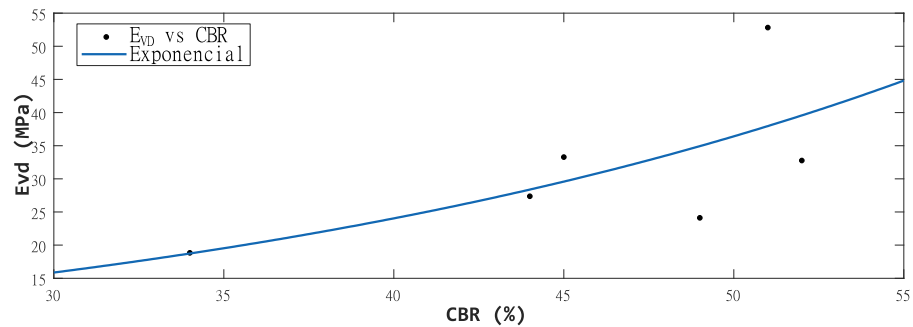


**Equação:  $3,739 \ln (x) + 9,123$**   
 **$R^2 = 0,5565$**

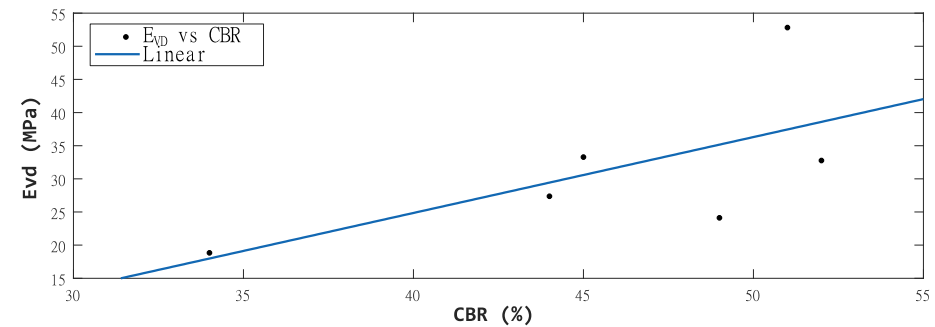


**Equação:  $12,47 x^{(0,1648)}$**   
 **$R^2 = 0,5639$**

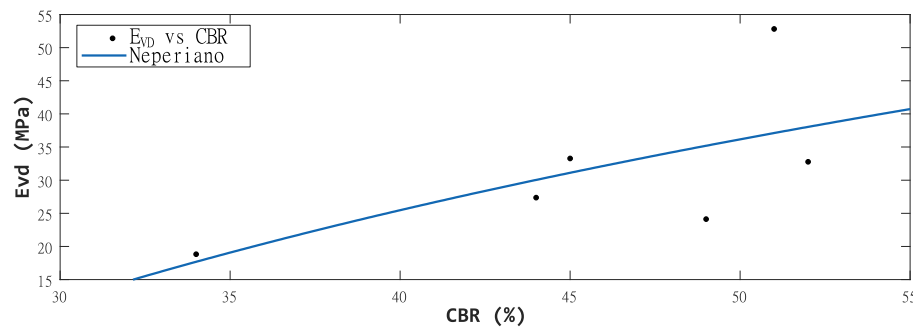
**Figura F.1.2 – Correlação da 1ª Seção homogênea de E<sub>vd</sub> com os respectivos CBR<sub>d</sub>.**



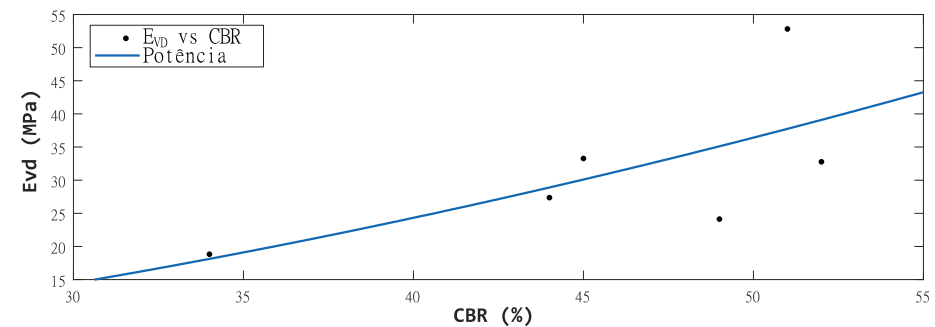
**Equação:  $4,563 e^{(0,04154x)}$**   
 **$R^2 = 0,4233$**



**Equação:  $1,145 x - 20,96$**   
 **$R^2 = 0,4152$**

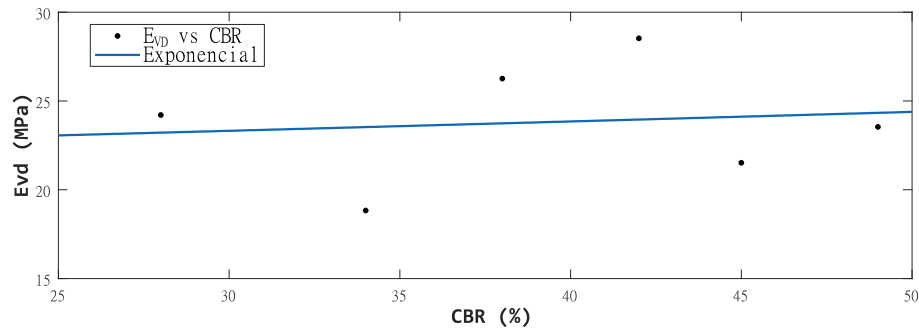


**Equação:  $47,91 \ln(x) - 151,3$**   
 **$R^2 = 0,4065$**

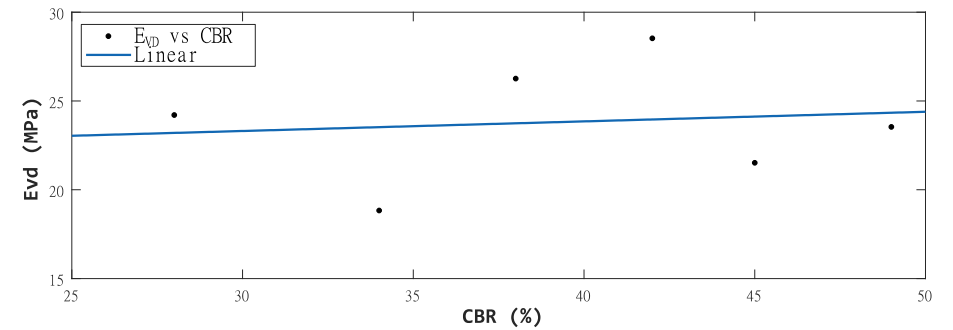


**Equação:  $0,03073 x^{(1,809)}$**   
 **$R^2 = 0,42$**

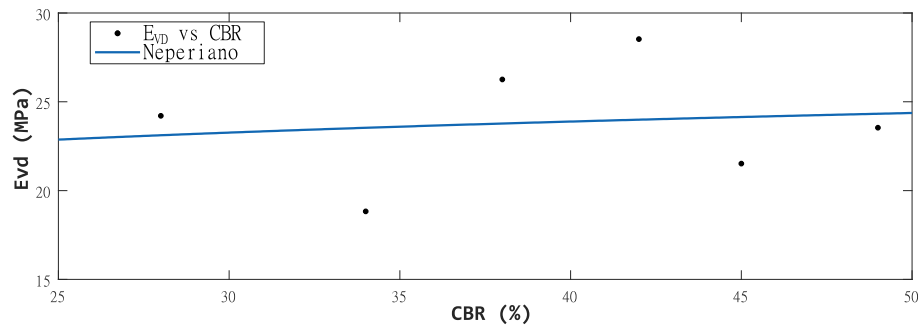
**Figura F.1.3 – Correlação da 2ª Seção homogênea de  $E_{vd}$  com os respectivos  $CBR_d$ .**



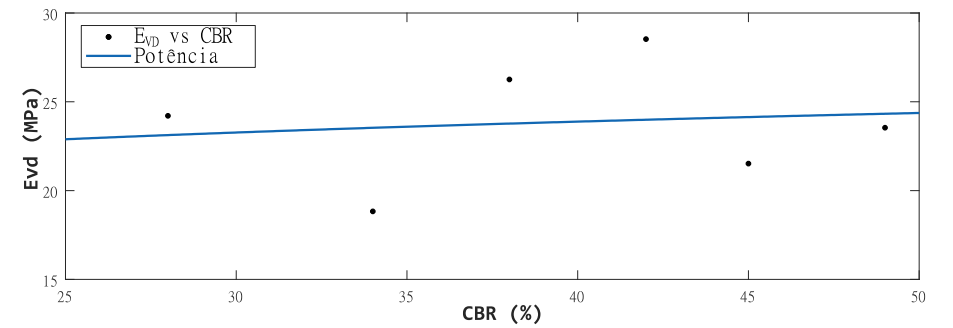
**Equação:  $21,81 e^{(0,002235x)}$**   
 **$R^2 = 0,0143$**



**Equação:  $0,0541 x + 21,69$**   
 **$R^2 = 0,01456$**

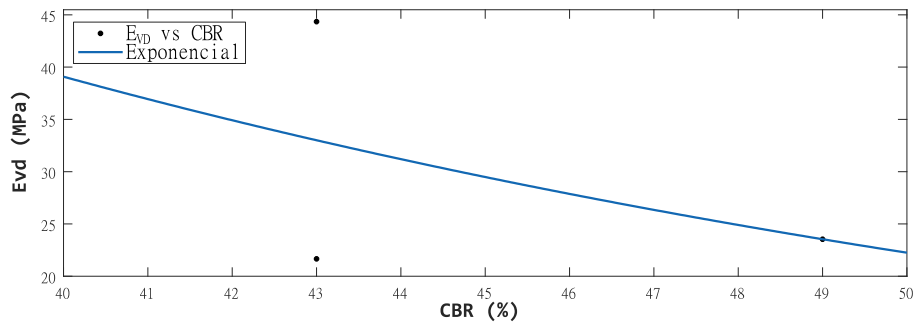


**Equação:  $2,164 \ln(x) + 15,91$**   
 **$R^2 = 0,01654$**

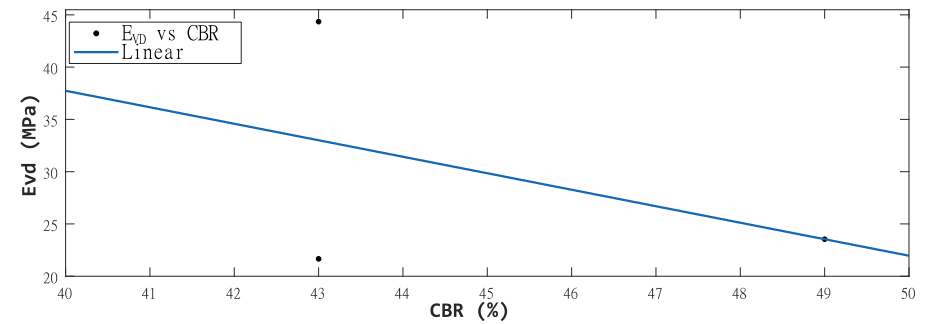


**Equação:  $17,11 x^{(0,0905)}$**   
 **$R^2 = 0,01642$**

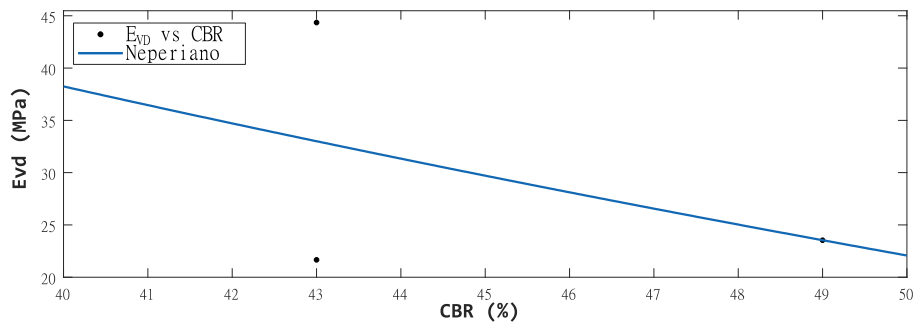
**Figura F.1.4 – Correlação da 3ª Seção homogênea de  $E_{vd}$  com os respectivos  $CBR_a$ .**



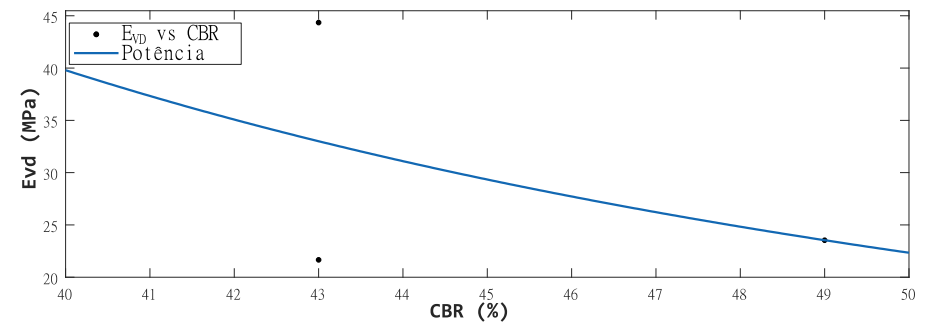
**Equação:  $371,9 e^{(-0,05633x)}$**   
 **$R^2 = 0,1883$**



**Equação:  $-1,578 x + 100,8$**   
 **$R^2 = 0,1883$**

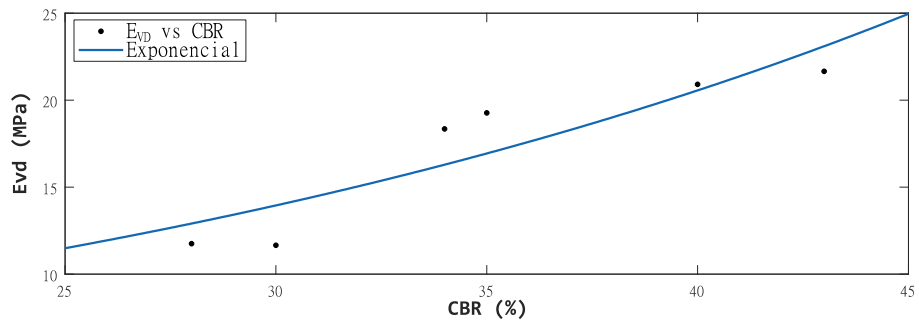


**Equação:  $-72,46 \ln(x) + 305,5$**   
 **$R^2 = 0,1883$**

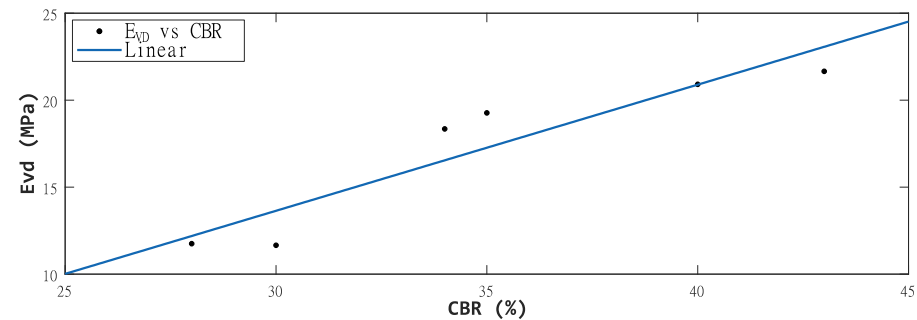


**Equação:  $5,558 \cdot 10^5 x^{(-2,587)}$**   
 **$R^2 = 0,1883$**

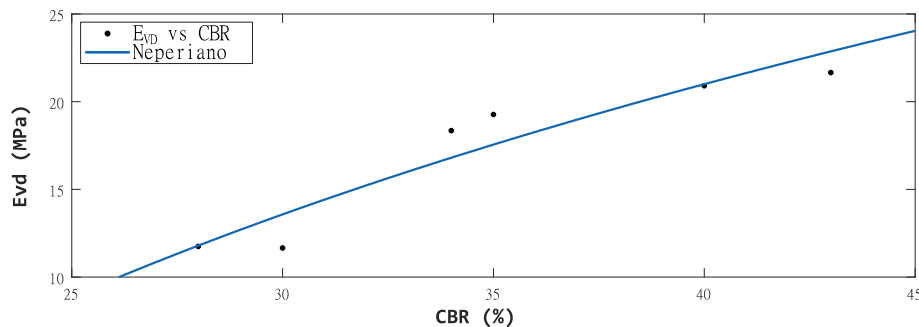
**Figura F.1.5 – Correlação da 4ª Seção homogênea de  $E_{vd}$  com os respectivos valores de  $CBR_d$ .**



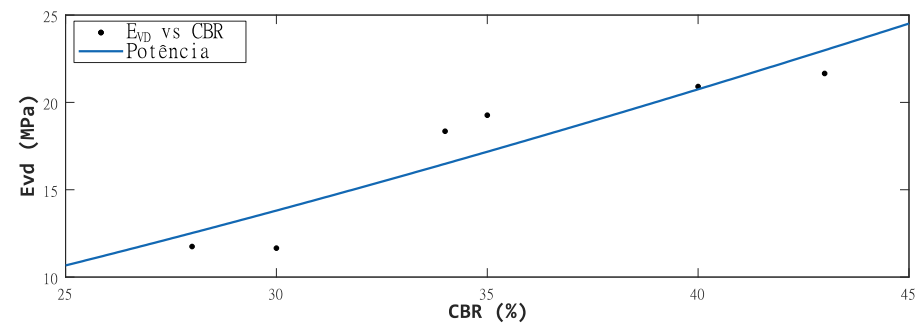
**Equação:  $4,355 e^{(0,0388 x)}$**   
 **$R^2 = 0,8147$**



**Equação:  $0,7252 x - 8,115$**   
 **$R^2 = 0.8657$**

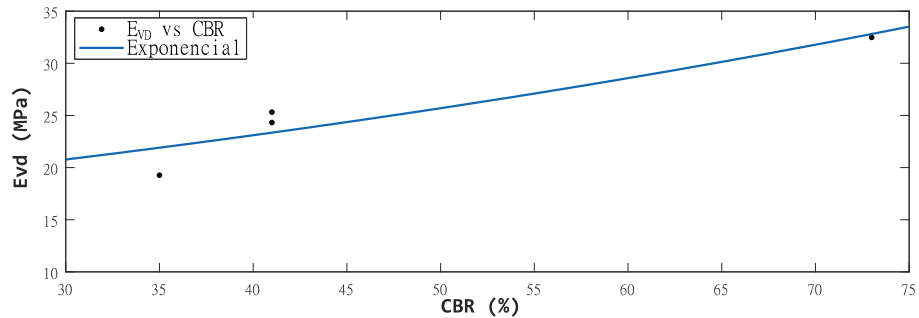


**Equação:  $25,81 \ln(x) - 74,21$**   
 **$R^2 = 0,895$**

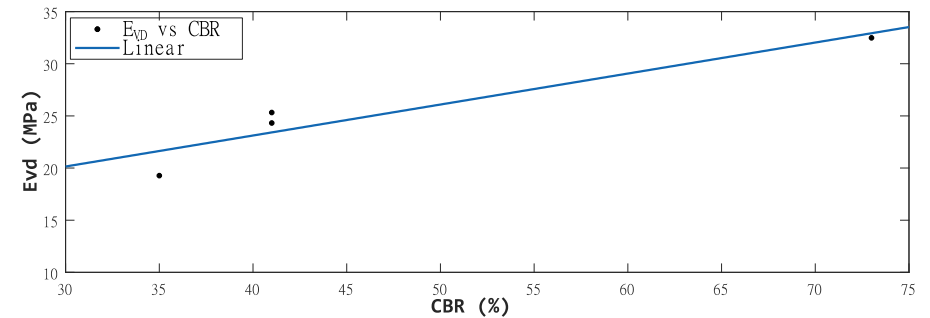


**Equação:  $0,112 x^{(1,416)}$**   
 **$R^2 = 0,8508$**

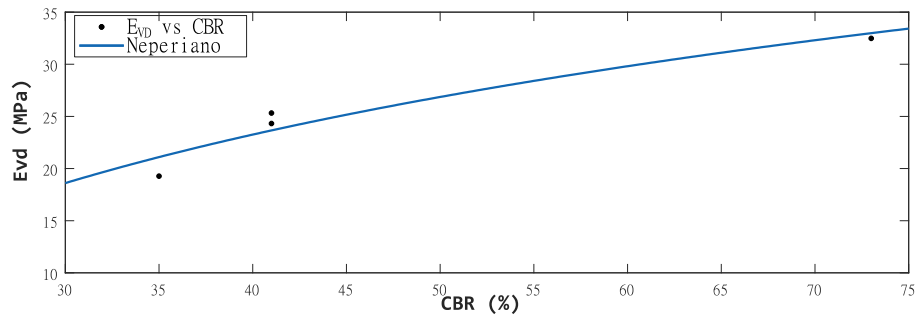
**Figura F.1.6 – Correlação da 5ª Seção homogênea de  $E_{vd}$  com os respectivos valores de  $CBR_d$ .**



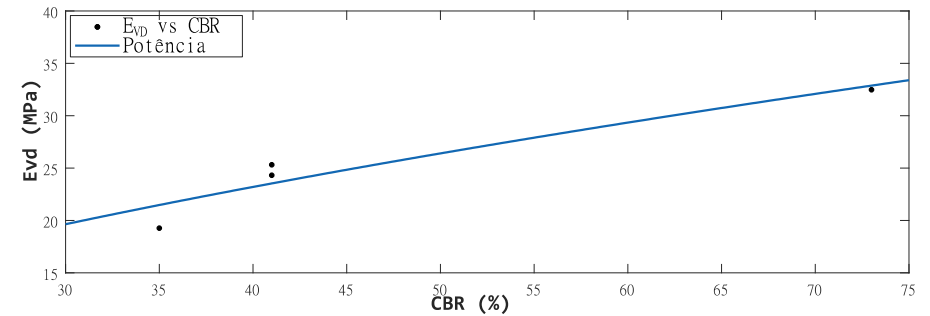
**Equação:  $15,1 e^{(0,01063x)}$**   
 **$R^2 = 0,8662$**



**Equação:  $0,2971x + 11,24$**   
 **$R^2 = 0,8849$**

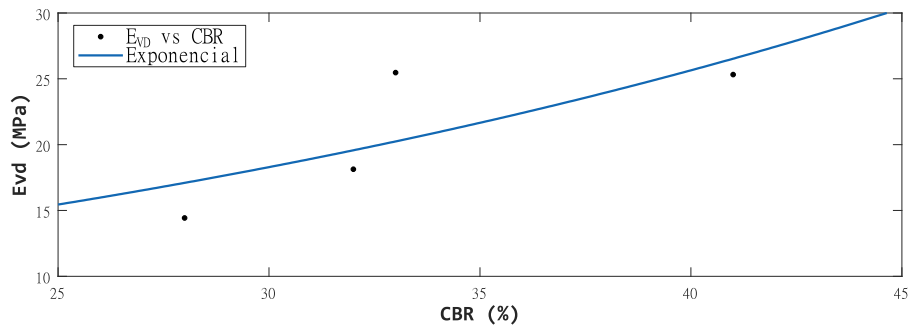


**Equação:  $16,17 \ln(x) - 36,38$**   
 **$R^2 = 0,9234$**

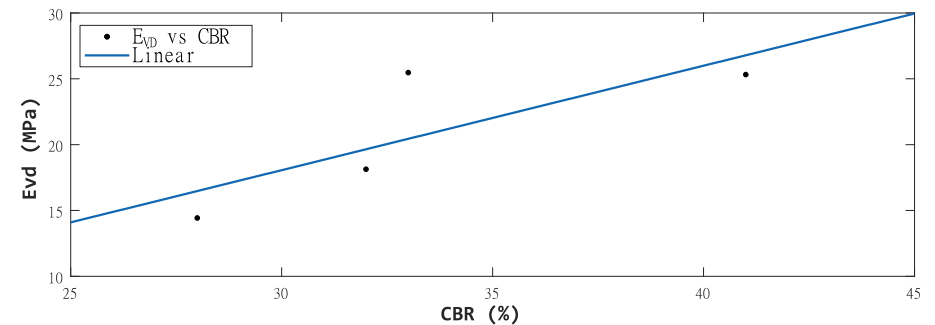


**Equação:  $2,739 x^{(0,5792)}$**   
 **$R^2 = 0,9008$**

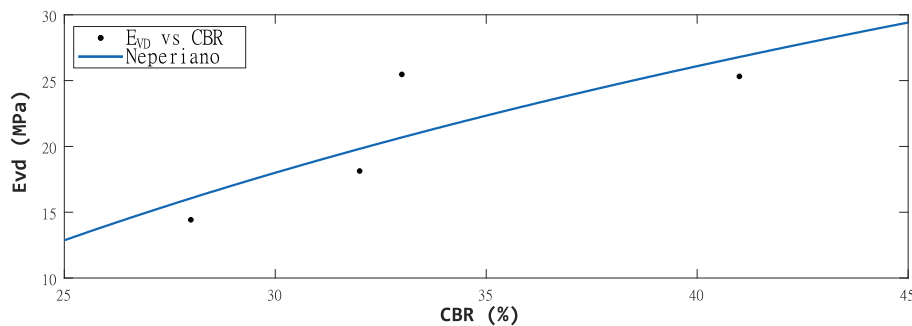
**Figura F.1.7 – Correlação da 6ª Seção homogênea de  $E_{vd}$  com os respectivos valores de  $CBR_d$ .**



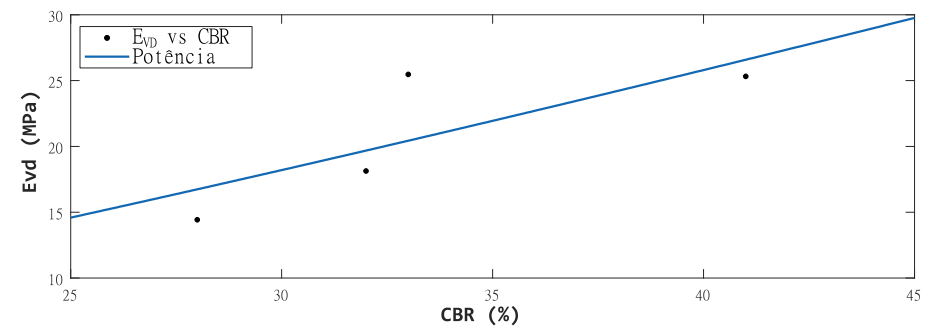
**Equação:  $6,637 e^{(0,03379x)}$**   
 **$R^2 = 0,5779$**



**Equação:  $0,7933x - 5,739$**   
 **$R^2 = 0,6228$**



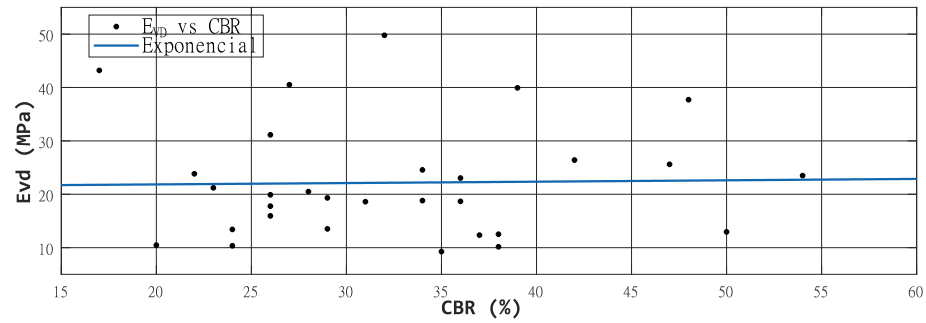
**Equação:  $28,14 \ln(x) - 77,72$**   
 **$R^2 = 0,66$**



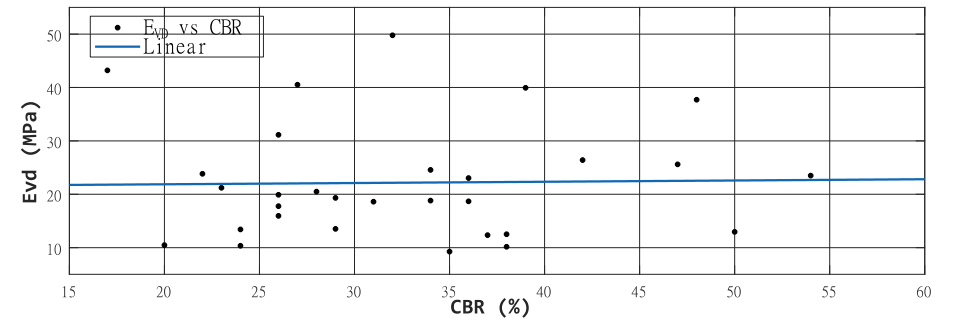
**Equação:  $0,2944 x^{(1,213)}$**   
 **$R^2 = 0,6138$**

**Figura F.1.8 – Correlação da 7ª Seção homogênea de  $E_{vd}$  com os respectivos valores de  $CBR_a$ .**

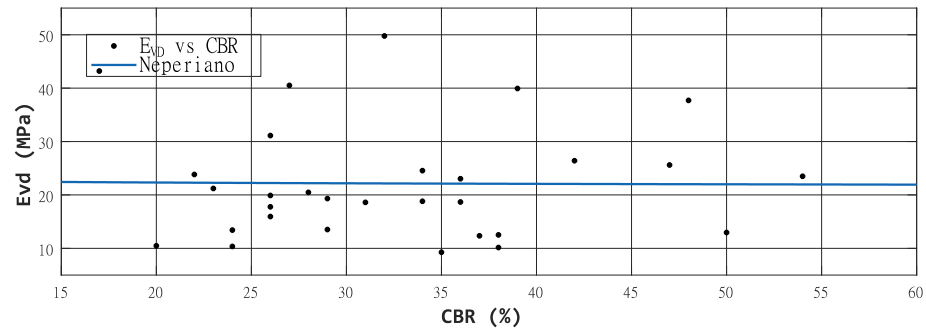
## **F.2 Correlações entre ensaios pelos dados do segundo conjunto (Março de 2021)**



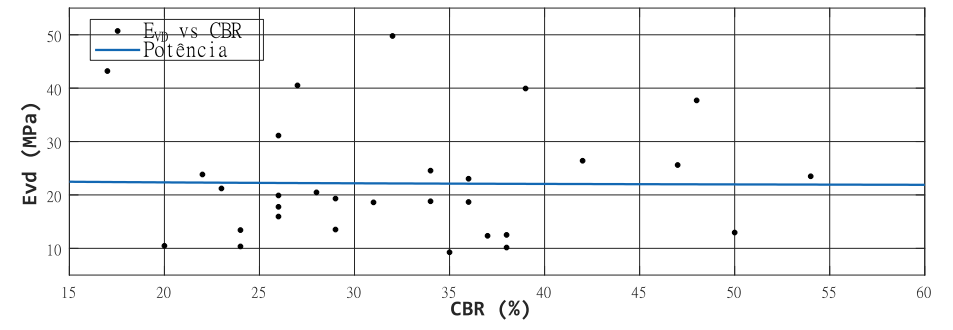
**Equação:  $21,35 e^{(0,001154x)}$**   
 **$R^2 = 0,0004467$**



**Equação:  $0,02371 x + 21,39$**   
 **$R^2 = 0,0004129$**

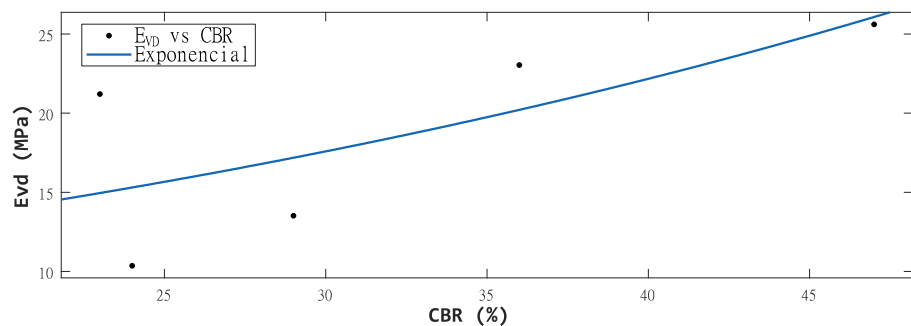


**Equação:  $-0,3633 \ln(x) + 23,42$**   
 **$R^2 = 0,00009$**

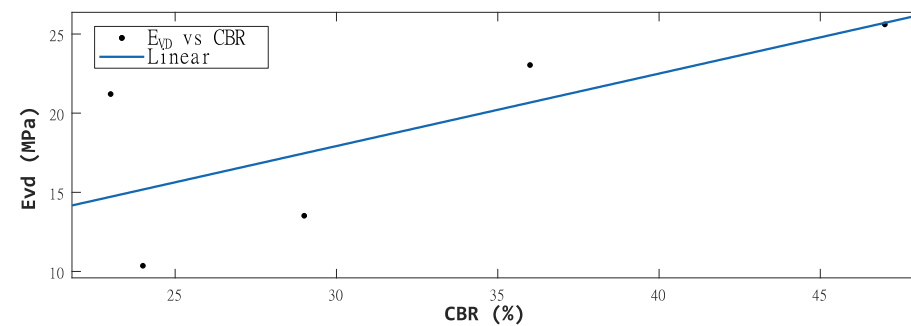


**Equação:  $23,64 x^{(-0,01871)}$**   
 **$R^2 = 0,0001025$**

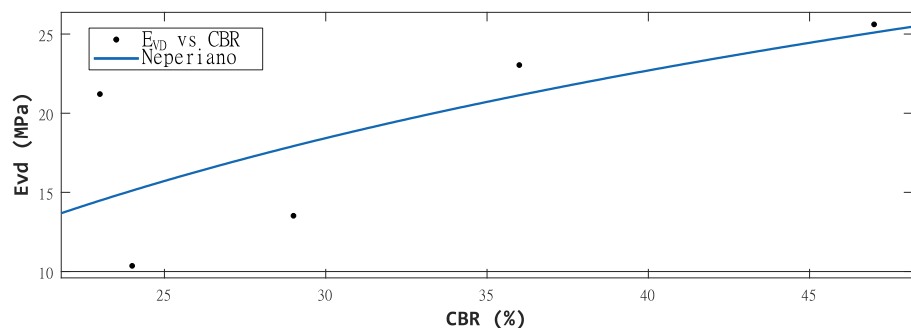
**Figura F.2.1 – Correlação de todos os valores de  $E_{vd}$  com todos os valores de  $CBR_d$  dos ensaios dinâmicos em março.**



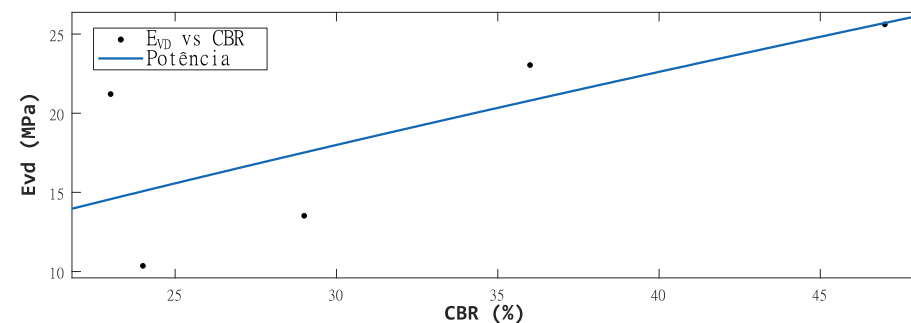
**Equação:  $8,779 e^{(0,02316x)}$**   
 **$R^2 = 0,4964$**



**Equação:  $0,4578 x + 4,191$**   
 **$R^2 = 0,4888$**

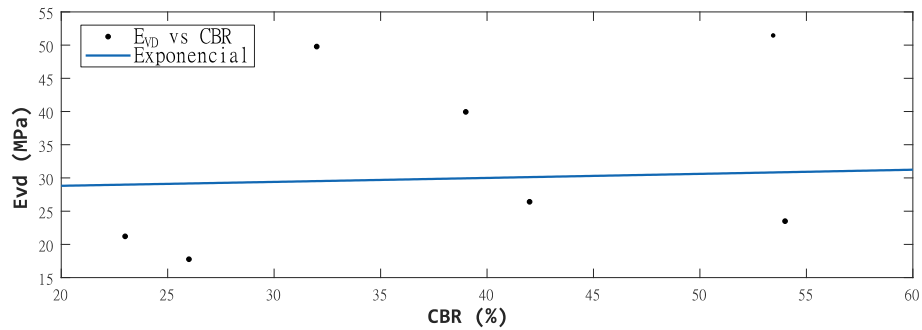


**Equação:  $14,85 \ln(x) - 32,1$**   
 **$R^2 = 0,4614$**

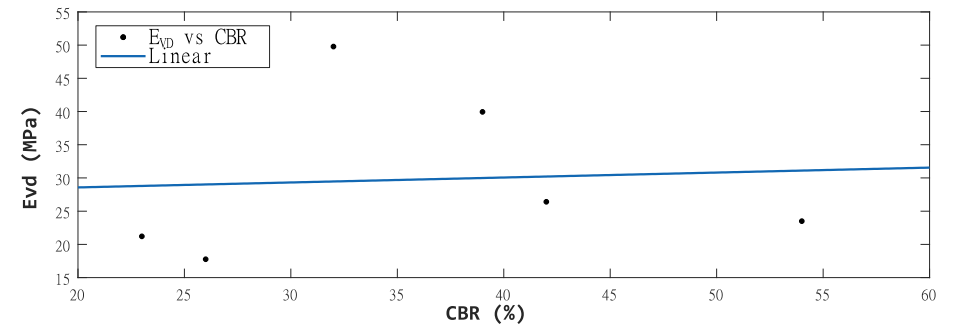


**Equação:  $1,209 x^{(0,7938)}$**   
 **$R^2 = 0,4843$**

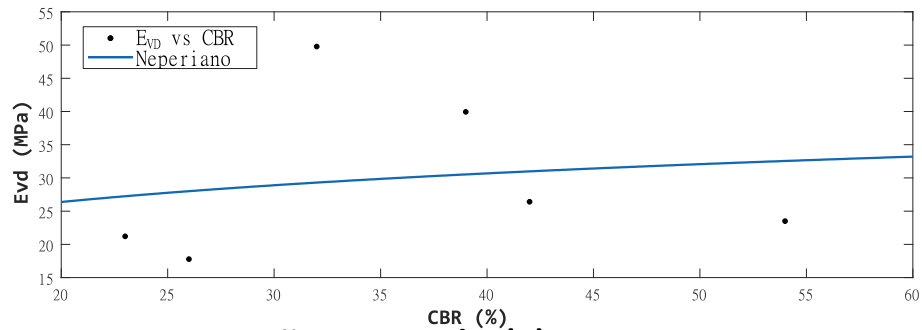
**Figura F.2.2 – Correlação da 1ª Seção homogênea de  $E_{vd}$  com os respectivos valores de  $CBR_d$ .**



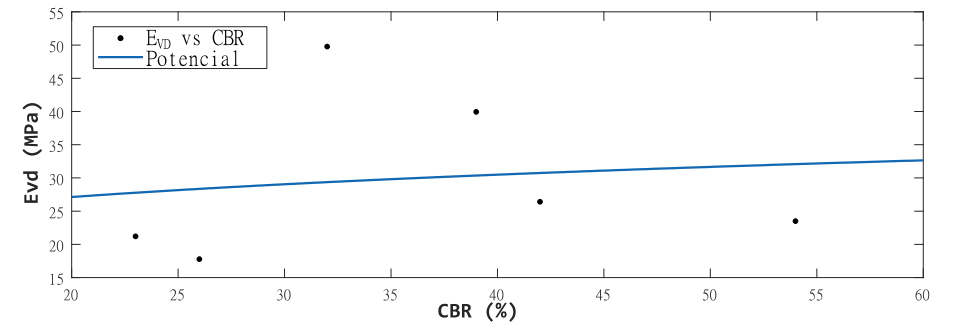
**Equação:  $27,68 e^{(0,02017x)}$**   
 **$R^2 = 0,0038$**



**Equação:  $0,07451 x + 27,09$**   
 **$R^2 = 0,0047$**

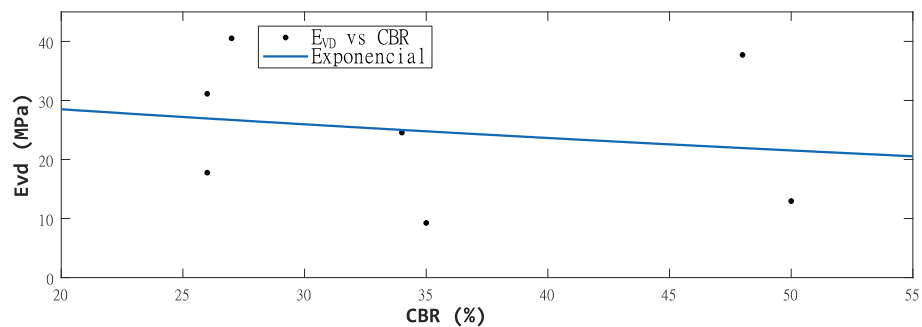


**Equação:  $6,217 \ln(x) - 7,749$**   
 **$R^2 = 0,0252$**

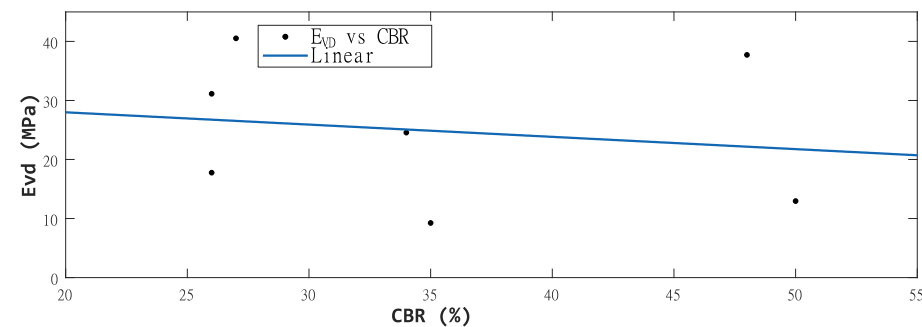


**Equação:  $16,37 x^{(0,1687)}$**   
 **$R^2 = 0,02043$**

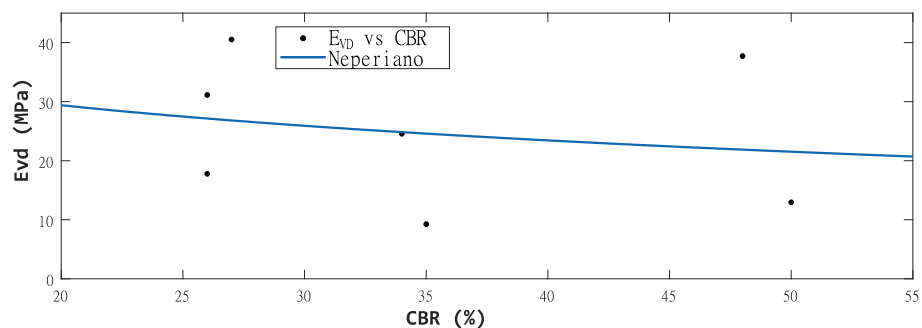
**Figura F.2.3 – Correlação da 2ª Seção homogênea de  $E_{vd}$  com os respectivos valores de  $CBR_d$ .**



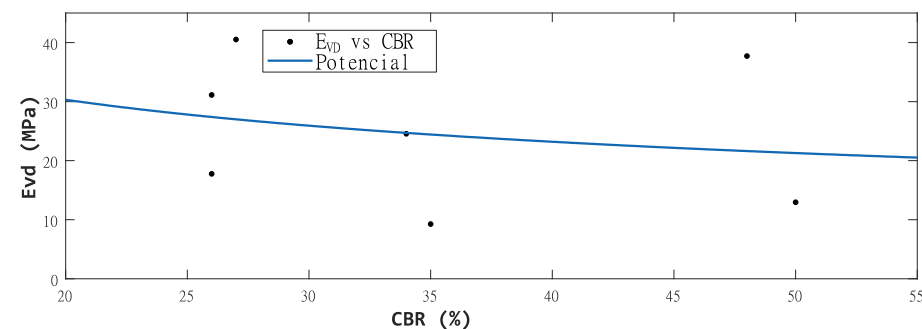
**Equação:  $34,37 e^{(-0,00935x)}$**   
 **$R^2 = 0,0329$**



**Equação:  $-0,2078 x + 32,15$**   
 **$R^2 = 0,0303$**

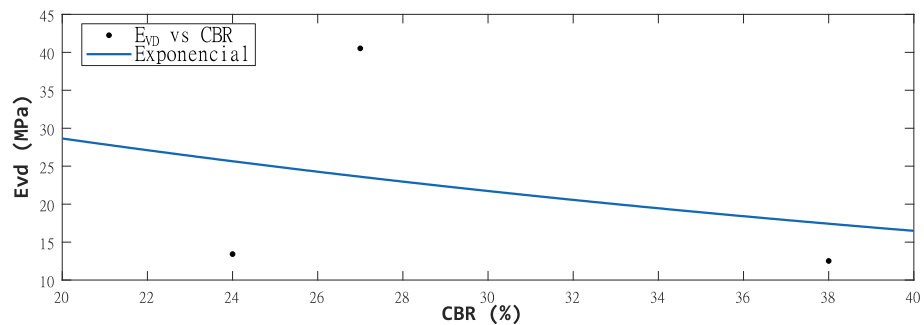


**Equação:  $-8,593 \ln (x) + 55,14$**   
 **$R^2 = 0,0388$**

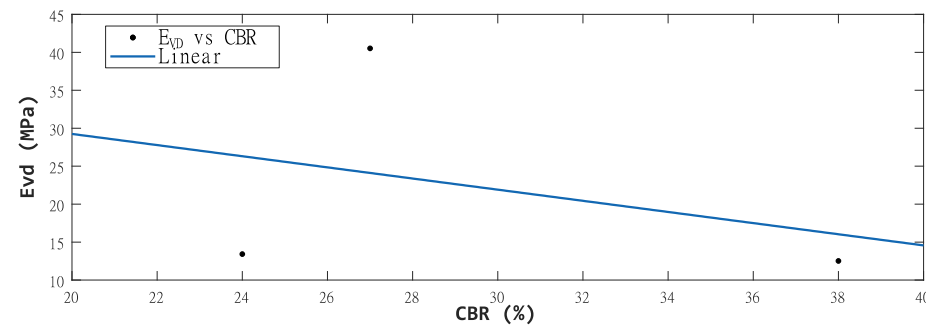


**Equação:  $96,28 x^{(-0,3858)}$**   
 **$R^2 = 0,0423$**

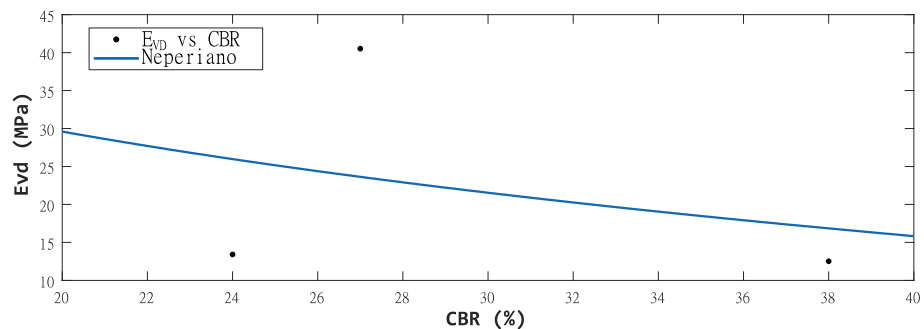
**Figura F.2.4 – Correlação da 3ª Seção homogênea de  $E_{vd}$  com os respectivos valores de  $CBR_d$ .**



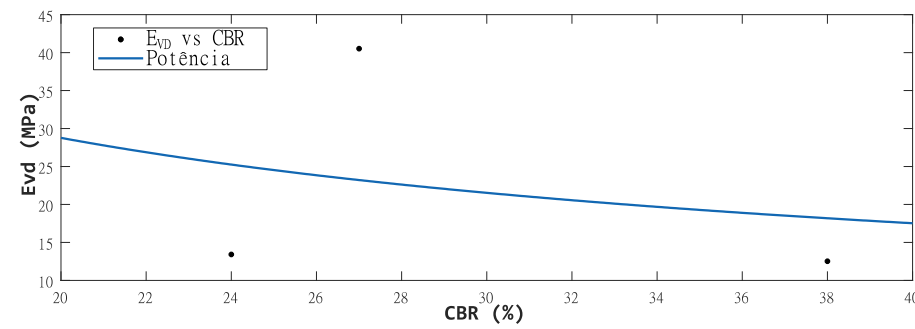
**Equação:  $49,79 e^{(-0,02763x)}$**   
 **$R^2 = 0,0925$**



**Equação:  $- 5,411 x + 22,15$**   
 **$R^2 = 0,1156$**

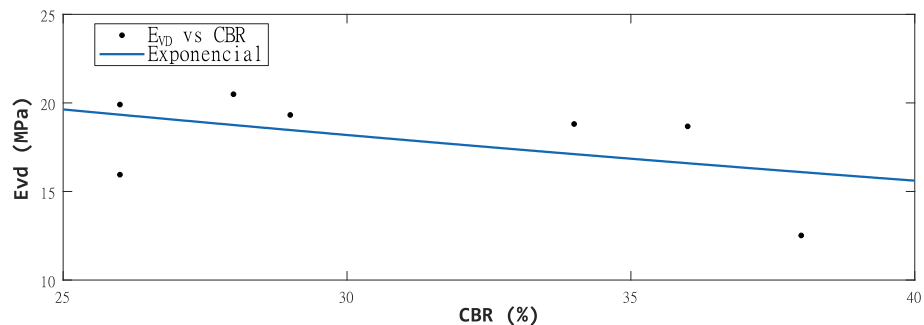


**Equação:  $-19,87 \ln (x) + 89,11$**   
 **$R^2 = 0,08879$**

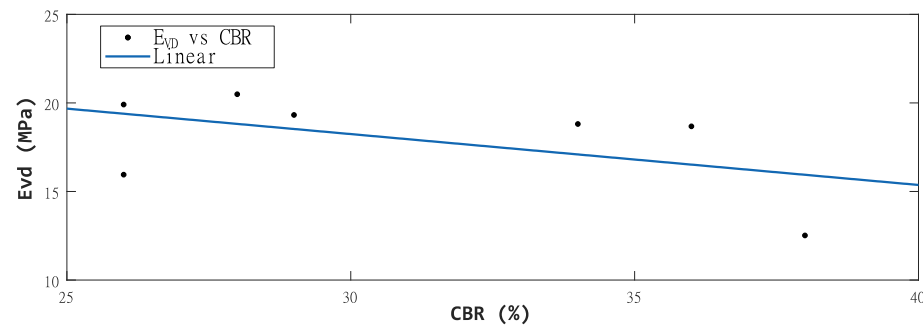


**Equação:  $245,1 x^{(-0,7152)}$**   
 **$R^2 = 0,06876$**

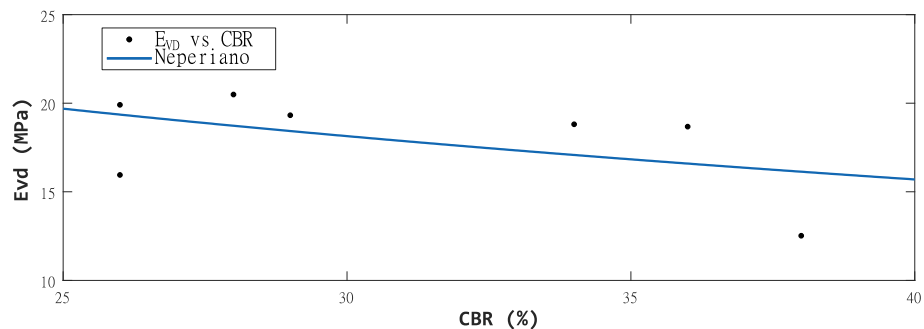
**Figura F.2.5 – Correlação da 4ª Seção homogênea de  $E_{vd}$  com os respectivos valores de  $CBR_d$ .**



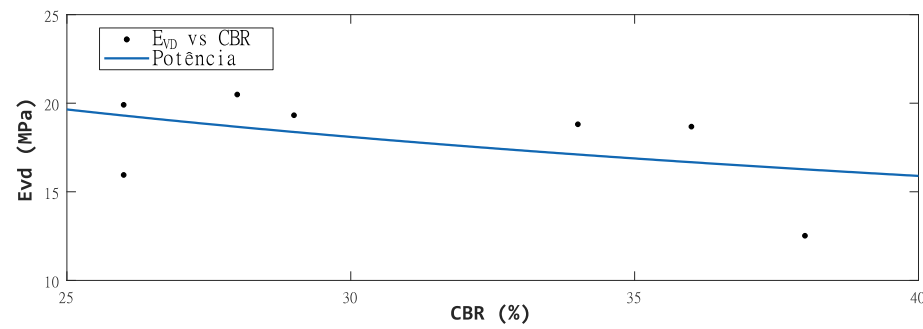
**Equação:  $28,77 e^{(-0,01528 x)}$**   
 **$R^2 = 0,2424$**



**Equação:  $-0,2873 x + 26,86$**   
 **$R^2 = 0,2567$**

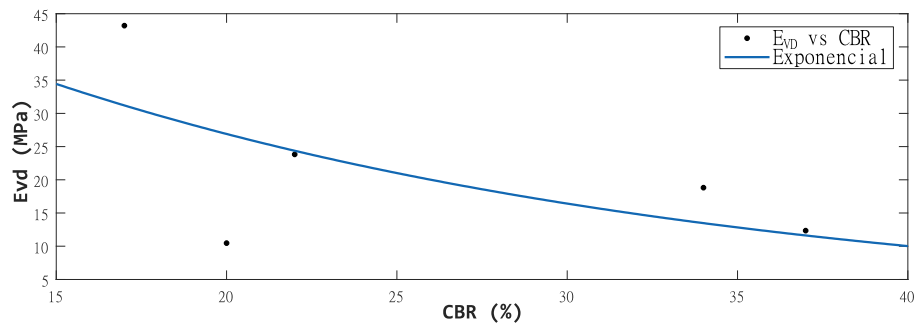


**Equação:  $-8,497 \ln(x) + 47,04$**   
 **$R^2 = 0,228$**

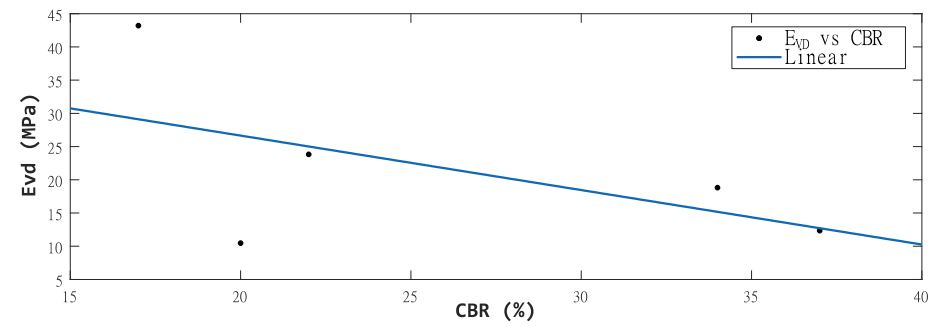


**Equação:  $83,84 x^{(-0,4508)}$**   
 **$R^2 = 0,2154$**

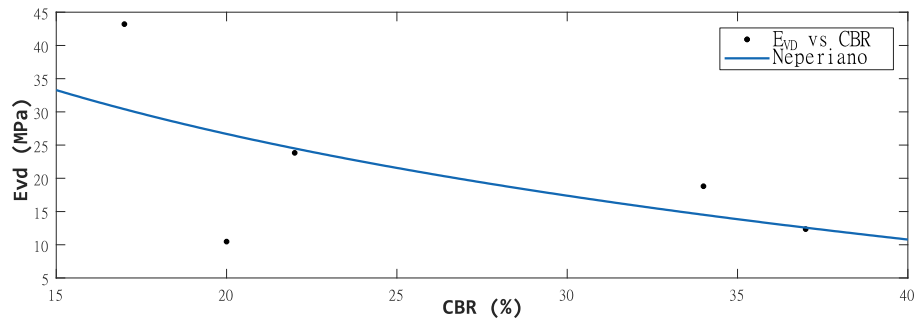
**Figura F.2.6 – Correlação da 5ª Seção homogênea de  $E_{vd}$  com os respectivos valores de  $CBR_d$ .**



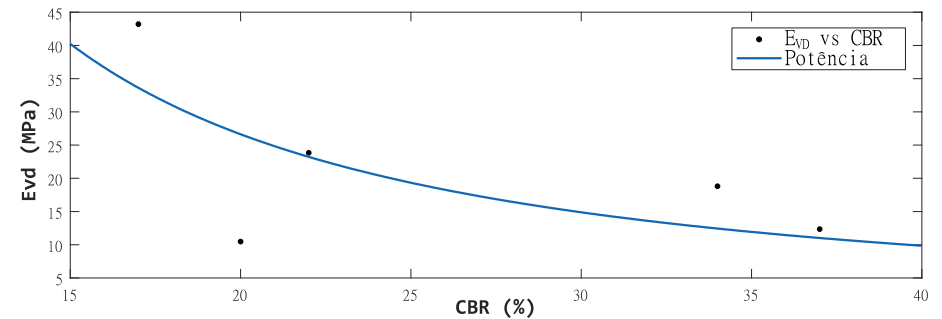
**Equação:  $72,21 e^{(-0,04937 x)}$**   
 **$R^2 = 0,3563$**



**Equação:  $-0,8198 x + 43,05$**   
 **$R^2 = 0,3102$**



**Equação:  $-22,93 \ln(x) + 95,39$**   
 **$R^2 = 0,3533$**




**Equação:  $1.959 x^{(-1,435)}$**   
 **$R^2 = 0,4256$**

**Figura F.2.7 – Correlação da 6ª Seção homogênea de  $E_{vd}$  com os respectivos valores de  $CBR_d$ .**

# **APÊNDICE G – Tabelas e Figuras relacionadas aos ensaios laboratoriais**

## G.1 Análise Granulométrica

 <b>INSTITUTO POLITÉCNICO DE BRAGANÇA</b> Escola Superior de Tecnologia e Gestão	<b>Análise Graunométrica por Peneiração Úmida</b>	
	<b>Ponto (Amostra):</b>	Ponto 5 (1)
	<b>Data:</b>	08/06/2021

Massa total da amostra: (g)	<b>mt=</b>	1250
Massa retida no peneiro de 2.00 mm (n°10) (g)	<b>m10=</b>	592
Massa passada no peneiro de 2.00 mm (n°10) (g)	<b>m' 10=</b>	658

Fração retida no peneiro de 2,00 mm (n°10)				
Peneiros	Massa retida (g)	% Retida	% Acumulada retida	% Acumulada que passa
76.1 - ( 3´)	0	0	0	100
50.8 - ( 2´)	0	0	0	100
38,10- ( 11/2 )	0	0	0	100
25,4 - ( 1´)	80	6,41	6,41	93,59
19 - (3/4)	23	1,85	8,26	91,74
9,51 - (3/8)	58	4,60	12,86	87,14
4.76 - (n4)	111	8,85	21,71	78,29
2 - (n10)	321	25,65	47,36	52,64
< 2,00 - (n10)		0		
<b>TOTAL</b>	592	47,36		

Fração passada no peneiro de 2,00 mm (n°10)				
Massa da amostra ensaiada, ma=	83	$N^{\circ}10=(m'10/mt) \times 100$	=	53
Peneiros	Massa retida (g)	% Retida (total)	% Acumulada retida	% total acumulada que passa
20	25	15,75	63,10	36,90
40	17	10,99	74,09	25,91
60	11	6,67	80,76	19,24
140	13	8,26	89,01	10,99
200	3	1,91	90,92	9,08
< 200	14			
<b>TOTAL</b>	83			

**Análise Graunométrica por Peneiração Úmida**

**Ponto (Amostra):** Ponto 6 (2)

**Data:** 08/06/2021

Massa total da amostra: (g)	<b>mt=</b>	1250
Massa retida no peneiro de 2.00 mm (n°10) (g)	<b>m10=</b>	553
Massa passada no peneiro de 2.00 mm (n°10) (g)	<b>m' 10=</b>	697

Fração retida no peneiro de 2,00 mm (n°10)				
Peneiros	Massa retida (g)	% Retida	% Acumulada retida	% Acumulada que passa
76.1 - ( 3´)	0	0	0	100
50.8 - ( 2´)	0	0	0	100
38,10- ( 11/2 )	0	0	0	100
25,4 - ( 1´)	0	0	0	100
19 - (3/4)	30	2,36	2,36	97,64
9,51 - (3/8)	28	2,23	4,59	95,41
4,76 - (n4)	149	11,90	16,49	83,51
2 - (n10)	347	27,73	44,22	55,78
< 2,00 - (n10)		0		
<b>TOTAL</b>	553	44,21861247		

Fração passada no peneiro de 2,00 mm (n°10)				
Massa da amostra ensaiada, ma=	78	$N^{\circ}10=(m'10/mt) \times 100$	=	56
Peneiros	Massa retida (g)	% Retida (total)	% Acumulada retida	% total acumulada que passa
20	23	16,84	61,06	38,94
40	16	11,52	72,58	27,42
60	9	6,69	79,27	20,73
140	13	9,14	88,41	11,59
200	3	2,02	90,43	9,57
< 200	13			
<b>TOTAL</b>	78			

**Análise Graunométrica por Peneiração Úmida**

**Ponto (Amostra):** Ponto 11 (3)

**Data:** 08/06/2021

Massa total da amostra: (g)	<b>mt=</b>	1008
Massa retida no peneiro de 2.00 mm (n°10) (g)	<b>m10=</b>	472
Massa passada no peneiro de 2.00 mm (n°10) (g)	<b>m' 10=</b>	537

**Fração retida no peneiro de 2,00 mm (n°10)**

Peneiros	Massa retida (g)	% Retida	% Acumulada retida	% Acumulada que passa
76.1 - ( 3´)	0	0	0	100
50.8 - ( 2´)	0	0	0	100
38,10- ( 11/2 )	0	0	0	100
25,4 - ( 1´)	0	0	0	100
19 - (3/4)	9	0,87	0,87	99,13
9,51 - (3/8)	35	3,45	4,33	95,67
4,76 - (n4)	137	13,60	17,93	82,07
2 - (n10)	291	28,85	46,78	53,22
< 2,00 - (n10)		0		
<b>TOTAL</b>	472	46,78		

**Fração passada no peneiro de 2,00 mm (n°10)**

Massa da amostra ensaiada, ma=	86	$N^{\circ}10 = (m'10/mt) \times 100$ =	53	
Peneiros	Massa retida (g)	% Retida (total)	% Acumulada retida	% total acumulada que passa
20	23	14,45	61,22	38,78
40	17	10,31	71,54	28,46
60	12	7,10	78,64	21,36
140	15	9,01	87,65	12,35
200	3	1,98	89,63	10,37
< 200	17			
<b>TOTAL</b>	86			

### Análise Graunométrica por Peneiração Úmida

**Ponto (Amostra):** Ponto 18 (4)

**Data:** 08/06/2021

Massa total da amostra: (g)	<b>mt=</b>	866
Massa retida no peneiro de 2.00 mm (n°10) (g)	<b>m10=</b>	280
Massa passada no peneiro de 2.00 mm (n°10) (g)	<b>m' 10=</b>	586

Fração retida no peneiro de 2,00 mm (n°10)				
Peneiros	Massa retida (g)	% Retida	% Acumulada retida	% Acumulada que passa
76.1 - ( 3´)	0	0	0	100
50.8 - ( 2´)	0	0	0	100
38,10- ( 11/2 )	0	0	0	100
25,4 - ( 1´)	0	0	0	100
19 - (3/4)	0	0	0	100
9,51 - (3/8)	3	0,31	0,31	99,69
4,76 - (n4)	73	8,37	8,68	91,32
2 - (n10)	205	23,69	32,37	67,63
< 2,00 - (n10)		0		
<b>TOTAL</b>	280	32,37094353		

Fração passada no peneiro de 2,00 mm (n°10)				
Massa da amostra ensaiada, ma=	75	$N^{\circ}10 = (m'10/mt) \times 100$	=	68
Peneiros	Massa retida (g)	% Retida (total)	% Acumulada retida	% total acumulada que passa
20	16	14,79	47,16	52,84
40	16	13,98	61,14	38,86
60	11	10,19	71,33	28,67
140	15	13,17	84,49	15,51
200	3	2,71	87,20	12,80
< 200	14			
<b>TOTAL</b>	75			

**Análise Graunométrica por Peneiração Úmida**

**Ponto (Amostra):** Ponto 27 (5)


**Data:** 08/06/2021

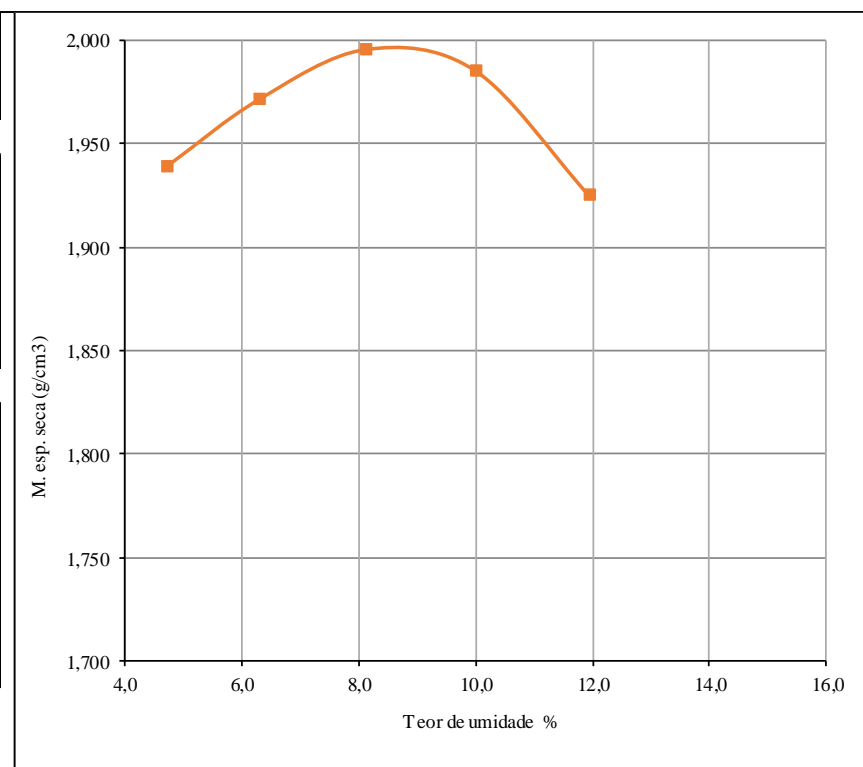
Massa total da amostra: (g)	<b>mt=</b>	1252
Massa retida no peneiro de 2.00 mm (n°10) (g)	<b>m10=</b>	551
Massa passada no peneiro de 2.00 mm (n°10) (g)	<b>m' 10=</b>	701

Fração retida no peneiro de 2,00 mm (n°10)				
Peneiros	Massa retida (g)	% Retida	% Acumulada retida	% Acumulada que passa
76.1 - ( 3´)	0	0	0	100
50.8 - ( 2´)	0	0	0	100
38,10- ( 11/2 )	0	0	0	100
25,4 - ( 1´)	0	0	0	100
19 - (3/4)	0	0	0	100
9,51 - (3/8)	30	2,41	2,41	97,59
4,76 - (n4)	179	14,28	16,69	83,31
2 - (n10)	342	27,32	44,01	55,99
< 2,00 - (n10)		0		
<b>TOTAL</b>	551	44,01		

Fração passada no peneiro de 2,00 mm (n°10)				
Massa da amostra ensaiada, ma=	78	$N^{\circ}10 = (m'10/mt) \times 100$	=	56
Peneiros	Massa retida (g)	% Retida (total)	% Acumulada retida	% total acumulada que passa
20	21	14,77	58,78	41,22
40	16	11,67	70,45	29,55
60	11	7,57	78,02	21,98
140	13	9,44	87,46	12,54
200	3	1,80	89,26	10,74
< 200	15			
<b>TOTAL</b>	78			

## G.2 Proctor

 INSTITUTO POLITÉCNICO DE BRAGANÇA Escola Superior de Tecnologia e Gestão		Ensaio PROCTOR			
		Ponto (Amostra):	5 (1)	Data:	11/06/2018
		Página:	1 de 1		
Número do ensaio	1	2	3	4	5
Peso do molde vazio (gr)	4822	4822	4822	4822	4822
Peso molde mais solo úmido (gr)	9065	9200	9330	9385	9325
Peso solo úmido (gr)	4243	4378	4508	4563	4503
Volume do molde (cm <sup>3</sup> )	2089	2089	2089	2089	2089
M. esp. úmida (0,001 gr/cm <sup>3</sup> )	2,031	2,096	2,158	2,184	2,156
Número do recipiente	2	1	4	6	10
Peso do recipiente (0,1gr)	162,07	162,61	172,00	161,40	163,70
Peso recip. e solo um. (0,1gr)	525,00	550,60	611,00	506,70	625,50
Peso recip. e solo seco (0,1gr)	508,60	527,60	578,00	475,30	576,20
Peso da água (0,1gr)	16,40	23,00	33,00	31,40	49,30
Peso do solo seco (0,1gr)	346,53	364,99	406,00	313,90	412,50
Teor em água (0,1 %)	4,7	6,3	8,1	10,0	12,0
M. esp. seca (0,001 gr/cm <sup>3</sup> )	1,939	1,972	1,996	1,986	1,925
M. esp. seca máxima (g <sub>smax</sub> .)	2,000	(0,01g/cm <sup>3</sup> )			
Teor de umidade ótimo (W <sub>opt</sub> )	8,5	(0,1%)			



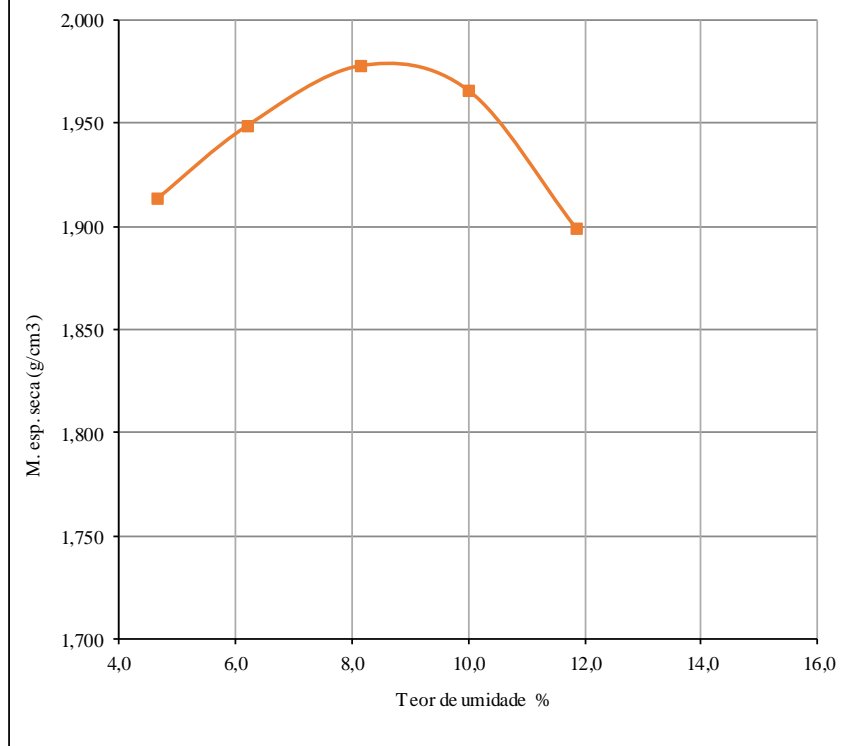
**Ensaio PROCTOR**

**Ponto (Amostra):** 6 (2) **Data:** 14/06/2021  
**Página:** 1 de 1

Número do ensaio	1	2	3	4	5
Peso do molde vazio (gr)	4822	4822	4822	4822	4822
Peso molde mais solo úmido (gr)	9005	9145	9290	9340	9260
Peso solo úmido (gr)	4183	4323	4468	4518	4438
Volume do molde (cm <sup>3</sup> )	2089	2089	2089	2089	2089
M. esp. úmida (0,001 gr/cm <sup>3</sup> )	2,002	2,069	2,139	2,163	2,124

Número do recipiente	2	1	4	6	10
Peso do recipiente (0,1gr)	162,07	162,61	172,00	161,40	163,70
Peso recip. e solo um. (0,1gr)	530,00	551,00	610,00	509,70	630,50
Peso recip. e solo seco (0,1gr)	513,60	528,30	577,00	478,00	581,00
Peso da água (0,1gr)	16,40	23,00	33,00	31,40	49,30
Peso do solo seco (0,1gr)	346,53	364,99	406,00	313,90	412,50
Teor em água (0,1 %)	4,7	6,2	8,1	10,0	11,9
M. esp. seca (0,001 gr/cm <sup>3</sup> )	1,913	1,948	1,978	1,966	1,899

M. esp. seca máxima (gsmáx.)	1,980	(0,01g/cm <sup>3</sup> )
Teor de umidade ótimo (Wopt)	8,5	.(0,1%)



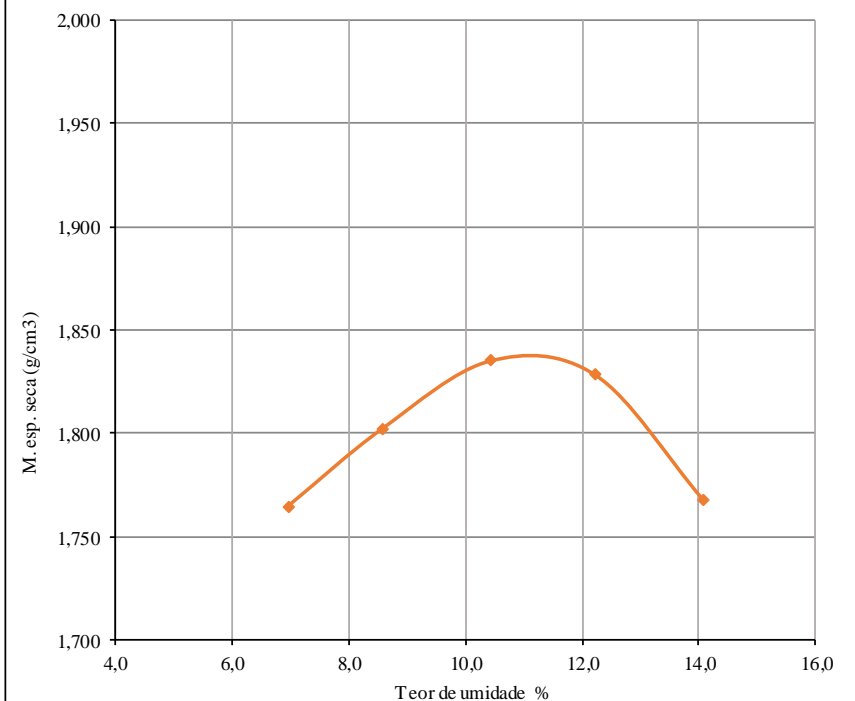
**Ensaio PROCTOR**

**Ponto (Amostra):** 11 (3)      **Data:** 16/06/2021  
**Página:** 1 de 1

Número do ensaio	1	2	3	4	5
Peso do molde vazio (gr)	4822	4822	4822	4822	4822
Peso molde mais solo úmido (gr)	8765	8910	9056	9109	9035
Peso solo úmido (gr)	3943	4088	4234	4287	4213
Volume do molde (cm <sup>3</sup> )	2089	2089	2089	2089	2089
M. esp. úmida (0,001 gr/cm <sup>3</sup> )	1,888	1,957	2,027	2,052	2,017

Número do recipiente	2	1	4	6	10
Peso do recipiente (0,1gr)	162,07	162,61	172,00	161,40	163,70
Peso recip. e solo um. (0,1gr)	526,00	555,00	621,00	510,00	630,00
Peso recip. e solo seco (0,1gr)	502,30	524,00	578,60	472,00	572,50
Peso da água (0,1gr)	23,70	31,00	42,40	38,00	57,50
Peso do solo seco (0,1gr)	340,23	361,39	406,60	310,60	408,80
Teor em água (0,1 %)	7,0	8,6	10,4	12,2	14,1
M. esp. seca (0,001 gr/cm <sup>3</sup> )	1,765	1,802	1,835	1,828	1,768

M. esp. seca máxima (gsmáx.)	1,840	(0,01g/cm <sup>3</sup> )
Teor de umidade ótimo (Wopt)	11,0	(0,1%)



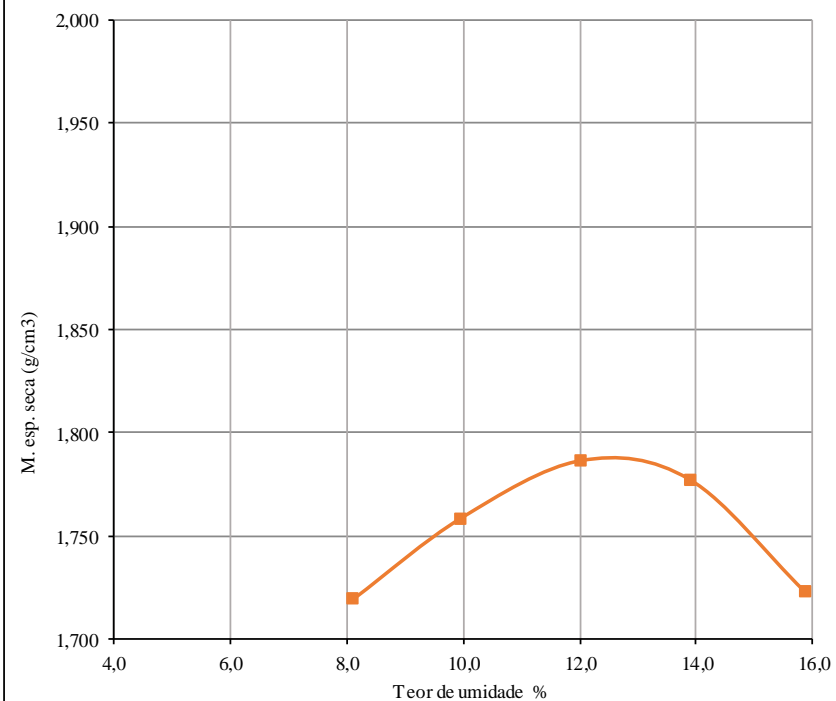
**Ensaio PROCTOR**

**Ponto (Amostra):** 18 (4) **Data:** 18/06/2021  
**Página:** 1 de 1

Número do ensaio	1	2	3	4	5
Peso do molde vazio (gr)	4822	4822	4822	4822	4822
Peso molde mais solo úmido (gr)	8705	8862	9002	9050	8993
Peso solo úmido (gr)	3883	4040	4180	4228	4171
Volume do molde (cm <sup>3</sup> )	2089	2089	2089	2089	2089
M. esp. úmida (0,001 gr/cm <sup>3</sup> )	1,859	1,934	2,001	2,024	1,997

Número do recipiente	2	1	4	6	10
Peso do recipiente (0,1gr)	162,07	162,61	172,00	161,40	163,70
Peso recip. e solo um. (0,1gr)	529,00	561,00	625,00	515,00	635,00
Peso recip. e solo seco (0,1gr)	501,50	524,90	576,40	471,90	570,50
Peso da água (0,1gr)	27,50	36,10	48,60	43,10	64,50
Peso do solo seco (0,1gr)	339,43	362,29	404,40	310,50	406,80
Teor em água (0,1 %)	8,1	10,0	12,0	13,9	15,9
M. esp. seca (0,001 gr/cm <sup>3</sup> )	1,719	1,759	1,786	1,777	1,723

M. esp. seca máxima (gsmáx.)	1,790	(0,01g/cm <sup>3</sup> )
Teor de umidade ótimo (Wopt)	12,5	(0,1%)



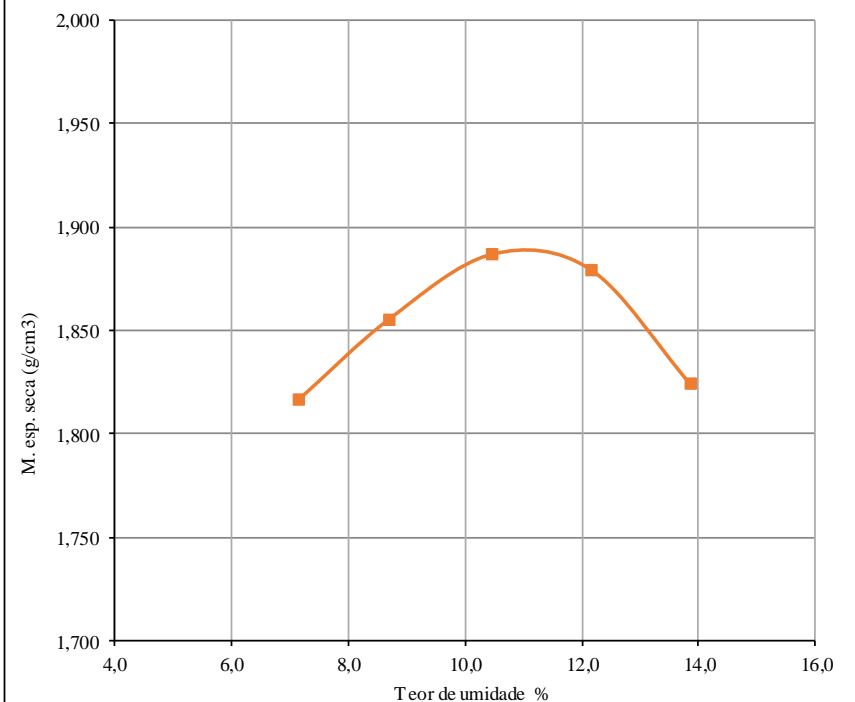
**Ensaio PROCTOR**

**Ponto (Amostra):** 27 (5) **Data:** 21/06/2021  
**Página:** 1 de 1


Número do ensaio	1	2	3	4	5
Peso do molde vazio (gr)	4822	4822	4822	4822	4822
Peso molde mais solo úmido (gr)	8890	9035	9175	9225	9161
Peso solo úmido (gr)	4068	4213	4353	4403	4339
Volume do molde (cm <sup>3</sup> )	2089	2089	2089	2089	2089
M. esp. úmida (0,001 gr/cm <sup>3</sup> )	1,947	2,017	2,084	2,108	2,077

Número do recipiente	2	1	4	6	10
Peso do recipiente (0,1gr)	162,07	162,61	172,01	161,40	163,70
Peso recip. e solo um. (0,1gr)	528,00	556,00	621,00	512,00	632,00
Peso recip. e solo seco (0,1gr)	503,50	524,50	578,50	474,00	575,00
Peso da água (0,1gr)	24,50	31,50	42,50	38,00	57,00
Peso do solo seco (0,1gr)	341,43	361,89	406,49	312,60	411,30
Teor em água (0,1 %)	7,2	8,7	10,5	12,2	13,9
M. esp. seca (0,001 gr/cm <sup>3</sup> )	1,817	1,855	1,887	1,879	1,824

M. esp. seca máxima (g <sub>smáx.</sub> )	1,890	(0,01g/cm <sup>3</sup> )
Teor de umidade ótimo (W <sub>opt</sub> )	11,0	.(0,1%)



## G.3 CBR em laboratório

 <b>INSTITUTO POLITÉCNICO DE BRAGANÇA</b> Escola Superior de Tecnologia e Gestão		Ensaio CBR			
		Ponto (Amostra):	5 (1)	Data:	11/06/2021
		Página:	1 de 2		
		<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	
Número de pancadas por camada		55	25	12	
Altura do solo no cilindro (0,1cm)		11,45	11,45	11,45	
Volume do solo (cm <sup>3</sup> )		2088	2088	2088	
Peso do cilindro vazio (gr)		4822	4811	4949	
Peso do cilindro com o solo (gr)		9345	9250	9265	
Peso do solo (gr)		4523	4439	4316	
Baridade úmida (0,001 gr/cm <sup>3</sup> )		2,166	2,125	2,067	
Teor de úmidade (0,1%)		8,4	8,4	8,5	
Baridade seca (0,001 gr/cm <sup>3</sup> )		1,998	1,961	1,905	
Baridade seca máx (0,001 gr/cm <sup>3</sup> )		2,000	2,000	2,000	
Grau de Compactação (%)		100%	98%	95%	
Espeçura das placas de carga (cm)		<b>7,5</b>	<b>7,5</b>	<b>7,5</b>	
Leitura no deflect. no 1.º dia (0,01 mm)		0,02	0,02	0,03	
Leitura no deflect. no 2.º dia (0,01 mm)		0,03	0,03	0,04	
Leitura no deflect. no 3.º dia (0,01 mm)		0,03	0,03	0,04	
Leitura no deflect. no 4.º dia (0,01 mm)		0,03	0,03	0,04	
Expansão máxima (0,01 mm)		0,03	0,03	0,04	
Expansão específica (0,1 %)		0,3	0,3	0,3	
Peso do cili. e solo após embeb. (gr)		9370	9287	9315	
Peso da água absorvida (gr)		25	37	50	
Peso do solo pós a embebição (gr)		4548	4476	4366	
Bari. húmida após embebição (0,001 gr/cm <sup>3</sup> )		2,178	2,143	2,091	
Teor de húmid. após embebição (0,1%)		10,1	10,3	10,7	
Barid. seca após embebição (0,001 gr/cm <sup>3</sup> )		1,978	1,943	1,888	
Grau de Compactação (%)		99%	97%	94%	

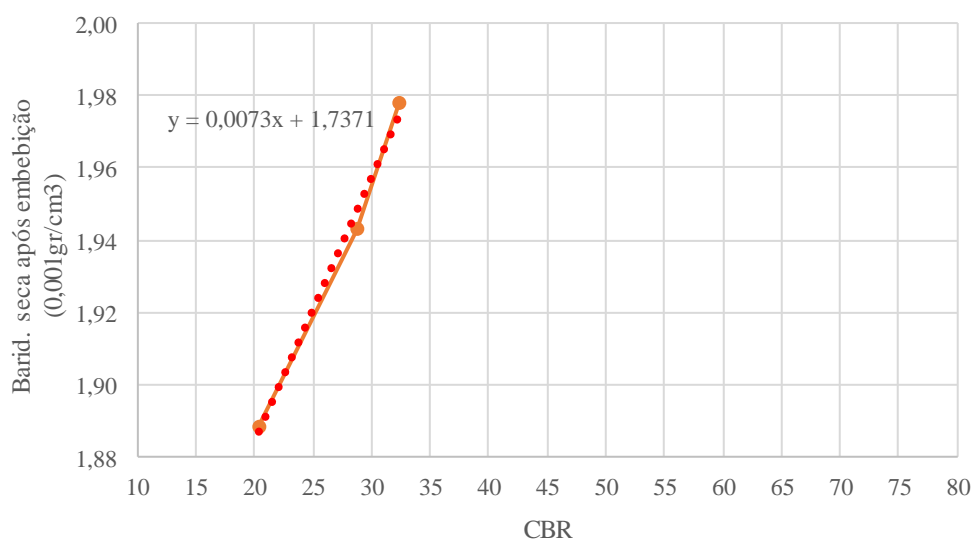
**Ensaio CBR**

<b>Ponto (Amostra):</b>	5 (1)	<b>Data:</b>	11/06/2021
<b>Pág.</b>	2 de 2		

**Teor de úmidade**

Número do molde	1		2		3	
	H	H'	H	H'	H	H'
Número de cápsula	1	1	18	18	19	19
Peso da cápsula (0,01gr)	161,5	161,5	172,1	172,1	171,8	171,8
P.da cáps.e solo umid. (0,01gr)	673,5	675,0	576,0	574,0	578,1	579,5
P.da cáps.e solo seco (0,01gr )	634,0	628,0	544,7	536,6	546,4	540,2
Peso da água ( 0,01gr )	39,5	47,0	31,3	37,4	31,7	39,3
Peso do solo seco (0,01gr)	472,50	466,50	372,60	364,50	374,60	368,40
Teor de umid. (%)	8,36	10,08	8,40	10,26	8,46	10,67

Penetração	1		2		3		Fz(kg)
	0,01 mm	kg/F	0,01 mm	kg/F	0,01 mm	kg/F	
0,5 mm	0,03	37	0,03	37	0,03	37	<b>370</b>
1,0 mm	0,07	86	0,07	86	0,06	73	<b>629</b>
1,5 mm	0,10	122	0,11	135	0,09	110	<b>903</b>
2,0 mm	0,15	184	0,15	184	0,12	147	<b>1129</b>
2,5 mm	0,20	245	0,20	245	0,16	196	<b>1355</b>
5,0 mm	0,54	657	0,48	585	0,34	415	<b>2033</b>
7,5 mm	0,96	1164	0,77	934	0,50	609	<b>2575</b>
Correção 2,5mm							-
Correção 5mm							-
CBR (2,5mm)	18		18		14		-
CBR (5mm)	32		29		20		-
CBR calc. 95%	22						-





### Ensaio CBR

<b>Ponto (Amostra):</b>	6 (2)	<b>Data:</b>	14/06/2021
<b>Página:</b>	1 de 2		

	1	2	3
Número de pancadas por camada	55	25	12
Altura do solo no cilindro (0,1cm)	11,45	11,45	11,45
Volume do solo (cm <sup>3</sup> )	2088	2088	2088
Peso do cilindro vazio (gr)	4822	4811	4949
Peso do cilindro com o solo (gr)	9290	9189	9145
Peso do solo (gr)	4468	4378	4196
Baridade úmida (0,001 gr/cm <sup>3</sup> )	2,139	2,096	2,009
Teor de umidade (0,1%)	8,5	8,5	8,4
Baridade seca (0,001 gr/cm <sup>3</sup> )	1,972	1,932	1,853
Baridade seca máx (0,001 gr/cm <sup>3</sup> )	1,980	1,980	1,980
Gráu de Compactação (%)	100%	98%	94%

Espessura das placas de carga (cm)	7,5	7,5	7,5
Leitura no deflect. no 1.º dia (0,01 mm)	0,010	0,020	0,030
Leitura no deflect. no 2.º dia (0,01 mm)	0,010	0,020	0,040
Leitura no deflect. no 3.º dia (0,01 mm)	0,010	0,020	0,040
Leitura no deflect. no 4.º dia (0,01 mm)	0,010	0,020	0,040
Expansão máxima (0,01 mm)	0,010	0,020	0,040
Expansão específica (0,1 %)	0,1	0,2	0,3
Peso do cili. e solo após embeb. (gr)	9309	9214	9189
Peso da água absorvida (gr)	19	25	44
Peso do solo pós a embebição (gr)	4487	4403	4240
Bari. húmida após embebição (0,001gr/cm <sup>3</sup> )	2,148	2,108	2,030
Teor de húmid. após embebição (0,1%)	9,6	10,1	10,8
Barid. seca após embebição (0,001gr/cm <sup>3</sup> )	1,960	1,915	1,832
Gráu de Compactação (%)	99%	97%	93%

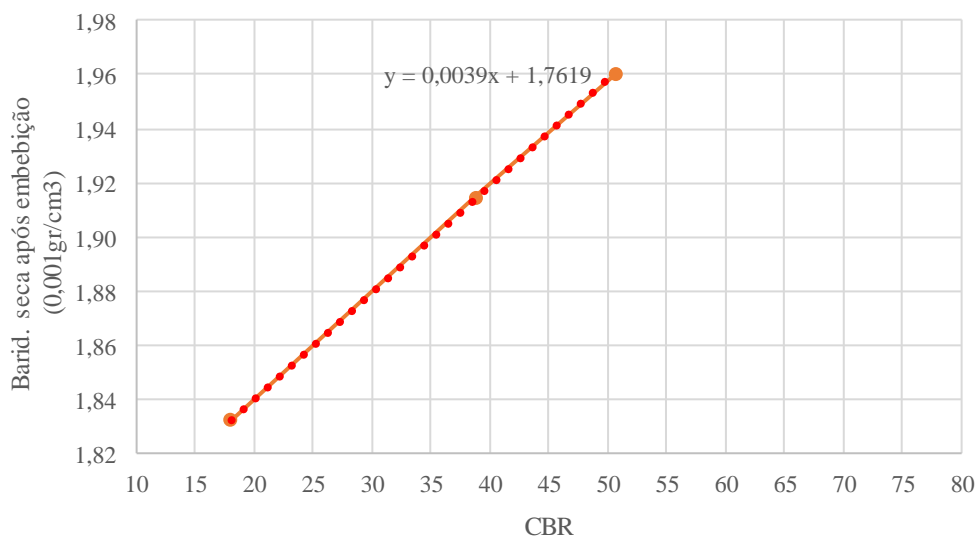
**Ensaio CBR**

<b>Ponto (Amostra):</b>	6 (2)	<b>Data:</b>	14/06/2021
<b>Pág.</b>	2 de 2		

**Teor de úmidade**

Número do molde	1		2		3	
	H	H'	H	H'	H	H'
Número de cápsula	1	1	18	18	19	19
Peso da cápsula (0,01gr)	161,5	161,5	172,1	172,1	171,8	171,8
P.da cáps.e solo umid. (0,01gr)	604,3	763,7	618,1	572,9	572,5	667,6
P.da cáps.e solo seco (0,01gr )	569,5	711,0	583,0	536,0	541,6	619,2
Peso da água ( 0,01gr )	34,8	52,7	35,1	36,9	30,9	48,4
Peso do solo seco (0,01gr)	407,98	549,50	410,90	363,90	369,77	447,40
Teor de umid. (%)	8,5	9,6	8,5	10,1	8,4	10,8

Penetração	1		2		3		Fz(kg)
	0,01 mm	kg/F	0,01 mm	kg/F	0,01 mm	kg/F	
0,5 mm	0,03	37	0,04	49	0,04	49	<b>370</b>
1,0 mm	0,07	86	0,10	122	0,07	86	<b>629</b>
1,5 mm	0,14	171	0,16	196	0,11	135	<b>903</b>
2,0 mm	0,23	281	0,21	257	0,14	171	<b>1129</b>
2,5 mm	0,32	391	0,28	342	0,17	208	<b>1355</b>
5,0 mm	0,85	1030	0,65	789	0,30	366	<b>2033</b>
7,5 mm	1,30	1576	0,92	1115	0,41	501	<b>2575</b>
Correção 2,5mm							-
Correção 5mm							-
CBR (2,5mm)	29		25		15		-
CBR (5mm)	51		39		18		-
CBR calc. 95%	31						-



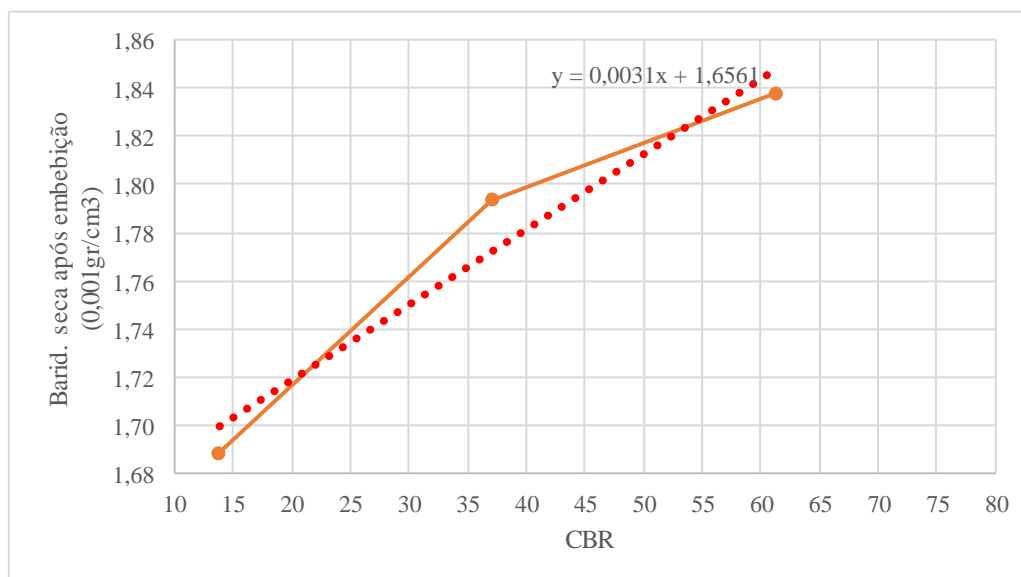
	1	2	3
Número de pancadas por camada	55	25	12
Altura do solo no cilindro (0,1cm)	11,45	11,45	11,45
Volume do solo (cm <sup>3</sup> )	2088	2088	2088
Peso do cilindro vazio (gr)	4822	4811	4949
Peso do cilindro com o solo (gr)	9085	8958	8858
Peso do solo (gr)	4263	4147	3909
Baridade úmida (0,001 gr/cm <sup>3</sup> )	2,041	1,986	1,872
Teor de úmidade (0,1%)	11,0	11,0	11,0
Baridade seca (0,001 gr/cm <sup>3</sup> )	1,839	1,789	1,686
Baridade seca máx (0,001 gr/cm <sup>3</sup> )	1,840	1,840	1,840
Grau de Compactação (%)	100%	97%	92%

	7,5	7,5	7,5
Espessura das placas de carga (cm)	7,5	7,5	7,5
Leitura no deflect. no 1.º dia (0,01 mm)	0,05	0,08	0,09
Leitura no deflect. no 2.º dia (0,01 mm)	0,06	0,10	0,11
Leitura no deflect. no 3.º dia (0,01 mm)	0,06	0,10	0,11
Leitura no deflect. no 4.º dia (0,01 mm)	0,06	0,10	0,11
Expansão máxima (0,01 mm)	0,06	0,10	0,11
Expansão específica (0,1 %)	0,5	0,9	1,0
Peso do cili. e solo após embeb. (gr)	9175	9081	9068
Peso da água absorvida (gr)	90	123	210
Peso do solo pós a embebição (gr)	4353	4270	4119
Bari. húmida após embebição (0,001gr/cm <sup>3</sup> )	2,084	2,045	1,972
Teor de húmid. após embebição (0,1%)	13,4	14,0	16,8
Barid. seca após embebição (0,001gr/cm <sup>3</sup> )	1,838	1,793	1,689
Grau de Compactação (%)	100%	97%	92%

**Teor de úmidade**

Número do molde	1		2		3	
	H	H'	H	H'	H	H'
Número de cápsula	1	1	18	5	19	4
Peso da cápsula (0,01gr)	161,5	162,6	172,1	170,2	171,8	172,0
P.da cáps.e solo umid. (0,01gr)	520,6	624,4	725,0	671,9	638,3	656,1
P.da cáps.e solo seco (0,01gr)	484,9	569,7	670,0	610,1	592,1	586,5
Peso da água ( 0,01gr )	35,7	54,7	55,0	61,8	46,2	69,6
Peso do solo seco (0,01gr)	323,38	407,10	497,90	439,90	420,27	414,50
Teor de umid. (%)	11,04	13,44	11,05	14,05	10,99	16,79

Penetração	1		2		3		Fz(kg)
	0,01 mm	kg/F	0,01 mm	kg/F	0,01 mm	kg/F	
0,5 mm	0,10	122	0,07	86	0,02	25	<b>370</b>
1,0 mm	0,22	268	0,14	171	0,04	49	<b>629</b>
1,5 mm	0,34	415	0,20	245	0,07	86	<b>903</b>
2,0 mm	0,41	501	0,27	329	0,09	110	<b>1129</b>
2,5 mm	0,51	621	0,34	415	0,12	147	<b>1355</b>
5,0 mm	1,03	1248	0,62	754	0,23	281	<b>2033</b>
7,5 mm	1,40	1697	0,83	1006	0,32	391	<b>2575</b>
Correção 2,5mm							-
Correção 5mm							-
CBR (2,5mm)	46		31		11		-
CBR (5mm)	61		37		14		-
CBR calc. 95%	30						-



	1	2	3
Número de pancadas por camada	55	25	12
Altura do solo no cilindro (0,1cm)	11,45	11,45	11,45
Volume do solo (cm <sup>3</sup> )	2088	2088	2088
Peso do cilindro vazio (gr)	4822	4811	4949
Peso do cilindro com o solo (gr)	9010	8899	8775
Peso do solo (gr)	4188	4088	3826
Baridade úmida (0,001 gr/cm <sup>3</sup> )	2,005	1,957	1,832
Teor de umidade (0,1%)	12,5	12,5	12,4
Baridade seca (0,001 gr/cm <sup>3</sup> )	1,782	1,740	1,621
Baridade seca máx (0,001 gr/cm <sup>3</sup> )	1,790	1,790	1,790
Gráu de Compactação (%)	100%	97%	91%

	7,5	7,5	7,5
Espessura das placas de carga (cm)	7,5	7,5	7,5
Leitura no deflect. no 1.º dia (0,01 mm)	0,06	0,14	0,20
Leitura no deflect. no 2.º dia (0,01 mm)	0,08	0,15	0,21
Leitura no deflect. no 3.º dia (0,01 mm)	0,10	0,16	0,21
Leitura no deflect. no 4.º dia (0,01 mm)	0,10	0,16	0,21
Expansão máxima (0,01 mm)	0,10	0,16	0,21
Expansão específica (0,1 %)	0,9	1,4	1,8
Peso do cili. e solo após embeb. (gr)	9070	8990	8975
Peso da água absorvida (gr)	60	91	200
Peso do solo pós a embebição (gr)	4248	4179	4026
Bari. húmida após embebição (0,001gr/cm <sup>3</sup> )	2,034	2,001	1,928
Teor de húmid. após embebição (0,1%)	15,3	17,1	19,0
Barid. seca após embebição (0,001gr/cm <sup>3</sup> )	1,764	1,709	1,620
Gráu de Compactação (%)	99%	95%	90%

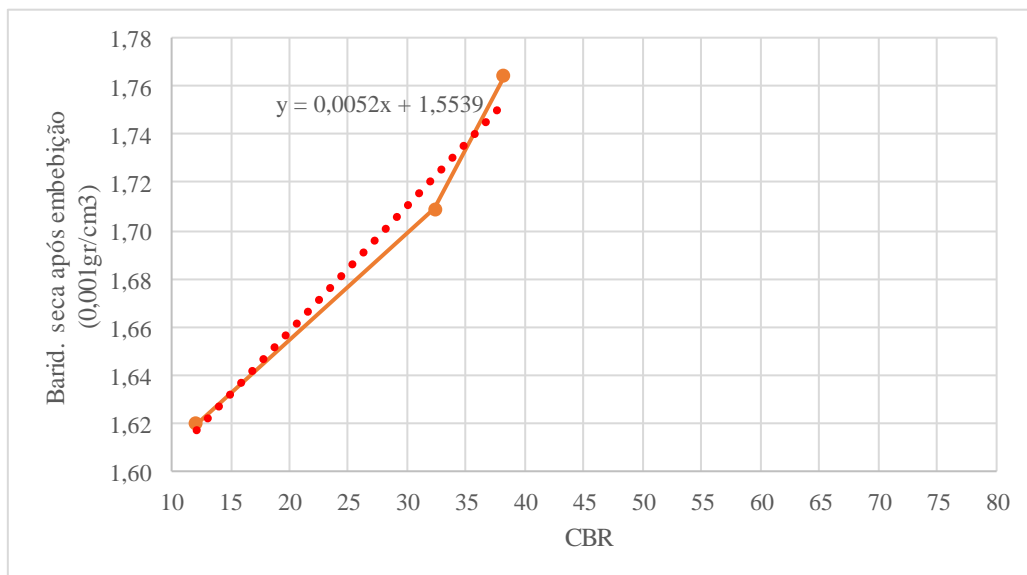
**Ensaio CBR**

<b>Ponto (Amostra):</b>	18 (4)	<b>Data:</b>	18/06/2021
<b>Pág.</b>	2 de 2		

**Teor de úmidade**

Número do molde	1		2		3	
	H	H'	H	H'	H	H'
Número de cápsula	1	1	18	18	19	19
Peso da cápsula (0,01gr)	161,5	161,5	172,1	172,1	171,8	171,8
P.da cáps.e solo umid. (0,01gr)	566,9	591,4	558,3	877,9	591,7	817,1
P.da cáps.e solo seco (0,01gr )	522,0	534,0	515,3	775,0	545,5	714,0
Peso da água ( 0,01gr )	44,9	57,4	43,0	102,9	46,2	103,1
Peso do solo seco (0,01gr)	360,50	372,50	343,20	602,90	373,70	542,20
Teor de umid. (%)	12,45	15,41	12,53	17,07	12,36	19,02

Penetração	1		2		3		Fz (kg)
	0,01 mm	kg/F	0,01 mm	kg/F	0,01 mm	kg/F	
0,5 mm	0,03	37	0,03	37	0,02	25	<b>370</b>
1,0 mm	0,07	86	0,08	98	0,05	61	<b>629</b>
1,5 mm	0,13	159	0,16	196	0,08	98	<b>903</b>
2,0 mm	0,19	233	0,23	281	0,10	122	<b>1129</b>
2,5 mm	0,27	329	0,29	354	0,12	147	<b>1355</b>
5,0 mm	0,64	777	0,54	657	0,20	245	<b>2033</b>
7,5 mm	0,92	1115	0,72	874	0,26	317	<b>2575</b>
Correção 2,5mm							-
Correção 5mm							-
CBR (2,5mm)	24		26		11		-
CBR (5mm)	38		32		12		-
CBR calc. 95%	28						-



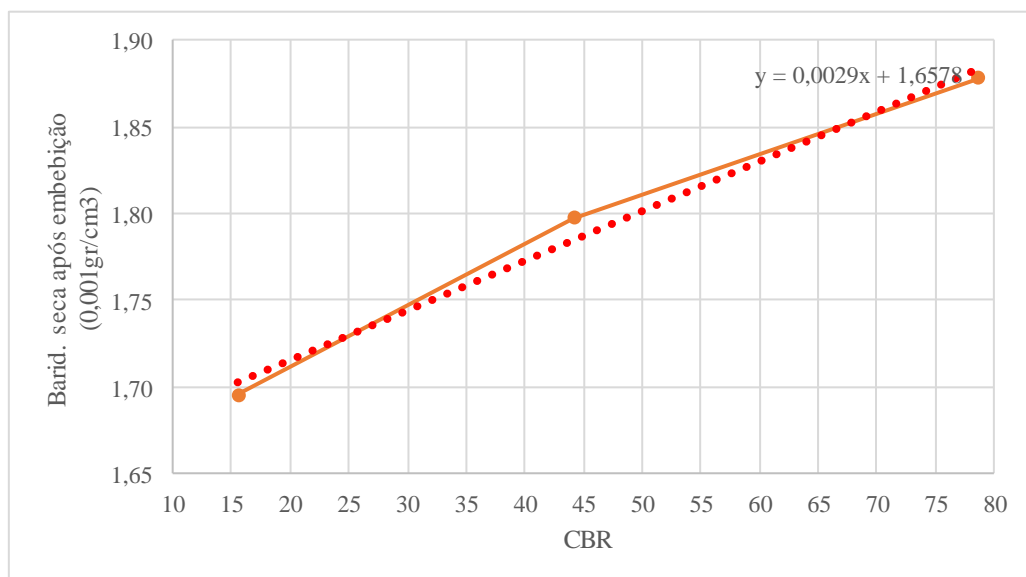
	1	2	3
Número de pancadas por camada	55	25	12
Altura do solo no cilindro (0,1cm)	11,45	11,45	11,45
Volume do solo (cm <sup>3</sup> )	2088	2088	2088
Peso do cilindro vazio (gr)	4822	4811	4949
Peso do cilindro com o solo (gr)	9190	8995	8890
Peso do solo (gr)	4368	4184	3941
Baridade úmida (0,001 gr/cm <sup>3</sup> )	2,091	2,003	1,887
Teor de umidade (0,1%)	11,1	10,9	11,0
Baridade seca (0,001 gr/cm <sup>3</sup> )	1,883	1,806	1,700
Baridade seca máx (0,001 gr/cm <sup>3</sup> )	1,890	1,890	1,890
Grau de Compactação (%)	100%	96%	90%

	7,5	7,5	7,5
Espessura das placas de carga (cm)	7,5	7,5	7,5
Leitura no deflect. no 1.º dia (0,01 mm)	0,07	0,08	0,13
Leitura no deflect. no 2.º dia (0,01 mm)	0,08	0,09	0,13
Leitura no deflect. no 3.º dia (0,01 mm)	0,08	0,09	0,13
Leitura no deflect. no 4.º dia (0,01 mm)	0,08	0,09	0,13
Expansão máxima (0,01 mm)	0,08	0,09	0,13
Expansão específica (0,1 %)	0,7	0,8	1,1
Peso do cili. e solo após embeb. (gr)	9238	9090	9085
Peso da água absorvida (gr)	48	95	195
Peso do solo pós a embebição (gr)	4416	4279	4136
Bari. húmida após embebição (0,001gr/cm <sup>3</sup> )	2,114	2,049	1,980
Teor de húmid. após embebição (0,1%)	12,6	14,0	16,8
Barid. seca após embebição (0,001gr/cm <sup>3</sup> )	1,878	1,797	1,696
Grau de Compactação (%)	99%	95%	90%

**Teor de úmidade**

Número do molde	1		2		3	
	H	H'	H	H'	H	H'
Número de cápsula	1	19	4	18	5	1
Peso da cápsula (0,01gr)	162,6	171,8	172,0	172,1	170,2	161,5
P.da cáps.e solo umid. (0,01gr)	693,1	785,4	724,5	852,2	721,5	837,3
P.da cáps.e solo seco (0,01gr )	640,0	716,7	670,0	768,6	667,0	740,1
Peso da água ( 0,01gr )	53,1	68,7	54,5	83,6	54,5	97,2
Peso do solo seco (0,01gr)	477,40	544,90	497,99	596,50	496,80	578,60
Teor de umid. (%)	11,12	12,61	10,94	14,02	10,97	16,80

Penetração	1		2		3		Fz(kg)
	0,01 mm	kg/F	0,01 mm	kg/F	0,01 mm	kg/F	
0,5 mm	0,05	61	0,05	61	0,03	37	<b>370</b>
1,0 mm	0,15	184	0,15	184	0,07	86	<b>629</b>
1,5 mm	0,35	427	0,29	354	0,11	135	<b>903</b>
2,0 mm	0,54	657	0,39	476	0,14	171	<b>1129</b>
2,5 mm	0,72	874	0,47	573	0,16	196	<b>1355</b>
5,0 mm	1,32	1600	0,74	898	0,26	317	<b>2033</b>
7,5 mm	1,81	2188	0,96	1163	0,34	415	<b>2575</b>
Correção 2,5mm							-
Correção 5mm							-
CBR (2,5mm)	65		42		14		-
CBR (5mm)	79		44		16		-
CBR calc. 95%	47						-



# **APÊNDICE H – Dados de Precipitação**

<b>1ª Temporada de Ensaios</b>		<b>2ª Temporada de Ensaios</b>	
Dia	Precipitação Acumulada	Dia	Precipitação Acumulada
02/11/2020	0,2	26/02/2021	0
03/11/2020	0	27/02/2021	0,2
04/11/2020	0,2	28/02/2021	0
05/11/2020	7,2	01/03/2021	2,4
06/11/2020	7,6	02/03/2021	0,8
07/11/2020	1,6	03/03/2021	0
08/11/2020	20	04/03/2021	0
09/11/2020	1,2	05/03/2021	0
10/11/2020	0,2	06/03/2021	0
11/11/2020	0	07/03/2021	0
12/11/2020	0,4	08/03/2021	0
13/11/2020	0	09/03/2021	0
14/11/2020	0,6	10/03/2021	0,2
15/11/2020	10,2	11/03/2021	0,8
16/11/2020	0	12/03/2021	0
17/11/2020	0,2	13/03/2021	0
18/11/2020	0	14/03/2021	0
19/11/2020	0	15/03/2021	0
20/11/2020	0,2	16/03/2021	0
21/11/2020	0	17/03/2021	0
22/11/2020	0	18/03/2021	0
23/11/2020	0,2	19/03/2021	0
24/11/2020	0,2	20/03/2021	0
25/11/2020	40	21/03/2021	0
26/11/2020	7,4	22/03/2021	0
27/11/2020	0	23/03/2021	0
28/11/2020	0	24/03/2021	0
29/11/2020	6	25/03/2021	0
30/11/2020	1,8	-	-
01/12/2020	0,2	-	-

# **APÊNDICE I – Tabelas relacionadas ao tópico de resultados e discussão funcionais**

**Tabela I.1 – Estudo das condições funcionais pelo método de Cabette (2018) ao longo das avaliações feitas sobre a estrada de caso**

Pontos	IGG Cabette (2018)		IGG Freitas (2019)		IGG pelo autor (2021)	
	Degra. Sup.	Drenagem	Degra. Sup.	Drenagem	Degra. Sup.	Drenagem
1	290	225	220	20	190	40
2	225	310	275	170	255	100
3	155	160	140	170	70	0
4	140	160	70	20	50	50
5	225	335	85	195	190	200
6	70	285	85	170	255	80
7	140	340	70	270	50	100
8	295	235	260	260	50	100
9	220	440	295	170	120	330
10	420	345	340	120	170	120
11	310	40	185	120	220	150
12	210	40	355	330	375	150
13	260	115	260	320	310	100
14	270	180	275	295	290	300
15	680	355	655	270	280	260
16	270	410	185	220	520	270
17	140	140	530	380	445	400
18	475	485	480	330	255	150
19	420	210	355	120	445	300
20	360	335	325	120	405	170
21	155	300	135	220	240	200
22	220	220	640	310	705	150
23	120	195	295	120	290	200
24	260	160	260	380	325	260
25	225	190	70	220	330	100
26	70	360	100	120	295	300
27	280	240	595	320	290	0
28	0	200	310	270	280	200
29	0	0	365	260	240	150
30	350	395	680	320	325	100
31	200	215	170	270	400	350
<b>Resultados</b>	<b>240,48</b>	<b>245,81</b>	<b>292,42</b>	<b>221,94</b>	<b>279,52</b>	<b>173,55</b>

**Tabela I.2 – Identificação dos pontos em que a mudança de configuração de seção apresentou mudança no IGG de Degradação superficial e/ou de Drenagem**

Pontos	IGG 6 metros (2021)		IGG 10 metros (2021)		Degradações	Drenagem	Degradações		Drenagem	
	Degra. Sup.	Drenagem	Degra. Sup.	Drenagem	<u>Aparentou diferença ?</u>	<u>Aparentou diferença ?</u>	em pontos	em %	em pontos	em %
1	190	40	205	140	Sim	Sim	15	7,9%	100	250,0%
2	255	100	255	100	Não	Não	0	0,0%	0	0,0%
3	70	0	360	0	Sim	Não	290	414,3%	0	0,0%
4	50	50	50	50	Não	Não	0	0,0%	0	0,0%
5	190	200	190	200	Não	Não	0	0,0%	0	0,0%
6	255	80	325	80	Sim	Não	70	27,5%	0	0,0%
7	50	100	50	100	Não	Não	0	0,0%	0	0,0%
8	50	100	50	100	Não	Não	0	0,0%	0	0,0%
9	120	330	170	330	Sim	Não	50	41,7%	0	0,0%
10	170	120	305	120	Sim	Não	135	79,4%	0	0,0%
11	220	150	220	250	Não	Sim	0	0,0%	100	66,7%
12	375	150	390	150	Sim	Não	15	4,0%	0	0,0%
13	310	100	395	120	Sim	Sim	85	27,4%	20	20,0%
14	290	300	340	300	Sim	Não	50	17,2%	0	0,0%
15	280	260	350	260	Sim	Não	70	25,0%	0	0,0%
16	520	270	565	370	Sim	Sim	45	8,7%	100	37,0%
17	445	400	445	400	Não	Não	0	0,0%	0	0,0%
18	255	150	340	150	Sim	Não	85	33,3%	0	0,0%
19	445	300	445	300	Não	Não	0	0,0%	0	0,0%
20	405	170	475	170	Sim	Não	70	17,3%	0	0,0%
21	240	200	360	250	Sim	Sim	120	50,0%	50	25,0%
22	705	150	775	150	Sim	Não	70	9,9%	0	0,0%
23	290	200	305	200	Sim	Não	15	5,2%	0	0,0%
24	325	260	375	260	Sim	Não	50	15,4%	0	0,0%
25	330	100	330	100	Não	Não	0	0,0%	0	0,0%
26	295	300	375	300	Sim	Não	80	27,1%	0	0,0%
27	290	0	290	75	Não	Sim	0	0,0%	75	750
28	280	200	280	200	Não	Não	0	0,0%	0	0,0%
29	240	150	340	150	Sim	Não	100	41,7%	0	0,0%
30	325	100	325	100	Não	Não	0	0,0%	0	0,0%
31	400	350	415	350	Sim	Não	15	3,8%	0	0,0%

**Tabela I.3 – Seções com maior IGG relativo a degradações superficiais e suas correspondentes posições dentro do conjunto de pontos de E<sub>vd</sub> e CBR e a variação que sofreram entre as sessões de ensaios dinâmicos.**

Pos.	Pontos	IGG	E <sub>vd</sub> segundo ordem crescente	Variação de Dez-Mar	CBR segundo ordem crescente	Variação de Dez-Mar
1°	22	775	10°	-17%	7° a 10°	-26%
2°	16	565	1°	-79%	19°	-19%
3°	20	475	16°	-5%	7° a 10°	-35%
4°	17	445	29°	87%	11°	-37%
5°	19	445	6°	7%	23° a 24°	36%
6°	13	395	25°	9%	7° a 10°	-38%
7°	12	390	7°	-40%	29°	11%
8°	26	375	4°	-27%	2°	-29%
9°	24	375	15°	-21%	13° a 14 °	-29%
10°	21	360	17°	12%	12 °	-18%
10°	3	360	9°	-40%	13° a 14 °	-15%

**Tabela I.4 – Seções com maior IGG relativo a drenagem e suas correspondentes posições dentro do conjunto de pontos de E<sub>vd</sub> e CBR e a variação que sofreram entre as sessões de ensaios dinâmicos.**

Pos.	Pontos	IGG	E <sub>vd</sub> segundo ordem crescente	Variação de Dez-Mar	CBR segundo ordem crescente	Variação de Dez-Mar
1°	17	400	29°	87%	11°	-37%
2°	16	370	1°	-79%	19°	-19%
3°	9	330	30°	82%	16°	-27%
4°	14	300	26°	56%	28°	71%
5°	19	300	6°	7%	23° a 24°	36%
6°	26	300	4°	-27%	2°	-29%
7°	15	260	22°	4%	17° a 18°	-31%
8°	24	260	15°	-21%	13° a 14 °	-29%
9°	11	250	11°	-32%	7° a 10°	-32%
9°	21	250	17°	12%	12 °	-18%
11°	5	200	3°	-57%	5° a 6°	-51%

**Tabela I.5 – Seções com menor IGG relativo a degradações superficiais e suas correspondentes posições dentro do conjunto de pontos de E<sub>vd</sub> e CBR e a variação que sofreram entre as sessões de ensaios dinâmicos.**

Pos.	Pontos	IGG	Evd segundo ordem decrescente	Variação de Dez-Mar	CBR segundo ordem decrescente	Variação de Dez-Mar
1°	27	50	2°	138%	30°	-47%
2°	28	50	26°	-52%	9°	12%
3°	2	50	12°	2%	10° a 11°	0
4°	11	170	20°	-32%	21° a 24°	-32%
5°	1	190	19°	-41%	16°	-26%
6°	5	205	28°	-57%	25° a 26°	-51%
7°	9	220	1°	82%	15°	-27%
8°	4	255	8°	15%	4°	12%
9°	7	280	4°	22%	6°	-25%
10°	8	290	11°	-56%	1°	6%

**Tabela I.6 – Seções com menor IGG relativo a drenagem e suas correspondentes posições dentro do conjunto de pontos de E<sub>vd</sub> e CBR e a variação que sofreram entre as sessões de ensaios dinâmicos.**

Pos.	Pontos	IGG	Evd segundo ordem crescente	Variação de Dez-Mar	CBR segundo ordem decrescente	Variação de Dez-Mar
1°	3	0	22°	-40%	17° a 18°	-15%
2°	27	75	2°	138%	30°	-47%
3°	4	50	8°	15%	4°	12%
4°	6	80	13°	-36%	26°	-49%
5°	2	100	12°	2%	10° a 11°	0%
6°	7	100	4°	22%	6°	-25%
7°	8	100	11°	-56%	1°	6%
8°	25	100	17°	-26%	13° a 14°	-17%
9°	30	100	29°	-39%	7° a 8°	31%
10°	13	120	6°	9%	21° a 24°	-38%
10°	10	120	7°	40%	5°	24%

**APÊNDICE J – Resultados da avaliação  
funcional para seções de 6 metros por Cabette  
(2018)**

Item	Degradação	Frequência absoluta	Frequência relativa	Fator de ponderação	IGI	
1	ONDULAÇÕES	baixo	0	0,0	0,70	0
		médio	0	0,0	0,85	0
		elevado	0	0,0	1,00	0
2	BURACOS	baixo	0	0,0	0,70	0
		médio	0	0,0	0,85	0
		elevado	0	0,0	1,00	0
3	AFUNDAMENTOS	baixo	2	200,0	0,70	140
		médio	0	0,0	0,85	0
		elevado	0	0,0	1,00	0
4	PERCURSO DE EROSIÃO	baixo	0	0,0	0,70	0
		médio	0	0,0	0,85	0
		elevado	0	0,0	1,00	0
5	CASCALHO SOLTO/PERDA DE AGREGADOS	baixo	1	100,0	0,50	50
		médio	0	0,0	0,75	0
		elevado	0	0,0	0,80	0
6	POEIRA	baixo	0	0,0	0,25	0
		médio	0	0,0	0,30	0
		elevado	0	0,0	0,35	0
<b>n total de estações</b>		1	<b>∑IGI = IGG</b>		190,00	

Item	Inadequado sistema de drenagem	Frequência absoluta	Frequência relativa	Fator de ponderação	IGI	
1	INCLINAÇÃO TRANSVERSAL	0	0	1,00	0	
2	ACOSTAMENTOS /BERMA ELEVADOS	baixo	0	0	0,50	0
		médio	0	0	0,75	0
		elevado	0	0	1,00	0
3	BUEIROS/GALERIAS/AQUEDUTOS	0	0	1,00	0	
4	VALAS INEXISTENTES	0	0	1,00	0	
5	CRESCIMENTO DA VEGETAÇÃO/ SEDIMENTOS NA VALA	baixo	2	200	0,20	40
		médio	0	0	0,60	0
		elevado	0	0	0,80	0
<b>n total de estações</b>		1	<b>∑IGI = IGG</b>		40,0	

Item	Degradação	Frequência absoluta	Frequência relativa	Fator de ponderação	IGI	
1	ONDULAÇÕES	baixo	0	0,0	0,70	0
		médio	0	0,0	0,85	0
		elevado	0	0,0	1,00	0
2	BURACOS	baixo	0	0,0	0,70	0
		médio	0	0,0	0,85	0
		elevado	0	0,0	1,00	0
3	AFUNDAMENTOS	baixo	1	100,0	0,70	70
		médio	1	100,0	0,85	85
		elevado	0	0,0	1,00	0
4	PERCURSO DE EROSÃO	baixo	0	0,0	0,70	0
		médio	0	0,0	0,85	0
		elevado	0	0,0	1,00	0
5	CASCALHO SOLTO/PERDA DE AGREGADOS	baixo	2	200,0	0,50	100
		médio	0	0,0	0,75	0
		elevado	0	0,0	0,80	0
6	POEIRA	baixo	0	0,0	0,25	0
		médio	0	0,0	0,30	0
		elevado	0	0,0	0,35	0
<b>n total de estações</b>		1	<b><math>\Sigma</math>IGI = IGG</b>			255,00

Item	Inadequado sistema de drenagem	Frequência absoluta	Frequência relativa	Fator de ponderação	IGI	
1	INCLINAÇÃO TRANSVERSAL	0	0	1,00	0	
2	ACOSTAMENTOS /BERMA ELEVADOS	baixo	0	0	0,50	0
		médio	0	0	0,75	0
		elevado	0	0	1,00	0
3	BUEIROS/GALERIAS/AQUEDUTOS	1	100	1,00	100	
4	VALAS INEXISTENTES	0	0	1,00	0	
5	CRESCIMENTO DA VEGETAÇÃO/ SEDIMENTOS NA VALA	baixo	0	0	0,20	0
		médio	0	0	0,60	0
		elevado	0	0	0,80	0
<b>n total de estações</b>		1	<b><math>\Sigma</math>IGI = IGG</b>			100,0

Item	De gradação	Frequência absoluta	Frequência relativa	Fator de ponderação	IGI	
1	ONDULAÇÕES	baixo	0	0,0	0,70	0
		médio	0	0,0	0,85	0
		elevado	0	0,0	1,00	0
2	BURACOS	baixo	1	100,0	0,70	70
		médio	0	0,0	0,85	0
		elevado	0	0,0	1,00	0
3	AFUNDAMENTOS	baixo	0	0,0	0,70	0
		médio	0	0,0	0,85	0
		elevado	0	0,0	1,00	0
4	PERCURSO DE EROSÃO	baixo	0	0,0	0,70	0
		médio	0	0,0	0,85	0
		elevado	0	0,0	1,00	0
5	CASCALHO SOLTO/PERDA DE AGREGADOS	baixo	0	0,0	0,50	0
		médio	0	0,0	0,75	0
		elevado	0	0,0	0,80	0
6	POEIRA	baixo	0	0,0	0,25	0
		médio	0	0,0	0,30	0
		elevado	0	0,0	0,35	0
<b>n total de estações</b>		1	<b>∑IGI = IGG</b>		70,00	

Item	Inadequado sistema de drenagem	Frequência absoluta	Frequência relativa	Fator de ponderação	IGI	
1	INCLINAÇÃO TRANSVERSAL	0	0	1,00	0	
2	ACOSTAMENTOS /BERMA ELEVADOS	baixo	0	0	0,50	0
		médio	0	0	0,75	0
		elevado	0	0	1,00	0
3	BUEIROS/GALERIAS/AQUEDUTOS	0	0	1,00	0	
4	VALAS INEXISTENTES	0	0	1,00	0	
5	CRESCIMENTO DA VEGETAÇÃO/ SEDIMENTOS NA VALA	baixo	0	0	0,20	0
		médio	0	0	0,60	0
		elevado	0	0	0,80	0
<b>n total de estações</b>		1	<b>∑IGI = IGG</b>		0,0	

Item	Degradação	Frequência absoluta	Frequência relativa	Fator de ponderação	IGI	
1	ONDULAÇÕES	baixo	0	0,0	0,70	0
		médio	0	0,0	0,85	0
		elevado	0	0,0	1,00	0
2	BURACOS	baixo	0	0,0	0,70	0
		médio	0	0,0	0,85	0
		elevado	0	0,0	1,00	0
3	AFUNDAMENTOS	baixo	0	0,0	0,70	0
		médio	0	0,0	0,85	0
		elevado	0	0,0	1,00	0
4	PERCURSO DE EROSÃO	baixo	0	0,0	0,70	0
		médio	0	0,0	0,85	0
		elevado	0	0,0	1,00	0
5	CASCALHO SOLTO/PERDA DE AGREGADOS	baixo	1	100,0	0,50	50
		médio	0	0,0	0,75	0
		elevado	0	0,0	0,80	0
6	POEIRA	baixo	0	0,0	0,25	0
		médio	0	0,0	0,30	0
		elevado	0	0,0	0,35	0
<b>n total de estações</b>		1	<b>∑IGI = IGG</b>			50,00

Item	Inadequado sistema de drenagem	Frequência absoluta	Frequência relativa	Fator de ponderação	IGI	
1	INCLINAÇÃO TRANSVERSAL	0	0	1,00	0	
2	ACOSTAMENTOS /BERMA ELEVADOS	baixo	1	100	0,50	50
		médio	0	0	0,75	0
		elevado	0	0	1,00	0
3	BUEIROS/GALERIAS/AQUEDUTOS	0	0	1,00	0	
4	VALAS INEXISTENTES	0	0	1,00	0	
5	CRESCIMENTO DA VEGETAÇÃO/ SEDIMENTOS NA VALA	baixo	0	0	0,20	0
		médio	0	0	0,60	0
		elevado	0	0	0,80	0
<b>n total de estações</b>		1	<b>∑IGI = IGG</b>			50,0

Item	Degradação	Frequência absoluta	Frequência relativa	Fator de ponderação	IGI	
1	ONDULAÇÕES	baixo	0	0,0	0,70	0
		médio	0	0,0	0,85	0
		elevado	0	0,0	1,00	0
2	BURACOS	baixo	0	0,0	0,70	0
		médio	0	0,0	0,85	0
		elevado	0	0,0	1,00	0
3	AFUNDAMENTOS	baixo	2	200,0	0,70	140
		médio	0	0,0	0,85	0
		elevado	0	0,0	1,00	0
4	PERCURSO DE EROSIÃO	baixo	0	0,0	0,70	0
		médio	0	0,0	0,85	0
		elevado	0	0,0	1,00	0
5	CASCALHO SOLTO/PERDA DE AGREGADOS	baixo	1	100,0	0,50	50
		médio	0	0,0	0,75	0
		elevado	0	0,0	0,80	0
6	POEIRA	baixo	0	0,0	0,25	0
		médio	0	0,0	0,30	0
		elevado	0	0,0	0,35	0
<b>n total de estações</b>		1	<b><math>\Sigma</math>IGI = IGG</b>		190,00	

Item	Inadequado sistema de drenagem	Frequência absoluta	Frequência relativa	Fator de ponderação	IGI	
1	INCLINAÇÃO TRANSVERSAL	0	0	1,00	0	
2	ACOSTAMENTOS /BERMA ELEVADOS	baixo	0	0	0,50	0
		médio	0	0	0,75	0
		elevado	0	0	1,00	0
3	BUEIROS/GALERIAS/AQUEDUTOS	2	200	1,00	200	
4	VALAS INEXISTENTES	0	0	1,00	0	
5	CRESCIMENTO DA VEGETAÇÃO/ SEDIMENTOS NA VALA	baixo	0	0	0,20	0
		médio	0	0	0,60	0
		elevado	0	0	0,80	0
<b>n total de estações</b>		1	<b><math>\Sigma</math>IGI = IGG</b>		200,0	

Item	Degradação	Frequência absoluta	Frequência relativa	Fator de ponderação	IGI	
1	ONDULAÇÕES	baixo	0	0,0	0,70	0
		médio	0	0,0	0,85	0
		elevado	0	0,0	1,00	0
2	BURACOS	baixo	0	0,0	0,70	0
		médio	0	0,0	0,85	0
		elevado	0	0,0	1,00	0
3	AFUNDAMENTOS	baixo	1	100,0	0,70	70
		médio	1	100,0	0,85	85
		elevado	0	0,0	1,00	0
4	PERCURSO DE EROSIÃO	baixo	0	0,0	0,70	0
		médio	0	0,0	0,85	0
		elevado	0	0,0	1,00	0
5	CASCALHO SOLTO/PERDA DE AGREGADOS	baixo	2	200,0	0,50	100
		médio	0	0,0	0,75	0
		elevado	0	0,0	0,80	0
6	POEIRA	baixo	0	0,0	0,25	0
		médio	0	0,0	0,30	0
		elevado	0	0,0	0,35	0
<b>n total de estações</b>		1	<b>∑IGI = IGG</b>		255,00	

Item	Inadequado sistema de drenagem	Frequência absoluta	Frequência relativa	Fator de ponderação	IGI	
1	INCLINAÇÃO TRANSVERSAL	0	0	1,00	0	
2	ACOSTAMENTOS /BERMA ELEVADOS	baixo	0	0	0,50	0
		médio	0	0	0,75	0
		elevado	0	0	1,00	0
3	BUEIROS/GALERIAS/AQUEDUTOS	0	0	1,00	0	
4	VALAS INEXISTENTES	0	0	1,00	0	
5	CRESCIMENTO DA VEGETAÇÃO/ SEDIMENTOS NA VALA	baixo	0	0	0,20	0
		médio	0	0	0,60	0
		elevado	1	100	0,80	80
<b>n total de estações</b>		1	<b>∑IGI = IGG</b>		80,0	

Item	Degradação	Frequência absoluta	Frequência relativa	Fator de ponderação	IGI	
1	ONDULAÇÕES	baixo	0	0,0	0,70	0
		médio	0	0,0	0,85	0
		elevado	0	0,0	1,00	0
2	BURACOS	baixo	0	0,0	0,70	0
		médio	0	0,0	0,85	0
		elevado	0	0,0	1,00	0
3	AFUNDAMENTOS	baixo	0	0,0	0,70	0
		médio	0	0,0	0,85	0
		elevado	0	0,0	1,00	0
4	PERCURSO DE EROSIÃO	baixo	0	0,0	0,70	0
		médio	0	0,0	0,85	0
		elevado	0	0,0	1,00	0
5	CASCALHO SOLTO/PERDA DE AGREGADOS	baixo	1	100,0	0,50	50
		médio	0	0,0	0,75	0
		elevado	0	0,0	0,80	0
6	POEIRA	baixo	0	0,0	0,25	0
		médio	0	0,0	0,30	0
		elevado	0	0,0	0,35	0
<b>n total de estações</b>		1	<b><math>\Sigma</math>IGI = IGG</b>			50,00

Item	Inadequado sistema de drenagem	Frequência absoluta	Frequência relativa	Fator de ponderação	IGI	
1	INCLINAÇÃO TRANSVERSAL	0	0	1,00	0	
2	ACOSTAMENTOS /BERMA ELEVADOS	baixo	0	0	0,50	0
		médio	0	0	0,75	0
		elevado	0	0	1,00	0
3	BUEIROS/GALERIAS/AQUEDUTOS	0	0	1,00	0	
4	VALAS INEXISTENTES	1	100	1,00	100	
5	CRESCIMENTO DA VEGETAÇÃO/ SEDIMENTOS NA VALA	baixo	0	0	0,20	0
		médio	0	0	0,60	0
		elevado	0	0	0,80	0
<b>n total de estações</b>		1	<b><math>\Sigma</math>IGI = IGG</b>			100,0

Item	Degradação	Frequência absoluta	Frequência relativa	Fator de ponderação	IGI	
1	ONDULAÇÕES	baixo	0	0,0	0,70	0
		médio	0	0,0	0,85	0
		elevado	0	0,0	1,00	0
2	BURACOS	baixo	0	0,0	0,70	0
		médio	0	0,0	0,85	0
		elevado	0	0,0	1,00	0
3	AFUNDAMENTOS	baixo	0	0,0	0,70	0
		médio	0	0,0	0,85	0
		elevado	0	0,0	1,00	0
4	PERCURSO DE EROÇÃO	baixo	0	0,0	0,70	0
		médio	0	0,0	0,85	0
		elevado	0	0,0	1,00	0
5	CASCALHO SOLTO/PERDA DE AGREGADOS	baixo	1	100,0	0,50	50
		médio	0	0,0	0,75	0
		elevado	0	0,0	0,80	0
6	POEIRA	baixo	0	0,0	0,25	0
		médio	0	0,0	0,30	0
		elevado	0	0,0	0,35	0
<b>n total de estações</b>		1	<b><math>\Sigma</math>IGI = IGG</b>		50,00	

Item	Inadequado sistema de drenagem	Frequência absoluta	Frequência relativa	Fator de ponderação	IGI	
1	INCLINAÇÃO TRANSVERSAL	0	0	1,00	0	
2	ACOSTAMENTOS /BERMA ELEVADOS	baixo	0	0	0,50	0
		médio	0	0	0,75	0
		elevado	0	0	1,00	0
3	BUEIROS/GALERIAS/AQUEDUTOS	0	0	1,00	0	
4	VALAS INEXISTENTES	1	100	1,00	100	
5	CRESCIMENTO DA VEGETAÇÃO/ SEDIMENTOS NA VALA	baixo	0	0	0,20	0
		médio	0	0	0,60	0
		elevado	0	0	0,80	0
<b>n total de estações</b>		1	<b><math>\Sigma</math>IGI = IGG</b>		100,0	

Item	Degradação	Frequência absoluta	Frequência relativa	Fator de ponderação	IGI	
1	ONDULAÇÕES	baixo	0	0,0	0,70	0
		médio	0	0,0	0,85	0
		elevado	0	0,0	1,00	0
2	BURACOS	baixo	0	0,0	0,70	0
		médio	0	0,0	0,85	0
		elevado	0	0,0	1,00	0
3	AFUNDAMENTOS	baixo	1	100,0	0,70	70
		médio	0	0,0	0,85	0
		elevado	0	0,0	1,00	0
4	PERCURSO DE EROSÃO	baixo	0	0,0	0,70	0
		médio	0	0,0	0,85	0
		elevado	0	0,0	1,00	0
5	CASCALHO SOLTO/PERDA DE AGREGADOS	baixo	1	100,0	0,50	50
		médio	0	0,0	0,75	0
		elevado	0	0,0	0,80	0
6	POEIRA	baixo	0	0,0	0,25	0
		médio	0	0,0	0,30	0
		elevado	0	0,0	0,35	0
<b>n total de estações</b>		1	<b><math>\Sigma</math>IGI = IGG</b>			120,00

Item	Inadequado sistema de drenagem	Frequência absoluta	Frequência relativa	Fator de ponderação	IGI	
1	INCLINAÇÃO TRANSVERSAL	0	0	1,00	0	
2	ACOSTAMENTOS /BERMA ELEVADOS	baixo	1	100	0,50	50
		médio	0	0	0,75	0
		elevado	0	0	1,00	0
3	BUEIROS/GALERIAS/AQUEDUTOS	0	0	1,00	0	
4	VALAS INEXISTENTES	2	200	1,00	200	
5	CRESCIMENTO DA VEGETAÇÃO/ SEDIMENTOS NA VALA	baixo	0	0	0,20	0
		médio	0	0	0,60	0
		elevado	1	100	0,80	80
<b>n total de estações</b>		1	<b><math>\Sigma</math>IGI = IGG</b>			330,0

Item	Degradação	Frequência absoluta	Frequência relativa	Fator de ponderação	IGI	
1	ONDULAÇÕES	baixo	0	0,0	0,70	0
		médio	0	0,0	0,85	0
		elevado	0	0,0	1,00	0
2	BURACOS	baixo	0	0,0	0,70	0
		médio	0	0,0	0,85	0
		elevado	0	0,0	1,00	0
3	AFUNDAMENTOS	baixo	0	0,0	0,70	0
		médio	2	200,0	0,85	170
		elevado	0	0,0	1,00	0
4	PERCURSO DE EROSÃO	baixo	0	0,0	0,70	0
		médio	0	0,0	0,85	0
		elevado	0	0,0	1,00	0
5	CASCALHO SOLTO/PERDA DE AGREGADOS	baixo	0	0,0	0,50	0
		médio	0	0,0	0,75	0
		elevado	0	0,0	0,80	0
6	POEIRA	baixo	0	0,0	0,25	0
		médio	0	0,0	0,30	0
		elevado	0	0,0	0,35	0
<b>n total de estações</b>		1	<b><math>\Sigma</math>IGI = IGG</b>			170,00

Item	Inadequado sistema de drenagem	Frequência absoluta	Frequência relativa	Fator de ponderação	IGI	
1	INCLINAÇÃO TRANSVERSAL	0	0	1,00	0	
2	ACOSTAMENTOS /BERMA ELEVADOS	baixo	0	0	0,50	0
		médio	0	0	0,75	0
		elevado	0	0	1,00	0
3	BUEIROS/GALERIAS/AQUEDUTOS	1	100	1,00	100	
4	VALAS INEXISTENTES	0	0	1,00	0	
5	CRESCIMENTO DA VEGETAÇÃO/ SEDIMENTOS NA VALA	baixo	1	100	0,20	20
		médio	0	0	0,60	0
		elevado	0	0	0,80	0
<b>n total de estações</b>		1	<b><math>\Sigma</math>IGI = IGG</b>			120,0

Item	Degradação	Frequência absoluta	Frequência relativa	Fator de ponderação	IGI	
1	ONDULAÇÕES	baixo	0	0,0	0,70	0
		médio	0	0,0	0,85	0
		elevado	0	0,0	1,00	0
2	BURACOS	baixo	0	0,0	0,70	0
		médio	0	0,0	0,85	0
		elevado	0	0,0	1,00	0
3	AFUNDAMENTOS	baixo	0	0,0	0,70	0
		médio	2	200,0	0,85	170
		elevado	0	0,0	1,00	0
4	PERCURSO DE EROSÃO	baixo	0	0,0	0,70	0
		médio	0	0,0	0,85	0
		elevado	0	0,0	1,00	0
5	CASCALHO SOLTO/PERDA DE AGREGADOS	baixo	1	100,0	0,50	50
		médio	0	0,0	0,75	0
		elevado	0	0,0	0,80	0
6	POEIRA	baixo	0	0,0	0,25	0
		médio	0	0,0	0,30	0
		elevado	0	0,0	0,35	0
<b>n total de estações</b>		1	<b>∑IGI = IGG</b>			220,00

Item	Inadequado sistema de drenagem	Frequência absoluta	Frequência relativa	Fator de ponderação	IGI	
1	INCLINAÇÃO TRANSVERSAL	0	0	1,00	0	
2	ACOSTAMENTOS /BERMA ELEVADOS	baixo	1	100	0,50	50
		médio	0	0	0,75	0
		elevado	0	0	1,00	0
3	BUEIROS/GALERIAS/AQUEDUTOS	0	0	1,00	0	
4	VALAS INEXISTENTES	1	100	1,00	100	
5	CRESCIMENTO DA VEGETAÇÃO/ SEDIMENTOS NA VALA	baixo	0	0	0,20	0
		médio	0	0	0,60	0
		elevado	0	0	0,80	0
<b>n total de estações</b>		1	<b>∑IGI = IGG</b>			150,0

Item	Degradação	Frequência absoluta	Frequência relativa	Fator de ponderação	IGI	
1	ONDULAÇÕES	baixo	0	0,0	0,70	0
		médio	0	0,0	0,85	0
		elevado	0	0,0	1,00	0
2	BURACOS	baixo	0	0,0	0,70	0
		médio	0	0,0	0,85	0
		elevado	0	0,0	1,00	0
3	AFUNDAMENTOS	baixo	1	100,0	0,70	70
		médio	3	300,0	0,85	255
		elevado	0	0,0	1,00	0
4	PERCURSO DE EROSÃO	baixo	0	0,0	0,70	0
		médio	0	0,0	0,85	0
		elevado	0	0,0	1,00	0
5	CASCALHO SOLTO/PERDA DE AGREGADOS	baixo	1	100,0	0,50	50
		médio	0	0,0	0,75	0
		elevado	0	0,0	0,80	0
6	POEIRA	baixo	0	0,0	0,25	0
		médio	0	0,0	0,30	0
		elevado	0	0,0	0,35	0
<b>n total de estações</b>		1	<b><math>\Sigma</math>IGI = IGG</b>		375,00	

Item	Inadequado sistema de drenagem	Frequência absoluta	Frequência relativa	Fator de ponderação	IGI	
1	INCLINAÇÃO TRANSVERSAL	0	0	1,00	0	
2	ACOSTAMENTOS /BERMA ELEVADOS	baixo	1	100	0,50	50
		médio	0	0	0,75	0
		elevado	0	0	1,00	0
3	BUEIROS/GALERIAS/AQUEDUTOS	0	0	1,00	0	
4	VALAS INEXISTENTES	1	100	1,00	100	
5	CRESCIMENTO DA VEGETAÇÃO/ SEDIMENTOS NA VALA	baixo	0	0	0,20	0
		médio	0	0	0,60	0
		elevado	0	0	0,80	0
<b>n total de estações</b>		1	<b><math>\Sigma</math>IGI = IGG</b>		150,0	

Item	Degradação	Frequência absoluta	Frequência relativa	Fator de ponderação	IGI	
1	ONDULAÇÕES	baixo	0	0,0	0,70	0
		médio	0	0,0	0,85	0
		elevado	0	0,0	1,00	0
2	BURACOS	baixo	0	0,0	0,70	0
		médio	0	0,0	0,85	0
		elevado	0	0,0	1,00	0
3	AFUNDAMENTOS	baixo	1	100,0	0,70	70
		médio	0	0,0	0,85	0
		elevado	0	0,0	1,00	0
4	PERCURSO DE EROSIÃO	baixo	2	200,0	0,70	140
		médio	0	0,0	0,85	0
		elevado	0	0,0	1,00	0
5	CASCALHO SOLTO/PERDA DE AGREGADOS	baixo	2	200,0	0,50	100
		médio	0	0,0	0,75	0
		elevado	0	0,0	0,80	0
6	POEIRA	baixo	0	0,0	0,25	0
		médio	0	0,0	0,30	0
		elevado	0	0,0	0,35	0
<b>n total de estações</b>		1	<b><math>\Sigma</math>IGI = IGG</b>			310,00

Item	Inadequado sistema de drenagem	Frequência absoluta	Frequência relativa	Fator de ponderação	IGI	
1	INCLINAÇÃO TRANSVERSAL	0	0	1,00	0	
2	ACOSTAMENTOS /BERMA ELEVADOS	baixo	0	0	0,50	0
		médio	0	0	0,75	0
		elevado	0	0	1,00	0
3	BUEIROS/GALERIAS/AQUEDUTOS	0	0	1,00	0	
4	VALAS INEXISTENTES	1	100	1,00	100	
5	CRESCIMENTO DA VEGETAÇÃO/ SEDIMENTOS NA VALA	baixo	0	0	0,20	0
		médio	0	0	0,60	0
		elevado	0	0	0,80	0
<b>n total de estações</b>		1	<b><math>\Sigma</math>IGI = IGG</b>			100,0

Item	Degradação	Frequência absoluta	Frequência relativa	Fator de ponderação	IGI	
1	ONDULAÇÕES	baixo	0	0,0	0,70	0
		médio	0	0,0	0,85	0
		elevado	0	0,0	1,00	0
2	BURACOS	baixo	0	0,0	0,70	0
		médio	0	0,0	0,85	0
		elevado	0	0,0	1,00	0
3	AFUNDAMENTOS	baixo	0	0,0	0,70	0
		médio	2	200,0	0,85	170
		elevado	0	0,0	1,00	0
4	PERCURSO DE EROSIÃO	baixo	1	100,0	0,70	70
		médio	0	0,0	0,85	0
		elevado	0	0,0	1,00	0
5	CASCALHO SOLTO/PERDA DE AGREGADOS	baixo	1	100,0	0,50	50
		médio	0	0,0	0,75	0
		elevado	0	0,0	0,80	0
6	POEIRA	baixo	0	0,0	0,25	0
		médio	0	0,0	0,30	0
		elevado	0	0,0	0,35	0
<b>n total de estações</b>		1	<b>∑IGI = IGG</b>		290,00	

Item	Inadequado sistema de drenagem	Frequência absoluta	Frequência relativa	Fator de ponderação	IGI	
1	INCLINAÇÃO TRANSVERSAL	1	100	1,00	100	
2	ACOSTAMENTOS /BERMA ELEVADOS	baixo	0	0	0,50	0
		médio	0	0	0,75	0
		elevado	0	0	1,00	0
3	BUEIROS/GALERIAS/AQUEDUTOS	1	100	1,00	100	
4	VALAS INEXISTENTES	1	100	1,00	100	
5	CRESCIMENTO DA VEGETAÇÃO/ SEDIMENTOS NA VALA	baixo	0	0	0,20	0
		médio	0	0	0,60	0
		elevado	0	0	0,80	0
<b>n total de estações</b>		1	<b>∑IGI = IGG</b>		300,0	

Item	Degradação	Frequência absoluta	Frequência relativa	Fator de ponderação	IGI	
1	ONDULAÇÕES	baixo	0	0,0	0,70	0
		médio	0	0,0	0,85	0
		elevado	0	0,0	1,00	0
2	BURACOS	baixo	1	100,0	0,70	70
		médio	0	0,0	0,85	0
		elevado	0	0,0	1,00	0
3	AFUNDAMENTOS	baixo	3	300,0	0,70	210
		médio	0	0,0	0,85	0
		elevado	0	0,0	1,00	0
4	PERCURSO DE EROSIÃO	baixo	0	0,0	0,70	0
		médio	0	0,0	0,85	0
		elevado	0	0,0	1,00	0
5	CASCALHO SOLTO/PERDA DE AGREGADOS	baixo	0	0,0	0,50	0
		médio	0	0,0	0,75	0
		elevado	0	0,0	0,80	0
6	POEIRA	baixo	0	0,0	0,25	0
		médio	0	0,0	0,30	0
		elevado	0	0,0	0,35	0
<b>n total de estações</b>		1	<b><math>\Sigma</math>IGI = IGG</b>		280,00	

Item	Inadequado sistema de drenagem	Frequência absoluta	Frequência relativa	Fator de ponderação	IGI	
1	INCLINAÇÃO TRANSVERSAL	1	100	1,00	100	
2	ACOSTAMENTOS /BERMA ELEVADOS	baixo	0	0	0,50	0
		médio	0	0	0,75	0
		elevado	0	0	1,00	0
3	BUEIROS/GALERIAS/AQUEDUTOS	0	0	1,00	0	
4	VALAS INEXISTENTES	1	100	1,00	100	
5	CRESCIMENTO DA VEGETAÇÃO/ SEDIMENTOS NA VALA	baixo	0	0	0,20	0
		médio	1	100	0,60	60
		elevado	0	0	0,80	0
<b>n total de estações</b>		1	<b><math>\Sigma</math>IGI = IGG</b>		260,0	

Item	Degradação	Frequência absoluta	Frequência relativa	Fator de ponderação	IGI	
1	ONDULAÇÕES	baixo	0	0,0	0,70	0
		médio	0	0,0	0,85	0
		elevado	0	0,0	1,00	0
2	BURACOS	baixo	0	0,0	0,70	0
		médio	0	0,0	0,85	0
		elevado	0	0,0	1,00	0
3	AFUNDAMENTOS	baixo	5	500,0	0,70	350
		médio	2	200,0	0,85	170
		elevado	0	0,0	1,00	0
4	PERCURSO DE EROSIÃO	baixo	0	0,0	0,70	0
		médio	0	0,0	0,85	0
		elevado	0	0,0	1,00	0
5	CASCALHO SOLTO/PERDA DE AGREGADOS	baixo	0	0,0	0,50	0
		médio	0	0,0	0,75	0
		elevado	0	0,0	0,80	0
6	POEIRA	baixo	0	0,0	0,25	0
		médio	0	0,0	0,30	0
		elevado	0	0,0	0,35	0
<b>n total de estações</b>		1	<b>∑IGI = IGG</b>		520,00	

Item	Inadequado sistema de drenagem	Frequência absoluta	Frequência relativa	Fator de ponderação	IGI	
1	INCLINAÇÃO TRANSVERSAL	1	100	1,00	100	
2	ACOSTAMENTOS /BERMA ELEVADOS	baixo	1	100	0,50	50
		médio	0	0	0,75	0
		elevado	0	0	1,00	0
3	BUEIROS/GALERIAS/AQUEDUTOS	0	0	1,00	0	
4	VALAS INEXISTENTES	1	100	1,00	100	
5	CRESCIMENTO DA VEGETAÇÃO/ SEDIMENTOS NA VALA	baixo	1	100	0,20	20
		médio	0	0	0,60	0
		elevado	0	0	0,80	0
<b>n total de estações</b>		1	<b>∑IGI = IGG</b>		270,0	

Item	Degradação	Frequência absoluta	Frequência relativa	Fator de ponderação	IGI	
1	ONDULAÇÕES	baixo	0	0,0	0,70	0
		médio	0	0,0	0,85	0
		elevado	0	0,0	1,00	0
2	BURACOS	baixo	0	0,0	0,70	0
		médio	0	0,0	0,85	0
		elevado	0	0,0	1,00	0
3	AFUNDAMENTOS	baixo	2	200,0	0,70	140
		médio	3	300,0	0,85	255
		elevado	0	0,0	1,00	0
4	PERCURSO DE EROSIÃO	baixo	0	0,0	0,70	0
		médio	0	0,0	0,85	0
		elevado	0	0,0	1,00	0
5	CASCALHO SOLTO/PERDA DE AGREGADOS	baixo	1	100,0	0,50	50
		médio	0	0,0	0,75	0
		elevado	0	0,0	0,80	0
6	POEIRA	baixo	0	0,0	0,25	0
		médio	0	0,0	0,30	0
		elevado	0	0,0	0,35	0
<b>n total de estações</b>		1	<b><math>\Sigma</math>IGI = IGG</b>		445,00	

Item	Inadequado sistema de drenagem	Frequência absoluta	Frequência relativa	Fator de ponderação	IGI	
1	INCLINAÇÃO TRANSVERSAL	1	100	1,00	100	
2	ACOSTAMENTOS /BERMA ELEVADOS	baixo	2	200	0,50	100
		médio	0	0	0,75	0
		elevado	0	0	1,00	0
3	BUEIROS/GALERIAS/AQUEDUTOS	1	100	1,00	100	
4	VALAS INEXISTENTES	1	100	1,00	100	
5	CRESCIMENTO DA VEGETAÇÃO/ SEDIMENTOS NA VALA	baixo	0	0	0,20	0
		médio	0	0	0,60	0
		elevado	0	0	0,80	0
<b>n total de estações</b>		1	<b><math>\Sigma</math>IGI = IGG</b>		400,0	

Item	Degradação	Frequência absoluta	Frequência relativa	Fator de ponderação	IGI	
1	ONDULAÇÕES	baixo	0	0,0	0,70	0
		médio	0	0,0	0,85	0
		elevado	0	0,0	1,00	0
2	BURACOS	baixo	0	0,0	0,70	0
		médio	0	0,0	0,85	0
		elevado	0	0,0	1,00	0
3	AFUNDAMENTOS	baixo	1	100,0	0,70	70
		médio	1	100,0	0,85	85
		elevado	1	100,0	1,00	100
4	PERCURSO DE EROÇÃO	baixo	0	0,0	0,70	0
		médio	0	0,0	0,85	0
		elevado	0	0,0	1,00	0
5	CASCALHO SOLTO/PERDA DE AGREGADOS	baixo	0	0,0	0,50	0
		médio	0	0,0	0,75	0
		elevado	0	0,0	0,80	0
6	POEIRA	baixo	0	0,0	0,25	0
		médio	0	0,0	0,30	0
		elevado	0	0,0	0,35	0
<b>n total de estações</b>		1	<b><math>\Sigma</math>IGI = IGG</b>			255,00

Item	Inadequado sistema de drenagem	Frequência absoluta	Frequência relativa	Fator de ponderação	IGI	
1	INCLINAÇÃO TRANSVERSAL	1	100	1,00	100	
2	ACOSTAMENTOS /BERMA ELEVADOS	baixo	1	100	0,50	50
		médio	0	0	0,75	0
		elevado	0	0	1,00	0
3	BUEIROS/GALERIAS/AQUEDUTOS	0	0	1,00	0	
4	VALAS INEXISTENTES	0	0	1,00	0	
5	CRESCIMENTO DA VEGETAÇÃO/ SEDIMENTOS NA VALA	baixo	0	0	0,20	0
		médio	0	0	0,60	0
		elevado	0	0	0,80	0
<b>n total de estações</b>		1	<b><math>\Sigma</math>IGI = IGG</b>			150,0

Item	Degradação	Frequência absoluta	Frequência relativa	Fator de ponderação	IGI	
1	ONDULAÇÕES	baixo	0	0,0	0,70	0
		médio	0	0,0	0,85	0
		elevado	0	0,0	1,00	0
2	BURACOS	baixo	0	0,0	0,70	0
		médio	0	0,0	0,85	0
		elevado	0	0,0	1,00	0
3	AFUNDAMENTOS	baixo	2	200,0	0,70	140
		médio	3	300,0	0,85	255
		elevado	0	0,0	1,00	0
4	PERCURSO DE EROSIÃO	baixo	0	0,0	0,70	0
		médio	0	0,0	0,85	0
		elevado	0	0,0	1,00	0
5	CASCALHO SOLTO/PERDA DE AGREGADOS	baixo	1	100,0	0,50	50
		médio	0	0,0	0,75	0
		elevado	0	0,0	0,80	0
6	POEIRA	baixo	0	0,0	0,25	0
		médio	0	0,0	0,30	0
		elevado	0	0,0	0,35	0
<b>n total de estações</b>		1	<b>∑IGI = IGG</b>		445,00	

Item	Inadequado sistema de drenagem	Frequência absoluta	Frequência relativa	Fator de ponderação	IGI	
1	INCLINAÇÃO TRANSVERSAL	1	100	1,00	100	
2	ACOSTAMENTOS /BERMA ELEVADOS	baixo	0	0	0,50	0
		médio	0	0	0,75	0
		elevado	0	0	1,00	0
3	BUEIROS/GALERIAS/AQUEDUTOS	1	100	1,00	100	
4	VALAS INEXISTENTES	1	100	1,00	100	
5	CRESCIMENTO DA VEGETAÇÃO/ SEDIMENTOS NA VALA	baixo	0	0	0,20	0
		médio	0	0	0,60	0
		elevado	0	0	0,80	0
<b>n total de estações</b>		1	<b>∑IGI = IGG</b>		300,0	

Item	Degradação	Frequência absoluta	Frequência relativa	Fator de ponderação	IGI	
1	ONDULAÇÕES	baixo	0	0,0	0,70	0
		médio	0	0,0	0,85	0
		elevado	0	0,0	1,00	0
2	BURACOS	baixo	0	0,0	0,70	0
		médio	0	0,0	0,85	0
		elevado	0	0,0	1,00	0
3	AFUNDAMENTOS	baixo	3	300,0	0,70	210
		médio	0	0,0	0,85	0
		elevado	0	0,0	1,00	0
4	PERCURSO DE EROSÃO	baixo	1	100,0	0,70	70
		médio	0	0,0	0,85	0
		elevado	0	0,0	1,00	0
5	CASCALHO SOLTO/PERDA DE AGREGADOS	baixo	1	100,0	0,50	50
		médio	1	100,0	0,75	75
		elevado	0	0,0	0,80	0
6	POEIRA	baixo	0	0,0	0,25	0
		médio	0	0,0	0,30	0
		elevado	0	0,0	0,35	0
<b>n total de estações</b>		1	<b>∑IGI = IGG</b>		405,00	

Item	Inadequado sistema de drenagem	Frequência absoluta	Frequência relativa	Fator de ponderação	IGI	
1	INCLINAÇÃO TRANSVERSAL	0	0	1,00	0	
2	ACOSTAMENTOS /BERMA ELEVADOS	baixo	1	100	0,50	50
		médio	0	0	0,75	0
		elevado	0	0	1,00	0
3	BUEIROS/GALERIAS/AQUEDUTOS	0	0	1,00	0	
4	VALAS INEXISTENTES	1	100	1,00	100	
5	CRESCIMENTO DA VEGETAÇÃO/ SEDIMENTOS NA VALA	baixo	1	100	0,20	20
		médio	0	0	0,60	0
		elevado	0	0	0,80	0
<b>n total de estações</b>		1	<b>∑IGI = IGG</b>		170,0	

Item	Degradação	Frequência absoluta	Frequência relativa	Fator de ponderação	IGI	
1	ONDULAÇÕES	baixo	1	100,0	0,70	70
		médio	0	0,0	0,85	0
		elevado	0	0,0	1,00	0
2	BURACOS	baixo	0	0,0	0,70	0
		médio	0	0,0	0,85	0
		elevado	0	0,0	1,00	0
3	AFUNDAMENTOS	baixo	0	0,0	0,70	0
		médio	2	200,0	0,85	170
		elevado	0	0,0	1,00	0
4	PERCURSO DE EROSIÃO	baixo	0	0,0	0,70	0
		médio	0	0,0	0,85	0
		elevado	0	0,0	1,00	0
5	CASCALHO SOLTO/PERDA DE AGREGADOS	baixo	0	0,0	0,50	0
		médio	0	0,0	0,75	0
		elevado	0	0,0	0,80	0
6	POEIRA	baixo	0	0,0	0,25	0
		médio	0	0,0	0,30	0
		elevado	0	0,0	0,35	0
<b>n total de estações</b>		1	<b><math>\Sigma</math>IGI = IGG</b>			240,00

Item	Inadequado sistema de drenagem	Frequência absoluta	Frequência relativa	Fator de ponderação	IGI	
1	INCLINAÇÃO TRANSVERSAL	0	0	1,00	0	
2	ACOSTAMENTOS /BERMA ELEVADOS	baixo	0	0	0,50	0
		médio	0	0	0,75	0
		elevado	0	0	1,00	0
3	BUEIROS/GALERIAS/AQUEDUTOS	1	100	1,00	100	
4	VALAS INEXISTENTES	0	0	1,00	0	
5	CRESCIMENTO DA VEGETAÇÃO/ SEDIMENTOS NA VALA	baixo	1	100	0,20	20
		médio	0	0	0,60	0
		elevado	1	100	0,80	80
<b>n total de estações</b>		1	<b><math>\Sigma</math>IGI = IGG</b>			200,0

Item	Degradação	Frequência absoluta	Frequência relativa	Fator de ponderação	IGI	
1	ONDULAÇÕES	baixo	0	0,0	0,70	0
		médio	0	0,0	0,85	0
		elevado	0	0,0	1,00	0
2	BURACOS	baixo	1	100,0	0,70	70
		médio	1	100,0	0,85	85
		elevado	0	0,0	1,00	0
3	AFUNDAMENTOS	baixo	4	400,0	0,70	280
		médio	2	200,0	0,85	170
		elevado	0	0,0	1,00	0
4	PERCURSO DE EROÇÃO	baixo	0	0,0	0,70	0
		médio	0	0,0	0,85	0
		elevado	0	0,0	1,00	0
5	CASCALHO SOLTO/PERDA DE AGREGADOS	baixo	2	200,0	0,50	100
		médio	0	0,0	0,75	0
		elevado	0	0,0	0,80	0
6	POEIRA	baixo	0	0,0	0,25	0
		médio	0	0,0	0,30	0
		elevado	0	0,0	0,35	0
<b>n total de estações</b>		1	<b><math>\Sigma</math>IGI = IGG</b>		705,00	

Item	Inadequado sistema de drenagem	Frequência absoluta	Frequência relativa	Fator de ponderação	IGI	
1	INCLINAÇÃO TRANSVERSAL	0	0	1,00	0	
2	ACOSTAMENTOS /BERMA ELEVADOS	baixo	1	100	0,50	50
		médio	0	0	0,75	0
		elevado	0	0	1,00	0
3	BUEIROS/GALERIAS/AQUEDUTOS	0	0	1,00	0	
4	VALAS INEXISTENTES	1	100	1,00	100	
5	CRESCIMENTO DA VEGETAÇÃO/ SEDIMENTOS NA VALA	baixo	0	0	0,20	0
		médio	0	0	0,60	0
		elevado	0	0	0,80	0
<b>n total de estações</b>		1	<b><math>\Sigma</math>IGI = IGG</b>		150,0	

Item	Degradação	Frequência absoluta	Frequência relativa	Fator de ponderação	IGI	
1	ONDULAÇÕES	baixo	0	0,0	0,70	0
		médio	0	0,0	0,85	0
		elevado	0	0,0	1,00	0
2	BURACOS	baixo	0	0,0	0,70	0
		médio	0	0,0	0,85	0
		elevado	0	0,0	1,00	0
3	AFUNDAMENTOS	baixo	2	200,0	0,70	140
		médio	0	0,0	0,85	0
		elevado	0	0,0	1,00	0
4	PERCURSO DE EROSIÃO	baixo	0	0,0	0,70	0
		médio	0	0,0	0,85	0
		elevado	0	0,0	1,00	0
5	CASCALHO SOLTO/PERDA DE AGREGADOS	baixo	0	0,0	0,50	0
		médio	2	200,0	0,75	150
		elevado	0	0,0	0,80	0
6	POEIRA	baixo	0	0,0	0,25	0
		médio	0	0,0	0,30	0
		elevado	0	0,0	0,35	0
<b>n total de estações</b>		1	<b><math>\Sigma</math>IGI = IGG</b>		290,00	

Item	Inadequado sistema de drenagem	Frequência absoluta	Frequência relativa	Fator de ponderação	IGI	
1	INCLINAÇÃO TRANSVERSAL	0	0	1,00	0	
2	ACOSTAMENTOS /BERMA ELEVADOS	baixo	0	0	0,50	0
		médio	0	0	0,75	0
		elevado	0	0	1,00	0
3	BUEIROS/GALERIAS/AQUEDUTOS	0	0	1,00	0	
4	VALAS INEXISTENTES	2	200	1,00	200	
5	CRESCIMENTO DA VEGETAÇÃO/ SEDIMENTOS NA VALA	baixo	0	0	0,20	0
		médio	0	0	0,60	0
		elevado	0	0	0,80	0
<b>n total de estações</b>		1	<b><math>\Sigma</math>IGI = IGG</b>		200,0	

Item	Degradação	Frequência absoluta	Frequência relativa	Fator de ponderação	IGI	
1	ONDULAÇÕES	baixo	0	0,0	0,70	0
		médio	0	0,0	0,85	0
		elevado	0	0,0	1,00	0
2	BURACOS	baixo	0	0,0	0,70	0
		médio	0	0,0	0,85	0
		elevado	0	0,0	1,00	0
3	AFUNDAMENTOS	baixo	2	200,0	0,70	140
		médio	1	100,0	0,85	85
		elevado	0	0,0	1,00	0
4	PERCURSO DE EROSIÃO	baixo	0	0,0	0,70	0
		médio	0	0,0	0,85	0
		elevado	0	0,0	1,00	0
5	CASCALHO SOLTO/PERDA DE AGREGADOS	baixo	2	200,0	0,50	100
		médio	0	0,0	0,75	0
		elevado	0	0,0	0,80	0
6	POEIRA	baixo	0	0,0	0,25	0
		médio	0	0,0	0,30	0
		elevado	0	0,0	0,35	0
<b>n total de estações</b>		1	<b>∑IGI = IGG</b>		325,00	

Item	Inadequado sistema de drenagem	Frequência absoluta	Frequência relativa	Fator de ponderação	IGI	
1	INCLINAÇÃO TRANSVERSAL	0	0	1,00	0	
2	ACOSTAMENTOS /BERMA ELEVADOS	baixo	0	0	0,50	0
		médio	0	0	0,75	0
		elevado	0	0	1,00	0
3	BUEIROS/GALERIAS/AQUEDUTOS	0	0	1,00	0	
4	VALAS INEXISTENTES	2	200	1,00	200	
5	CRESCIMENTO DA VEGETAÇÃO/ SEDIMENTOS NA VALA	baixo	0	0	0,20	0
		médio	1	100	0,60	60
		elevado	0	0	0,80	0
<b>n total de estações</b>		1	<b>∑IGI = IGG</b>		260,0	

Item	Degradação	Frequência absoluta	Frequência relativa	Fator de ponderação	IGI	
1	ONDULAÇÕES	baixo	1	100,0	0,70	70
		médio	0	0,0	0,85	0
		elevado	0	0,0	1,00	0
2	BURACOS	baixo	0	0,0	0,70	0
		médio	0	0,0	0,85	0
		elevado	0	0,0	1,00	0
3	AFUNDAMENTOS	baixo	3	300,0	0,70	210
		médio	0	0,0	0,85	0
		elevado	0	0,0	1,00	0
4	PERCURSO DE EROSÃO	baixo	0	0,0	0,70	0
		médio	0	0,0	0,85	0
		elevado	0	0,0	1,00	0
5	CASCALHO SOLTO/PERDA DE AGREGADOS	baixo	1	100,0	0,50	50
		médio	0	0,0	0,75	0
		elevado	0	0,0	0,80	0
6	POEIRA	baixo	0	0,0	0,25	0
		médio	0	0,0	0,30	0
		elevado	0	0,0	0,35	0
<b>n total de estações</b>		1	<b><math>\Sigma</math>IGI = IGG</b>		330,00	

Item	Inadequado sistema de drenagem	Frequência absoluta	Frequência relativa	Fator de ponderação	IGI	
1	INCLINAÇÃO TRANSVERSAL	0	0	1,00	0	
2	ACOSTAMENTOS /BERMA ELEVADOS	baixo	0	0	0,50	0
		médio	0	0	0,75	0
		elevado	0	0	1,00	0
3	BUEIROS/GALERIAS/AQUEDUTOS	0	0	1,00	0	
4	VALAS INEXISTENTES	1	100	1,00	100	
5	CRESCIMENTO DA VEGETAÇÃO/ SEDIMENTOS NA VALA	baixo	0	0	0,20	0
		médio	0	0	0,60	0
		elevado	0	0	0,80	0
<b>n total de estações</b>		1	<b><math>\Sigma</math>IGI = IGG</b>		100,0	

Item	Degradação	Frequência absoluta	Frequência relativa	Fator de ponderação	IGI	
1	ONDULAÇÕES	baixo	0	0,0	0,70	0
		médio	0	0,0	0,85	0
		elevado	0	0,0	1,00	0
2	BURACOS	baixo	0	0,0	0,70	0
		médio	0	0,0	0,85	0
		elevado	0	0,0	1,00	0
3	AFUNDAMENTOS	baixo	3	300,0	0,70	210
		médio	1	100,0	0,85	85
		elevado	0	0,0	1,00	0
4	PERCURSO DE EROSIÃO	baixo	0	0,0	0,70	0
		médio	0	0,0	0,85	0
		elevado	0	0,0	1,00	0
5	CASCALHO SOLTO/PERDA DE AGREGADOS	baixo	0	0,0	0,50	0
		médio	0	0,0	0,75	0
		elevado	0	0,0	0,80	0
6	POEIRA	baixo	0	0,0	0,25	0
		médio	0	0,0	0,30	0
		elevado	0	0,0	0,35	0
<b>n total de estações</b>		1	<b>∑IGI = IGG</b>		295,00	

Item	Inadequado sistema de drenagem	Frequência absoluta	Frequência relativa	Fator de ponderação	IGI
1	INCLINAÇÃO TRANSVERSAL	0	0	1,00	0
2	ACOSTAMENTOS /BERMA ELEVADOS	baixo	0	0,50	0
		médio	0	0,75	0
		elevado	0	1,00	0
3	BUEIROS/GALERIAS/AQUEDUTOS	1	100	1,00	100
4	VALAS INEXISTENTES	2	200	1,00	200
5	CRESCIMENTO DA VEGETAÇÃO/ SEDIMENTOS NA VALA	baixo	0	0,20	0
		médio	0	0,60	0
		elevado	0	0,80	0
<b>n total de estações</b>		1	<b>∑IGI = IGG</b>		300,0

Item	Degradação	Frequência absoluta	Frequência relativa	Fator de ponderação	IGI	
1	ONDULAÇÕES	baixo	0	0,0	0,70	0
		médio	0	0,0	0,85	0
		elevado	0	0,0	1,00	0
2	BURACOS	baixo	0	0,0	0,70	0
		médio	0	0,0	0,85	0
		elevado	0	0,0	1,00	0
3	AFUNDAMENTOS	baixo	1	100,0	0,70	70
		médio	2	200,0	0,85	170
		elevado	0	0,0	1,00	0
4	PERCURSO DE EROSIÃO	baixo	0	0,0	0,70	0
		médio	0	0,0	0,85	0
		elevado	0	0,0	1,00	0
5	CASCALHO SOLTO/PERDA DE AGREGADOS	baixo	1	100,0	0,50	50
		médio	0	0,0	0,75	0
		elevado	0	0,0	0,80	0
6	POEIRA	baixo	0	0,0	0,25	0
		médio	0	0,0	0,30	0
		elevado	0	0,0	0,35	0
<b>n total de estações</b>		1	<b>∑IGI = IGG</b>		290,00	

Item	Inadequado sistema de drenagem	Frequência absoluta	Frequência relativa	Fator de ponderação	IGI	
1	INCLINAÇÃO TRANSVERSAL	0	0	1,00	0	
2	ACOSTAMENTOS /BERMA ELEVADOS	baixo	0	0	0,50	0
		médio	0	0	0,75	0
		elevado	0	0	1,00	0
3	BUEIROS/GALERIAS/AQUEDUTOS	0	0	1,00	0	
4	VALAS INEXISTENTES	0	0	1,00	0	
5	CRESCIMENTO DA VEGETAÇÃO/ SEDIMENTOS NA VALA	baixo	0	0	0,20	0
		médio	0	0	0,60	0
		elevado	0	0	0,80	0
<b>n total de estações</b>		1	<b>∑IGI = IGG</b>		0,0	

Item	Degradação	Frequência absoluta	Frequência relativa	Fator de ponderação	IGI	
1	ONDULAÇÕES	baixo	0	0,0	0,70	0
		médio	0	0,0	0,85	0
		elevado	0	0,0	1,00	0
2	BURACOS	baixo	0	0,0	0,70	0
		médio	0	0,0	0,85	0
		elevado	0	0,0	1,00	0
3	AFUNDAMENTOS	baixo	4	400,0	0,70	280
		médio	0	0,0	0,85	0
		elevado	0	0,0	1,00	0
4	PERCURSO DE EROSIÃO	baixo	0	0,0	0,70	0
		médio	0	0,0	0,85	0
		elevado	0	0,0	1,00	0
5	CASCALHO SOLTO/PERDA DE AGREGADOS	baixo	0	0,0	0,50	0
		médio	0	0,0	0,75	0
		elevado	0	0,0	0,80	0
6	POEIRA	baixo	0	0,0	0,25	0
		médio	0	0,0	0,30	0
		elevado	0	0,0	0,35	0
<b>n total de estações</b>		1	<b>∑IGI = IGG</b>		280,00	

Item	Inadequado sistema de drenagem	Frequência absoluta	Frequência relativa	Fator de ponderação	IGI
1	INCLINAÇÃO TRANSVERSAL	0	0	1,00	0
2	ACOSTAMENTOS /BERMA ELEVADOS	baixo	0	0,50	0
		médio	0	0,75	0
		elevado	0	1,00	0
3	BUEIROS/GALERIAS/AQUEDUTOS	0	0	1,00	0
4	VALAS INEXISTENTES	2	200	1,00	200
5	CRESCIMENTO DA VEGETAÇÃO/ SEDIMENTOS NA VALA	baixo	0	0,20	0
		médio	0	0,60	0
		elevado	0	0,80	0
<b>n total de estações</b>		1	<b>∑IGI = IGG</b>		200,0

Item	Degradação	Frequência absoluta	Frequência relativa	Fator de ponderação	IGI	
1	ONDULAÇÕES	baixo	0	0,0	0,70	0
		médio	0	0,0	0,85	0
		elevado	0	0,0	1,00	0
2	BURACOS	baixo	0	0,0	0,70	0
		médio	0	0,0	0,85	0
		elevado	0	0,0	1,00	0
3	AFUNDAMENTOS	baixo	2	200,0	0,70	140
		médio	0	0,0	0,85	0
		elevado	0	0,0	1,00	0
4	PERCURSO DE EROSIÃO	baixo	0	0,0	0,70	0
		médio	0	0,0	0,85	0
		elevado	0	0,0	1,00	0
5	CASCALHO SOLTO/PERDA DE AGREGADOS	baixo	2	200,0	0,50	100
		médio	0	0,0	0,75	0
		elevado	0	0,0	0,80	0
6	POEIRA	baixo	0	0,0	0,25	0
		médio	0	0,0	0,30	0
		elevado	0	0,0	0,35	0
<b>n total de estações</b>		1	<b><math>\Sigma</math>IGI = IGG</b>		240,00	

Item	Inadequado sistema de drenagem	Frequência absoluta	Frequência relativa	Fator de ponderação	IGI	
1	INCLINAÇÃO TRANSVERSAL	0	0	1,00	0	
2	ACOSTAMENTOS /BERMA ELEVADOS	baixo	1	100	0,50	50
		médio	0	0	0,75	0
		elevado	0	0	1,00	0
3	BUEIROS/GALERIAS/AQUEDUTOS	0	0	1,00	0	
4	VALAS INEXISTENTES	1	100	1,00	100	
5	CRESCIMENTO DA VEGETAÇÃO/ SEDIMENTOS NA VALA	baixo	0	0	0,20	0
		médio	0	0	0,60	0
		elevado	0	0	0,80	0
<b>n total de estações</b>		1	<b><math>\Sigma</math>IGI = IGG</b>		150,0	

Item	Degradação	Frequência absoluta	Frequência relativa	Fator de ponderação	IGI	
1	ONDULAÇÕES	baixo	0	0,0	0,70	0
		médio	0	0,0	0,85	0
		elevado	0	0,0	1,00	0
2	BURACOS	baixo	0	0,0	0,70	0
		médio	0	0,0	0,85	0
		elevado	0	0,0	1,00	0
3	AFUNDAMENTOS	baixo	2	200,0	0,70	140
		médio	1	100,0	0,85	85
		elevado	0	0,0	1,00	0
4	PERCURSO DE EROSÃO	baixo	0	0,0	0,70	0
		médio	0	0,0	0,85	0
		elevado	0	0,0	1,00	0
5	CASCALHO SOLTO/PERDA DE AGREGADOS	baixo	2	200,0	0,50	100
		médio	0	0,0	0,75	0
		elevado	0	0,0	0,80	0
6	POEIRA	baixo	0	0,0	0,25	0
		médio	0	0,0	0,30	0
		elevado	0	0,0	0,35	0
<b>n total de estações</b>		1	<b><math>\Sigma</math>IGI = IGG</b>			325,00

Item	Inadequado sistema de drenagem	Frequência absoluta	Frequência relativa	Fator de ponderação	IGI	
1	INCLINAÇÃO TRANSVERSAL	0	0	1,00	0	
2	ACOSTAMENTOS /BERMA ELEVADOS	baixo	0	0	0,50	0
		médio	0	0	0,75	0
		elevado	0	0	1,00	0
3	BUEIROS/GALERIAS/AQUEDUTOS	0	0	1,00	0	
4	VALAS INEXISTENTES	1	100	1,00	100	
5	CRESCIMENTO DA VEGETAÇÃO/ SEDIMENTOS NA VALA	baixo	0	0	0,20	0
		médio	0	0	0,60	0
		elevado	0	0	0,80	0
<b>n total de estações</b>		1	<b><math>\Sigma</math>IGI = IGG</b>			100,0

Item	Degradação	Frequência absoluta	Frequência relativa	Fator de ponderação	IGI	
1	ONDULAÇÕES	baixo	0	0,0	0,70	0
		médio	0	0,0	0,85	0
		elevado	0	0,0	1,00	0
2	BURACOS	baixo	0	0,0	0,70	0
		médio	0	0,0	0,85	0
		elevado	0	0,0	1,00	0
3	AFUNDAMENTOS	baixo	5	500,0	0,70	350
		médio	0	0,0	0,85	0
		elevado	0	0,0	1,00	0
4	PERCURSO DE EROSÃO	baixo	0	0,0	0,70	0
		médio	0	0,0	0,85	0
		elevado	0	0,0	1,00	0
5	CASCALHO SOLTO/PERDA DE AGREGADOS	baixo	1	100,0	0,50	50
		médio	0	0,0	0,75	0
		elevado	0	0,0	0,80	0
6	POEIRA	baixo	0	0,0	0,25	0
		médio	0	0,0	0,30	0
		elevado	0	0,0	0,35	0
<b>n total de estações</b>		1	<b>∑IGI = IGG</b>			400,00

Item	Inadequado sistema de drenagem	Frequência absoluta	Frequência relativa	Fator de ponderação	IGI	
1	INCLINAÇÃO TRANSVERSAL	1	100	1,00	100	
2	ACOSTAMENTOS /BERMA ELEVADOS	baixo	1	100	0,50	50
		médio	0	0	0,75	0
		elevado	0	0	1,00	0
3	BUEIROS/GALERIAS/AQUEDUTOS	1	100	1,00	100	
4	VALAS INEXISTENTES	1	100	1,00	100	
5	CRESCIMENTO DA VEGETAÇÃO/ SEDIMENTOS NA VALA	baixo	0	0	0,20	0
		médio	0	0	0,60	0
		elevado	0	0	0,80	0
<b>n total de estações</b>		1	<b>∑IGI = IGG</b>			350,0

**APÊNDICE K – Resultados da avaliação  
funcional para seções de 10 metros por Cabette  
(2018)**

Item	Degradação	Frequência absoluta	Frequência relativa	Fator de ponderação	IGI	
1	ONDULAÇÕES	baixo	0	0,0	0,70	0
		médio	0	0,0	0,85	0
		elevado	0	0,0	1,00	0
2	BURACOS	baixo	0	0,0	0,70	0
		médio	0	0,0	0,85	0
		elevado	0	0,0	1,00	0
3	AFUNDAMENTOS	baixo	1	100,0	0,70	70
		médio	1	100,0	0,85	85
		elevado	0	0,0	1,00	0
4	PERCURSO DE EROSIÃO	baixo	0	0,0	0,70	0
		médio	0	0,0	0,85	0
		elevado	0	0,0	1,00	0
5	CASCALHO SOLTO/PERDA DE AGREGADOS	baixo	1	100,0	0,50	50
		médio	0	0,0	0,75	0
		elevado	0	0,0	0,80	0
6	POEIRA	baixo	0	0,0	0,25	0
		médio	0	0,0	0,30	0
		elevado	0	0,0	0,35	0
<b>n total de estações</b>		1	<b>∑IGI = IGG</b>		205,00	

Item	Inadequado sistema de drenagem	Frequência absoluta	Frequência relativa	Fator de ponderação	IGI	
1	INCLINAÇÃO TRANSVERSAL	0	0	1,00	0	
2	ACOSTAMENTOS /BERMA ELEVADOS	baixo	0	0	0,50	0
		médio	0	0	0,75	0
		elevado	0	0	1,00	0
3	BUEIROS/GALERIAS/AQUEDUTOS	1	100	1,00	100	
4	VALAS INEXISTENTES	0	0	1,00	0	
5	CRESCIMENTO DA VEGETAÇÃO/ SEDIMENTOS NA VALA	baixo	2	200	0,20	40
		médio	0	0	0,60	0
		elevado	0	0	0,80	0
<b>n total de estações</b>		1	<b>∑IGI = IGG</b>		140,0	

Item	Degradação	Frequência absoluta	Frequência relativa	Fator de ponderação	IGI	
1	ONDULAÇÕES	baixo	0	0,0	0,70	0
		médio	0	0,0	0,85	0
		elevado	0	0,0	1,00	0
2	BURACOS	baixo	0	0,0	0,70	0
		médio	0	0,0	0,85	0
		elevado	0	0,0	1,00	0
3	AFUNDAMENTOS	baixo	1	100,0	0,70	70
		médio	1	100,0	0,85	85
		elevado	0	0,0	1,00	0
4	PERCURSO DE EROSIÃO	baixo	0	0,0	0,70	0
		médio	0	0,0	0,85	0
		elevado	0	0,0	1,00	0
5	CASCALHO SOLTO/PERDA DE AGREGADOS	baixo	2	200,0	0,50	100
		médio	0	0,0	0,75	0
		elevado	0	0,0	0,80	0
6	POEIRA	baixo	0	0,0	0,25	0
		médio	0	0,0	0,30	0
		elevado	0	0,0	0,35	0
<b>n total de estações</b>		1	<b><math>\Sigma</math>IGI = IGG</b>			255,00

Item	Inadequado sistema de drenagem	Frequência absoluta	Frequência relativa	Fator de ponderação	IGI	
1	INCLINAÇÃO TRANSVERSAL	0	0	1,00	0	
2	ACOSTAMENTOS /BERMA ELEVADOS	baixo	0	0	0,50	0
		médio	0	0	0,75	0
		elevado	0	0	1,00	0
3	BUEIROS/GALERIAS/AQUEDUTOS	1	100	1,00	100	
4	VALAS INEXISTENTES	0	0	1,00	0	
5	CRESCIMENTO DA VEGETAÇÃO/ SEDIMENTOS NA VALA	baixo	0	0	0,20	0
		médio	0	0	0,60	0
		elevado	0	0	0,80	0
<b>n total de estações</b>		1	<b><math>\Sigma</math>IGI = IGG</b>			100,0

Item	Degradação	Frequência absoluta	Frequência relativa	Fator de ponderação	IGI	
1	ONDULAÇÕES	baixo	0	0,0	0,70	0
		médio	0	0,0	0,85	0
		elevado	0	0,0	1,00	0
2	BURACOS	baixo	3	300,0	0,70	210
		médio	0	0,0	0,85	0
		elevado	0	0,0	1,00	0
3	AFUNDAMENTOS	baixo	0	0,0	0,70	0
		médio	0	0,0	0,85	0
		elevado	0	0,0	1,00	0
4	PERCURSO DE EROSIÃO	baixo	0	0,0	0,70	0
		médio	0	0,0	0,85	0
		elevado	1	100,0	1,00	100
5	CASCALHO SOLTO/PERDA DE AGREGADOS	baixo	1	100,0	0,50	50
		médio	0	0,0	0,75	0
		elevado	0	0,0	0,80	0
6	POEIRA	baixo	0	0,0	0,25	0
		médio	0	0,0	0,30	0
		elevado	0	0,0	0,35	0
<b>n total de estações</b>		1	<b><math>\Sigma</math>IGI = IGG</b>			360,00

Item	Inadequado sistema de drenagem	Frequência absoluta	Frequência relativa	Fator de ponderação	IGI	
1	INCLINAÇÃO TRANSVERSAL	0	0	1,00	0	
2	ACOSTAMENTOS /BERMA ELEVADOS	baixo	0	0	0,50	0
		médio	0	0	0,75	0
		elevado	0	0	1,00	0
3	BUEIROS/GALERIAS/AQUEDUTOS	0	0	1,00	0	
4	VALAS INEXISTENTES	0	0	1,00	0	
5	CRESCIMENTO DA VEGETAÇÃO/ SEDIMENTOS NA VALA	baixo	0	0	0,20	0
		médio	0	0	0,60	0
		elevado	0	0	0,80	0
<b>n total de estações</b>		1	<b><math>\Sigma</math>IGI = IGG</b>			0,0

Item	Degradação	Frequência absoluta	Frequência relativa	Fator de ponderação	IGI	
1	ONDULAÇÕES	baixo	0	0,0	0,70	0
		médio	0	0,0	0,85	0
		elevado	0	0,0	1,00	0
2	BURACOS	baixo	0	0,0	0,70	0
		médio	0	0,0	0,85	0
		elevado	0	0,0	1,00	0
3	AFUNDAMENTOS	baixo	0	0,0	0,70	0
		médio	0	0,0	0,85	0
		elevado	0	0,0	1,00	0
4	PERCURSO DE EROSÃO	baixo	0	0,0	0,70	0
		médio	0	0,0	0,85	0
		elevado	0	0,0	1,00	0
5	CASCALHO SOLTO/PERDA DE AGREGADOS	baixo	1	100,0	0,50	50
		médio	0	0,0	0,75	0
		elevado	0	0,0	0,80	0
6	POEIRA	baixo	0	0,0	0,25	0
		médio	0	0,0	0,30	0
		elevado	0	0,0	0,35	0
<b>n total de estações</b>		1	<b><math>\Sigma</math>IGI = IGG</b>			50,00

Item	Inadequado sistema de drenagem	Frequência absoluta	Frequência relativa	Fator de ponderação	IGI	
1	INCLINAÇÃO TRANSVERSAL	0	0	1,00	0	
2	ACOSTAMENTOS /BERMA ELEVADOS	baixo	1	100	0,50	50
		médio	0	0	0,75	0
		elevado	0	0	1,00	0
3	BUEIROS/GALERIAS/AQUEDUTOS	0	0	1,00	0	
4	VALAS INEXISTENTES	0	0	1,00	0	
5	CRESCIMENTO DA VEGETAÇÃO/ SEDIMENTOS NA VALA	baixo	0	0	0,20	0
		médio	0	0	0,60	0
		elevado	0	0	0,80	0
<b>n total de estações</b>		1	<b><math>\Sigma</math>IGI = IGG</b>			50,0

Item	Degradação	Frequência absoluta	Frequência relativa	Fator de ponderação	IGI	
1	ONDULAÇÕES	baixo	0	0,0	0,70	0
		médio	0	0,0	0,85	0
		elevado	0	0,0	1,00	0
2	BURACOS	baixo	0	0,0	0,70	0
		médio	0	0,0	0,85	0
		elevado	0	0,0	1,00	0
3	AFUNDAMENTOS	baixo	2	200,0	0,70	140
		médio	0	0,0	0,85	0
		elevado	0	0,0	1,00	0
4	PERCURSO DE EROSÃO	baixo	0	0,0	0,70	0
		médio	0	0,0	0,85	0
		elevado	0	0,0	1,00	0
5	CASCALHO SOLTO/PERDA DE AGREGADOS	baixo	1	100,0	0,50	50
		médio	0	0,0	0,75	0
		elevado	0	0,0	0,80	0
6	POEIRA	baixo	0	0,0	0,25	0
		médio	0	0,0	0,30	0
		elevado	0	0,0	0,35	0
<b>n total de estações</b>		1	<b><math>\Sigma</math>IGI = IGG</b>			190,00

Item	Inadequado sistema de drenagem	Frequência absoluta	Frequência relativa	Fator de ponderação	IGI	
1	INCLINAÇÃO TRANSVERSAL	0	0	1,00	0	
2	ACOSTAMENTOS /BERMA ELEVADOS	baixo	0	0	0,50	0
		médio	0	0	0,75	0
		elevado	0	0	1,00	0
3	BUEIROS/GALERIAS/AQUEDUTOS	2	200	1,00	200	
4	VALAS INEXISTENTES	0	0	1,00	0	
5	CRESCIMENTO DA VEGETAÇÃO/ SEDIMENTOS NA VALA	baixo	0	0	0,20	0
		médio	0	0	0,60	0
		elevado	0	0	0,80	0
<b>n total de estações</b>		1	<b><math>\Sigma</math>IGI = IGG</b>			200,0

Item	Degradação	Frequência absoluta	Frequência relativa	Fator de ponderação	IGI	
1	ONDULAÇÕES	baixo	0	0,0	0,70	0
		médio	0	0,0	0,85	0
		elevado	0	0,0	1,00	0
2	BURACOS	baixo	0	0,0	0,70	0
		médio	0	0,0	0,85	0
		elevado	0	0,0	1,00	0
3	AFUNDAMENTOS	baixo	1	100,0	0,70	70
		médio	1	100,0	0,85	85
		elevado	0	0,0	1,00	0
4	PERCURSO DE EROSIÃO	baixo	1	100,0	0,70	70
		médio	0	0,0	0,85	0
		elevado	0	0,0	1,00	0
5	CASCALHO SOLTO/PERDA DE AGREGADOS	baixo	2	200,0	0,50	100
		médio	0	0,0	0,75	0
		elevado	0	0,0	0,80	0
6	POEIRA	baixo	0	0,0	0,25	0
		médio	0	0,0	0,30	0
		elevado	0	0,0	0,35	0
<b>n total de estações</b>		1	<b>∑IGI = IGG</b>			325,00

Item	Inadequado sistema de drenagem	Frequência absoluta	Frequência relativa	Fator de ponderação	IGI	
1	INCLINAÇÃO TRANSVERSAL	0	0	1,00	0	
2	ACOSTAMENTOS /BERMA ELEVADOS	baixo	0	0	0,50	0
		médio	0	0	0,75	0
		elevado	0	0	1,00	0
3	BUEIROS/GALERIAS/AQUEDUTOS	0	0	1,00	0	
4	VALAS INEXISTENTES	0	0	1,00	0	
5	CRESCIMENTO DA VEGETAÇÃO/ SEDIMENTOS NA VALA	baixo	0	0	0,20	0
		médio	0	0	0,60	0
		elevado	1	100	0,80	80
<b>n total de estações</b>		1	<b>∑IGI = IGG</b>			80,0

Item	Degradação		Frequência absoluta	Frequência relativa	Fator de ponderação	IGI
1	ONDULAÇÕES	baixo	0	0,0	0,70	0
		médio	0	0,0	0,85	0
		elevado	0	0,0	1,00	0
2	BURACOS	baixo	0	0,0	0,70	0
		médio	0	0,0	0,85	0
		elevado	0	0,0	1,00	0
3	AFUNDAMENTOS	baixo	0	0,0	0,70	0
		médio	0	0,0	0,85	0
		elevado	0	0,0	1,00	0
4	PERCURSO DE EROÇÃO	baixo	0	0,0	0,70	0
		médio	0	0,0	0,85	0
		elevado	0	0,0	1,00	0
5	CASCALHO SOLTO/PERDA DE AGREGADOS	baixo	1	100,0	0,50	50
		médio	0	0,0	0,75	0
		elevado	0	0,0	0,80	0
6	POEIRA	baixo	0	0,0	0,25	0
		médio	0	0,0	0,30	0
		elevado	0	0,0	0,35	0
<b>n total de estações</b>		1	<b>∑IGI = IGG</b>			50,00

Item	Inadequado sistema de drenagem		Frequência absoluta	Frequência relativa	Fator de ponderação	IGI
1	INCLINAÇÃO TRANSVERSAL		0	0	1,00	0
2	ACOSTAMENTOS /BERMA ELEVADOS	baixo	0	0	0,50	0
		médio	0	0	0,75	0
		elevado	0	0	1,00	0
3	BUEIROS/GALERIAS/AQUEDUTOS		0	0	1,00	0
4	VALAS INEXISTENTES		1	100	1,00	100
5	CRESCIMENTO DA VEGETAÇÃO/ SEDIMENTOS NA VALA	baixo	0	0	0,20	0
		médio	0	0	0,60	0
		elevado	0	0	0,80	0
<b>n total de estações</b>		1	<b>∑IGI = IGG</b>			100,0

Item	Degradação	Frequência absoluta	Frequência relativa	Fator de ponderação	IGI	
1	ONDULAÇÕES	baixo	0	0,0	0,70	0
		médio	0	0,0	0,85	0
		elevado	0	0,0	1,00	0
2	BURACOS	baixo	0	0,0	0,70	0
		médio	0	0,0	0,85	0
		elevado	0	0,0	1,00	0
3	AFUNDAMENTOS	baixo	0	0,0	0,70	0
		médio	0	0,0	0,85	0
		elevado	0	0,0	1,00	0
4	PERCURSO DE EROSÃO	baixo	0	0,0	0,70	0
		médio	0	0,0	0,85	0
		elevado	0	0,0	1,00	0
5	CASCALHO SOLTO/PERDA DE AGREGADOS	baixo	1	100,0	0,50	50
		médio	0	0,0	0,75	0
		elevado	0	0,0	0,80	0
6	POEIRA	baixo	0	0,0	0,25	0
		médio	0	0,0	0,30	0
		elevado	0	0,0	0,35	0
<b>n total de estações</b>		1	<b><math>\Sigma</math>IGI = IGG</b>			50,00

Item	Inadequado sistema de drenagem	Frequência absoluta	Frequência relativa	Fator de ponderação	IGI	
1	INCLINAÇÃO TRANSVERSAL	0	0	1,00	0	
2	ACOSTAMENTOS /BERMA ELEVADOS	baixo	0	0	0,50	0
		médio	0	0	0,75	0
		elevado	0	0	1,00	0
3	BUEIROS/GALERIAS/AQUEDUTOS	0	0	1,00	0	
4	VALAS INEXISTENTES	1	100	1,00	100	
5	CRESCIMENTO DA VEGETAÇÃO/ SEDIMENTOS NA VALA	baixo	0	0	0,20	0
		médio	0	0	0,60	0
		elevado	0	0	0,80	0
<b>n total de estações</b>		1	<b><math>\Sigma</math>IGI = IGG</b>			100,0

Item	Degradação	Frequência absoluta	Frequência relativa	Fator de ponderação	IGI	
1	ONDULAÇÕES	baixo	0	0,0	0,70	0
		médio	0	0,0	0,85	0
		elevado	0	0,0	1,00	0
2	BURACOS	baixo	0	0,0	0,70	0
		médio	0	0,0	0,85	0
		elevado	0	0,0	1,00	0
3	AFUNDAMENTOS	baixo	1	100,0	0,70	70
		médio	0	0,0	0,85	0
		elevado	0	0,0	1,00	0
4	PERCURSO DE EROSIÃO	baixo	0	0,0	0,70	0
		médio	0	0,0	0,85	0
		elevado	0	0,0	1,00	0
5	CASCALHO SOLTO/PERDA DE AGREGADOS	baixo	2	200,0	0,50	100
		médio	0	0,0	0,75	0
		elevado	0	0,0	0,80	0
6	POEIRA	baixo	0	0,0	0,25	0
		médio	0	0,0	0,30	0
		elevado	0	0,0	0,35	0
<b>n total de estações</b>		1	<b><math>\Sigma</math>IGI = IGG</b>			170,00

Item	Inadequado sistema de drenagem	Frequência absoluta	Frequência relativa	Fator de ponderação	IGI	
1	INCLINAÇÃO TRANSVERSAL	0	0	1,00	0	
2	ACOSTAMENTOS /BERMA ELEVADOS	baixo	1	100	0,50	50
		médio	0	0	0,75	0
		elevado	0	0	1,00	0
3	BUEIROS/GALERIAS/AQUEDUTOS	0	0	1,00	0	
4	VALAS INEXISTENTES	2	200	1,00	200	
5	CRESCIMENTO DA VEGETAÇÃO/ SEDIMENTOS NA VALA	baixo	0	0	0,20	0
		médio	0	0	0,60	0
		elevado	1	100	0,80	80
<b>n total de estações</b>		1	<b><math>\Sigma</math>IGI = IGG</b>			330,0

Item	Degradação	Frequência absoluta	Frequência relativa	Fator de ponderação	IGI	
1	ONDULAÇÕES	baixo	0	0,0	0,70	0
		médio	0	0,0	0,85	0
		elevado	0	0,0	1,00	0
2	BURACOS	baixo	0	0,0	0,70	0
		médio	1	100,0	0,85	85
		elevado	0	0,0	1,00	0
3	AFUNDAMENTOS	baixo	0	0,0	0,70	0
		médio	2	200,0	0,85	170
		elevado	0	0,0	1,00	0
4	PERCURSO DE EROSIÃO	baixo	0	0,0	0,70	0
		médio	0	0,0	0,85	0
		elevado	0	0,0	1,00	0
5	CASCALHO SOLTO/PERDA DE AGREGADOS	baixo	1	100,0	0,50	50
		médio	0	0,0	0,75	0
		elevado	0	0,0	0,80	0
6	POEIRA	baixo	0	0,0	0,25	0
		médio	0	0,0	0,30	0
		elevado	0	0,0	0,35	0
<b>n total de estações</b>		1	<b><math>\Sigma</math>IGI = IGG</b>			305,00

Item	Inadequado sistema de drenagem	Frequência absoluta	Frequência relativa	Fator de ponderação	IGI	
1	INCLINAÇÃO TRANSVERSAL	0	0	1,00	0	
2	ACOSTAMENTOS /BERMA ELEVADOS	baixo	0	0	0,50	0
		médio	0	0	0,75	0
		elevado	0	0	1,00	0
3	BUEIROS/GALERIAS/AQUEDUTOS	1	100	1,00	100	
4	VALAS INEXISTENTES	0	0	1,00	0	
5	CRESCIMENTO DA VEGETAÇÃO/ SEDIMENTOS NA VALA	baixo	1	100	0,20	20
		médio	0	0	0,60	0
		elevado	0	0	0,80	0
<b>n total de estações</b>		1	<b><math>\Sigma</math>IGI = IGG</b>			120,0

Item	Degradação	Frequência absoluta	Frequência relativa	Fator de ponderação	IGI	
1	ONDULAÇÕES	baixo	0	0,0	0,70	0
		médio	0	0,0	0,85	0
		elevado	0	0,0	1,00	0
2	BURACOS	baixo	0	0,0	0,70	0
		médio	0	0,0	0,85	0
		elevado	0	0,0	1,00	0
3	AFUNDAMENTOS	baixo	0	0,0	0,70	0
		médio	2	200,0	0,85	170
		elevado	0	0,0	1,00	0
4	PERCURSO DE EROSÃO	baixo	0	0,0	0,70	0
		médio	0	0,0	0,85	0
		elevado	0	0,0	1,00	0
5	CASCALHO SOLTO/PERDA DE AGREGADOS	baixo	1	100,0	0,50	50
		médio	0	0,0	0,75	0
		elevado	0	0,0	0,80	0
6	POEIRA	baixo	0	0,0	0,25	0
		médio	0	0,0	0,30	0
		elevado	0	0,0	0,35	0
<b>n total de estações</b>		1	<b><math>\Sigma</math>IGI = IGG</b>			220,00

Item	Inadequado sistema de drenagem	Frequência absoluta	Frequência relativa	Fator de ponderação	IGI	
1	INCLINAÇÃO TRANSVERSAL	0	0	1,00	0	
2	ACOSTAMENTOS /BERMA ELEVADOS	baixo	1	100	0,50	50
		médio	0	0	0,75	0
		elevado	0	0	1,00	0
3	BUEIROS/GALERIAS/AQUEDUTOS	0	0	1,00	0	
4	VALAS INEXISTENTES	2	200	1,00	200	
5	CRESCIMENTO DA VEGETAÇÃO/ SEDIMENTOS NA VALA	baixo	0	0	0,20	0
		médio	0	0	0,60	0
		elevado	0	0	0,80	0
<b>n total de estações</b>		1	<b><math>\Sigma</math>IGI = IGG</b>			250,0

Item	Degradação	Frequência absoluta	Frequência relativa	Fator de ponderação	IGI	
1	ONDULAÇÕES	baixo	0	0,0	0,70	0
		médio	0	0,0	0,85	0
		elevado	0	0,0	1,00	0
2	BURACOS	baixo	0	0,0	0,70	0
		médio	0	0,0	0,85	0
		elevado	0	0,0	1,00	0
3	AFUNDAMENTOS	baixo	0	0,0	0,70	0
		médio	4	400,0	0,85	340
		elevado	0	0,0	1,00	0
4	PERCURSO DE EROSÃO	baixo	0	0,0	0,70	0
		médio	0	0,0	0,85	0
		elevado	0	0,0	1,00	0
5	CASCALHO SOLTO/PERDA DE AGREGADOS	baixo	1	100,0	0,50	50
		médio	0	0,0	0,75	0
		elevado	0	0,0	0,80	0
6	POEIRA	baixo	0	0,0	0,25	0
		médio	0	0,0	0,30	0
		elevado	0	0,0	0,35	0
<b>n total de estações</b>		1	<b><math>\Sigma</math>IGI = IGG</b>			390,00

Item	Inadequado sistema de drenagem	Frequência absoluta	Frequência relativa	Fator de ponderação	IGI	
1	INCLINAÇÃO TRANSVERSAL	0	0	1,00	0	
2	ACOSTAMENTOS /BERMA ELEVADOS	baixo	1	100	0,50	50
		médio	0	0	0,75	0
		elevado	0	0	1,00	0
3	BUEIROS/GALERIAS/AQUEDUTOS	0	0	1,00	0	
4	VALAS INEXISTENTES	1	100	1,00	100	
5	CRESCIMENTO DA VEGETAÇÃO/ SEDIMENTOS NA VALA	baixo	0	0	0,20	0
		médio	0	0	0,60	0
		elevado	0	0	0,80	0
<b>n total de estações</b>		1	<b><math>\Sigma</math>IGI = IGG</b>			150,0

Item	Degradação	Frequência absoluta	Frequência relativa	Fator de ponderação	IGI	
1	ONDULAÇÕES	baixo	0	0,0	0,70	0
		médio	0	0,0	0,85	0
		elevado	0	0,0	1,00	0
2	BURACOS	baixo	0	0,0	0,70	0
		médio	0	0,0	0,85	0
		elevado	0	0,0	1,00	0
3	AFUNDAMENTOS	baixo	1	100,0	0,70	70
		médio	1	100,0	0,85	85
		elevado	0	0,0	1,00	0
4	PERCURSO DE EROSIÃO	baixo	2	200,0	0,70	140
		médio	0	0,0	0,85	0
		elevado	0	0,0	1,00	0
5	CASCALHO SOLTO/PERDA DE AGREGADOS	baixo	2	200,0	0,50	100
		médio	0	0,0	0,75	0
		elevado	0	0,0	0,80	0
6	POEIRA	baixo	0	0,0	0,25	0
		médio	0	0,0	0,30	0
		elevado	0	0,0	0,35	0
<b>n total de estações</b>		1	<b><math>\Sigma</math>IGI = IGG</b>			395,00

Item	Inadequado sistema de drenagem	Frequência absoluta	Frequência relativa	Fator de ponderação	IGI	
1	INCLINAÇÃO TRANSVERSAL	0	0	1,00	0	
2	ACOSTAMENTOS /BERMA ELEVADOS	baixo	0	0	0,50	0
		médio	0	0	0,75	0
		elevado	0	0	1,00	0
3	BUEIROS/GALERIAS/AQUEDUTOS	0	0	1,00	0	
4	VALAS INEXISTENTES	1	100	1,00	100	
5	CRESCIMENTO DA VEGETAÇÃO/ SEDIMENTOS NA VALA	baixo	1	100	0,20	20
		médio	0	0	0,60	0
		elevado	0	0	0,80	0
<b>n total de estações</b>		1	<b><math>\Sigma</math>IGI = IGG</b>			120,0

Item	Degradação	Frequência absoluta	Frequência relativa	Fator de ponderação	IGI	
1	ONDULAÇÕES	baixo	0	0,0	0,70	0
		médio	0	0,0	0,85	0
		elevado	0	0,0	1,00	0
2	BURACOS	baixo	0	0,0	0,70	0
		médio	0	0,0	0,85	0
		elevado	0	0,0	1,00	0
3	AFUNDAMENTOS	baixo	0	0,0	0,70	0
		médio	2	200,0	0,85	170
		elevado	0	0,0	1,00	0
4	PERCURSO DE EROSIÃO	baixo	1	100,0	0,70	70
		médio	0	0,0	0,85	0
		elevado	0	0,0	1,00	0
5	CASCALHO SOLTO/PERDA DE AGREGADOS	baixo	2	200,0	0,50	100
		médio	0	0,0	0,75	0
		elevado	0	0,0	0,80	0
6	POEIRA	baixo	0	0,0	0,25	0
		médio	0	0,0	0,30	0
		elevado	0	0,0	0,35	0
<b>n total de estações</b>		1	<b><math>\Sigma</math>IGI = IGG</b>			340,00

Item	Inadequado sistema de drenagem	Frequência absoluta	Frequência relativa	Fator de ponderação	IGI	
1	INCLINAÇÃO TRANSVERSAL	1	100	1,00	100	
2	ACOSTAMENTOS /BERMA ELEVADOS	baixo	0	0	0,50	0
		médio	0	0	0,75	0
		elevado	0	0	1,00	0
3	BUEIROS/GALERIAS/AQUEDUTOS	1	100	1,00	100	
4	VALAS INEXISTENTES	1	100	1,00	100	
5	CRESCIMENTO DA VEGETAÇÃO/ SEDIMENTOS NA VALA	baixo	0	0	0,20	0
		médio	0	0	0,60	0
		elevado	0	0	0,80	0
<b>n total de estações</b>		1	<b><math>\Sigma</math>IGI = IGG</b>			300,0

Item	Degradação	Frequência absoluta	Frequência relativa	Fator de ponderação	IGI	
1	ONDULAÇÕES	baixo	1	100,0	0,70	70
		médio	0	0,0	0,85	0
		elevado	0	0,0	1,00	0
2	BURACOS	baixo	1	100,0	0,70	70
		médio	0	0,0	0,85	0
		elevado	0	0,0	1,00	0
3	AFUNDAMENTOS	baixo	3	300,0	0,70	210
		médio	0	0,0	0,85	0
		elevado	0	0,0	1,00	0
4	PERCURSO DE EROSIÃO	baixo	0	0,0	0,70	0
		médio	0	0,0	0,85	0
		elevado	0	0,0	1,00	0
5	CASCALHO SOLTO/PERDA DE AGREGADOS	baixo	0	0,0	0,50	0
		médio	0	0,0	0,75	0
		elevado	0	0,0	0,80	0
6	POEIRA	baixo	0	0,0	0,25	0
		médio	0	0,0	0,30	0
		elevado	0	0,0	0,35	0
<b>n total de estações</b>		1	<b>∑IGI = IGG</b>		350,00	

Item	Inadequado sistema de drenagem	Frequência absoluta	Frequência relativa	Fator de ponderação	IGI	
1	INCLINAÇÃO TRANSVERSAL	1	100	1,00	100	
2	ACOSTAMENTOS /BERMA ELEVADOS	baixo	0	0	0,50	0
		médio	0	0	0,75	0
		elevado	0	0	1,00	0
3	BUEIROS/GALERIAS/AQUEDUTOS	0	0	1,00	0	
4	VALAS INEXISTENTES	1	100	1,00	100	
5	CRESCIMENTO DA VEGETAÇÃO/ SEDIMENTOS NA VALA	baixo	0	0	0,20	0
		médio	1	100	0,60	60
		elevado	0	0	0,80	0
<b>n total de estações</b>		1	<b>∑IGI = IGG</b>		260,0	

Item	Degradação	Frequência absoluta	Frequência relativa	Fator de ponderação	IGI	
1	ONDULAÇÕES	baixo	0	0,0	0,70	0
		médio	0	0,0	0,85	0
		elevado	0	0,0	1,00	0
2	BURACOS	baixo	0	0,0	0,70	0
		médio	0	0,0	0,85	0
		elevado	0	0,0	1,00	0
3	AFUNDAMENTOS	baixo	3	300,0	0,70	210
		médio	3	300,0	0,85	255
		elevado	1	100,0	1,00	100
4	PERCURSO DE EROSIÃO	baixo	0	0,0	0,70	0
		médio	0	0,0	0,85	0
		elevado	0	0,0	1,00	0
5	CASCALHO SOLTO/PERDA DE AGREGADOS	baixo	0	0,0	0,50	0
		médio	0	0,0	0,75	0
		elevado	0	0,0	0,80	0
6	POEIRA	baixo	0	0,0	0,25	0
		médio	0	0,0	0,30	0
		elevado	0	0,0	0,35	0
<b>n total de estações</b>		1	<b>∑IGI = IGG</b>		565,00	

Item	Inadequado sistema de drenagem	Frequência absoluta	Frequência relativa	Fator de ponderação	IGI	
1	INCLINAÇÃO TRANSVERSAL	1	100	1,00	100	
2	ACOSTAMENTOS /BERMA ELEVADOS	baixo	1	100	0,50	50
		médio	0	0	0,75	0
		elevado	0	0	1,00	0
3	BUEIROS/GALERIAS/AQUEDUTOS	1	100	1,00	100	
4	VALAS INEXISTENTES	1	100	1,00	100	
5	CRESCIMENTO DA VEGETAÇÃO/ SEDIMENTOS NA VALA	baixo	1	100	0,20	20
		médio	0	0	0,60	0
		elevado	0	0	0,80	0
<b>n total de estações</b>		1	<b>∑IGI = IGG</b>		370,0	

Item	Degradação	Frequência absoluta	Frequência relativa	Fator de ponderação	IGI	
1	ONDULAÇÕES	baixo	0	0,0	0,70	0
		médio	0	0,0	0,85	0
		elevado	0	0,0	1,00	0
2	BURACOS	baixo	0	0,0	0,70	0
		médio	0	0,0	0,85	0
		elevado	0	0,0	1,00	0
3	AFUNDAMENTOS	baixo	2	200,0	0,70	140
		médio	3	300,0	0,85	255
		elevado	0	0,0	1,00	0
4	PERCURSO DE EROSÃO	baixo	0	0,0	0,70	0
		médio	0	0,0	0,85	0
		elevado	0	0,0	1,00	0
5	CASCALHO SOLTO/PERDA DE AGREGADOS	baixo	1	100,0	0,50	50
		médio	0	0,0	0,75	0
		elevado	0	0,0	0,80	0
6	POEIRA	baixo	0	0,0	0,25	0
		médio	0	0,0	0,30	0
		elevado	0	0,0	0,35	0
<b>n total de estações</b>		1	<b><math>\Sigma</math>IGI = IGG</b>			445,00

Item	Inadequado sistema de drenagem	Frequência absoluta	Frequência relativa	Fator de ponderação	IGI	
1	INCLINAÇÃO TRANSVERSAL	1	100	1,00	100	
2	ACOSTAMENTOS /BERMA ELEVADOS	baixo	2	200	0,50	100
		médio	0	0	0,75	0
		elevado	0	0	1,00	0
3	BUEIROS/GALERIAS/AQUEDUTOS	1	100	1,00	100	
4	VALAS INEXISTENTES	1	100	1,00	100	
5	CRESCIMENTO DA VEGETAÇÃO/ SEDIMENTOS NA VALA	baixo	0	0	0,20	0
		médio	0	0	0,60	0
		elevado	0	0	0,80	0
<b>n total de estações</b>		1	<b><math>\Sigma</math>IGI = IGG</b>			400,0

Item	Degradação	Frequência absoluta	Frequência relativa	Fator de ponderação	IGI	
1	ONDULAÇÕES	baixo	0	0,0	0,70	0
		médio	0	0,0	0,85	0
		elevado	0	0,0	1,00	0
2	BURACOS	baixo	0	0,0	0,70	0
		médio	1	100,0	0,85	85
		elevado	0	0,0	1,00	0
3	AFUNDAMENTOS	baixo	1	100,0	0,70	70
		médio	1	100,0	0,85	85
		elevado	1	100,0	1,00	100
4	PERCURSO DE EROSÃO	baixo	0	0,0	0,70	0
		médio	0	0,0	0,85	0
		elevado	0	0,0	1,00	0
5	CASCALHO SOLTO/PERDA DE AGREGADOS	baixo	0	0,0	0,50	0
		médio	0	0,0	0,75	0
		elevado	0	0,0	0,80	0
6	POEIRA	baixo	0	0,0	0,25	0
		médio	0	0,0	0,30	0
		elevado	0	0,0	0,35	0
<b>n total de estações</b>		1	<b><math>\Sigma</math>IGI = IGG</b>		340,00	

Item	Inadequado sistema de drenagem	Frequência absoluta	Frequência relativa	Fator de ponderação	IGI	
1	INCLINAÇÃO TRANSVERSAL	1	100	1,00	100	
2	ACOSTAMENTOS /BERMA ELEVADOS	baixo	1	100	0,50	50
		médio	0	0	0,75	0
		elevado	0	0	1,00	0
3	BUEIROS/GALERIAS/AQUEDUTOS	0	0	1,00	0	
4	VALAS INEXISTENTES	0	0	1,00	0	
5	CRESCIMENTO DA VEGETAÇÃO/ SEDIMENTOS NA VALA	baixo	0	0	0,20	0
		médio	0	0	0,60	0
		elevado	0	0	0,80	0
<b>n total de estações</b>		1	<b><math>\Sigma</math>IGI = IGG</b>		150,0	

Item	Degradação	Frequência absoluta	Frequência relativa	Fator de ponderação	IGI	
1	ONDULAÇÕES	baixo	0	0,0	0,70	0
		médio	0	0,0	0,85	0
		elevado	0	0,0	1,00	0
2	BURACOS	baixo	0	0,0	0,70	0
		médio	0	0,0	0,85	0
		elevado	0	0,0	1,00	0
3	AFUNDAMENTOS	baixo	2	200,0	0,70	140
		médio	3	300,0	0,85	255
		elevado	0	0,0	1,00	0
4	PERCURSO DE EROSÃO	baixo	0	0,0	0,70	0
		médio	0	0,0	0,85	0
		elevado	0	0,0	1,00	0
5	CASCALHO SOLTO/PERDA DE AGREGADOS	baixo	1	100,0	0,50	50
		médio	0	0,0	0,75	0
		elevado	0	0,0	0,80	0
6	POEIRA	baixo	0	0,0	0,25	0
		médio	0	0,0	0,30	0
		elevado	0	0,0	0,35	0
<b>n total de estações</b>		1	<b>∑IGI = IGG</b>			445,00

Item	Inadequado sistema de drenagem	Frequência absoluta	Frequência relativa	Fator de ponderação	IGI	
1	INCLINAÇÃO TRANSVERSAL	1	100	1,00	100	
2	ACOSTAMENTOS /BERMA ELEVADOS	baixo	0	0	0,50	0
		médio	0	0	0,75	0
		elevado	0	0	1,00	0
3	BUEIROS/GALERIAS/AQUEDUTOS	1	100	1,00	100	
4	VALAS INEXISTENTES	1	100	1,00	100	
5	CRESCIMENTO DA VEGETAÇÃO/ SEDIMENTOS NA VALA	baixo	0	0	0,20	0
		médio	0	0	0,60	0
		elevado	0	0	0,80	0
<b>n total de estações</b>		1	<b>∑IGI = IGG</b>			300,0

Item	Degradação	Frequência absoluta	Frequência relativa	Fator de ponderação	IGI	
1	ONDULAÇÕES	baixo	1	100,0	0,70	70
		médio	0	0,0	0,85	0
		elevado	0	0,0	1,00	0
2	BURACOS	baixo	0	0,0	0,70	0
		médio	0	0,0	0,85	0
		elevado	0	0,0	1,00	0
3	AFUNDAMENTOS	baixo	3	300,0	0,70	210
		médio	0	0,0	0,85	0
		elevado	0	0,0	1,00	0
4	PERCURSO DE EROSIÃO	baixo	1	100,0	0,70	70
		médio	0	0,0	0,85	0
		elevado	0	0,0	1,00	0
5	CASCALHO SOLTO/PERDA DE AGREGADOS	baixo	1	100,0	0,50	50
		médio	1	100,0	0,75	75
		elevado	0	0,0	0,80	0
6	POEIRA	baixo	0	0,0	0,25	0
		médio	0	0,0	0,30	0
		elevado	0	0,0	0,35	0
<b>n total de estações</b>		1	<b><math>\Sigma</math>IGI = IGG</b>		475,00	

Item	Inadequado sistema de drenagem	Frequência absoluta	Frequência relativa	Fator de ponderação	IGI	
1	INCLINAÇÃO TRANSVERSAL	0	0	1,00	0	
2	ACOSTAMENTOS /BERMA ELEVADOS	baixo	1	100	0,50	50
		médio	0	0	0,75	0
		elevado	0	0	1,00	0
3	BUEIROS/GALERIAS/AQUEDUTOS	0	0	1,00	0	
4	VALAS INEXISTENTES	1	100	1,00	100	
5	CRESCIMENTO DA VEGETAÇÃO/ SEDIMENTOS NA VALA	baixo	1	100	0,20	20
		médio	0	0	0,60	0
		elevado	0	0	0,80	0
<b>n total de estações</b>		1	<b><math>\Sigma</math>IGI = IGG</b>		170,0	

Item	Degradação	Frequência absoluta	Frequência relativa	Fator de ponderação	IGI	
1	ONDULAÇÕES	baixo	1	100,0	0,70	70
		médio	0	0,0	0,85	0
		elevado	0	0,0	1,00	0
2	BURACOS	baixo	1	100,0	0,70	70
		médio	0	0,0	0,85	0
		elevado	0	0,0	1,00	0
3	AFUNDAMENTOS	baixo	0	0,0	0,70	0
		médio	2	200,0	0,85	170
		elevado	0	0,0	1,00	0
4	PERCURSO DE EROSIÃO	baixo	0	0,0	0,70	0
		médio	0	0,0	0,85	0
		elevado	0	0,0	1,00	0
5	CASCALHO SOLTO/PERDA DE AGREGADOS	baixo	1	100,0	0,50	50
		médio	0	0,0	0,75	0
		elevado	0	0,0	0,80	0
6	POEIRA	baixo	0	0,0	0,25	0
		médio	0	0,0	0,30	0
		elevado	0	0,0	0,35	0
<b>n total de estações</b>		1	<b><math>\Sigma</math>IGI = IGG</b>			360,00

Item	Inadequado sistema de drenagem	Frequência absoluta	Frequência relativa	Fator de ponderação	IGI	
1	INCLINAÇÃO TRANSVERSAL	0	0	1,00	0	
2	ACOSTAMENTOS /BERMA ELEVADOS	baixo	1	100	0,50	50
		médio	0	0	0,75	0
		elevado	0	0	1,00	0
3	BUEIROS/GALERIAS/AQUEDUTOS	1	100	1,00	100	
4	VALAS INEXISTENTES	0	0	1,00	0	
5	CRESCIMENTO DA VEGETAÇÃO/ SEDIMENTOS NA VALA	baixo	1	100	0,20	20
		médio	0	0	0,60	0
		elevado	1	100	0,80	80
<b>n total de estações</b>		1	<b><math>\Sigma</math>IGI = IGG</b>			250,0

Item	Degradação	Frequência absoluta	Frequência relativa	Fator de ponderação	IGI	
1	ONDULAÇÕES	baixo	0	0,0	0,70	0
		médio	0	0,0	0,85	0
		elevado	0	0,0	1,00	0
2	BURACOS	baixo	2	200,0	0,70	140
		médio	1	100,0	0,85	85
		elevado	0	0,0	1,00	0
3	AFUNDAMENTOS	baixo	4	400,0	0,70	280
		médio	2	200,0	0,85	170
		elevado	0	0,0	1,00	0
4	PERCURSO DE EROSÃO	baixo	0	0,0	0,70	0
		médio	0	0,0	0,85	0
		elevado	0	0,0	1,00	0
5	CASCALHO SOLTO/PERDA DE AGREGADOS	baixo	2	200,0	0,50	100
		médio	0	0,0	0,75	0
		elevado	0	0,0	0,80	0
6	POEIRA	baixo	0	0,0	0,25	0
		médio	0	0,0	0,30	0
		elevado	0	0,0	0,35	0
<b>n total de estações</b>		1	<b><math>\Sigma</math>IGI = IGG</b>		775,00	

Item	Inadequado sistema de drenagem	Frequência absoluta	Frequência relativa	Fator de ponderação	IGI	
1	INCLINAÇÃO TRANSVERSAL	0	0	1,00	0	
2	ACOSTAMENTOS /BERMA ELEVADOS	baixo	1	100	0,50	50
		médio	0	0	0,75	0
		elevado	0	0	1,00	0
3	BUEIROS/GALERIAS/AQUEDUTOS	0	0	1,00	0	
4	VALAS INEXISTENTES	1	100	1,00	100	
5	CRESCIMENTO DA VEGETAÇÃO/ SEDIMENTOS NA VALA	baixo	0	0	0,20	0
		médio	0	0	0,60	0
		elevado	0	0	0,80	0
<b>n total de estações</b>		1	<b><math>\Sigma</math>IGI = IGG</b>		150,0	

Item	Degradação	Frequência absoluta	Frequência relativa	Fator de ponderação	IGI	
1	ONDULAÇÕES	baixo	0	0,0	0,70	0
		médio	0	0,0	0,85	0
		elevado	0	0,0	1,00	0
2	BURACOS	baixo	0	0,0	0,70	0
		médio	0	0,0	0,85	0
		elevado	0	0,0	1,00	0
3	AFUNDAMENTOS	baixo	1	100,0	0,70	70
		médio	1	100,0	0,85	85
		elevado	0	0,0	1,00	0
4	PERCURSO DE EROSÃO	baixo	0	0,0	0,70	0
		médio	0	0,0	0,85	0
		elevado	0	0,0	1,00	0
5	CASCALHO SOLTO/PERDA DE AGREGADOS	baixo	0	0,0	0,50	0
		médio	2	200,0	0,75	150
		elevado	0	0,0	0,80	0
6	POEIRA	baixo	0	0,0	0,25	0
		médio	0	0,0	0,30	0
		elevado	0	0,0	0,35	0
<b>n total de estações</b>		1	<b><math>\Sigma</math>IGI = IGG</b>		305,00	

Item	Inadequado sistema de drenagem	Frequência absoluta	Frequência relativa	Fator de ponderação	IGI	
1	INCLINAÇÃO TRANSVERSAL	0	0	1,00	0	
2	ACOSTAMENTOS /BERMA ELEVADOS	baixo	0	0	0,50	0
		médio	0	0	0,75	0
		elevado	0	0	1,00	0
3	BUEIROS/GALERIAS/AQUEDUTOS	0	0	1,00	0	
4	VALAS INEXISTENTES	2	200	1,00	200	
5	CRESCIMENTO DA VEGETAÇÃO/ SEDIMENTOS NA VALA	baixo	0	0	0,20	0
		médio	0	0	0,60	0
		elevado	0	0	0,80	0
<b>n total de estações</b>		1	<b><math>\Sigma</math>IGI = IGG</b>		200,0	

Item	Degradação	Frequência absoluta	Frequência relativa	Fator de ponderação	IGI	
1	ONDULAÇÕES	baixo	0	0,0	0,70	0
		médio	0	0,0	0,85	0
		elevado	0	0,0	1,00	0
2	BURACOS	baixo	0	0,0	0,70	0
		médio	0	0,0	0,85	0
		elevado	0	0,0	1,00	0
3	AFUNDAMENTOS	baixo	2	200,0	0,70	140
		médio	1	100,0	0,85	85
		elevado	0	0,0	1,00	0
4	PERCURSO DE EROSIÃO	baixo	0	0,0	0,70	0
		médio	0	0,0	0,85	0
		elevado	0	0,0	1,00	0
5	CASCALHO SOLTO/PERDA DE AGREGADOS	baixo	3	300,0	0,50	150
		médio	0	0,0	0,75	0
		elevado	0	0,0	0,80	0
6	POEIRA	baixo	0	0,0	0,25	0
		médio	0	0,0	0,30	0
		elevado	0	0,0	0,35	0
<b>n total de estações</b>		1	<b><math>\Sigma</math>IGI = IGG</b>			375,00

Item	Inadequado sistema de drenagem	Frequência absoluta	Frequência relativa	Fator de ponderação	IGI	
1	INCLINAÇÃO TRANSVERSAL	0	0	1,00	0	
2	ACOSTAMENTOS /BERMA ELEVADOS	baixo	0	0	0,50	0
		médio	0	0	0,75	0
		elevado	0	0	1,00	0
3	BUEIROS/GALERIAS/AQUEDUTOS	0	0	1,00	0	
4	VALAS INEXISTENTES	2	200	1,00	200	
5	CRESCIMENTO DA VEGETAÇÃO/ SEDIMENTOS NA VALA	baixo	0	0	0,20	0
		médio	1	100	0,60	60
		elevado	0	0	0,80	0
<b>n total de estações</b>		1	<b><math>\Sigma</math>IGI = IGG</b>			260,0

Item	Degradação	Frequência absoluta	Frequência relativa	Fator de ponderação	IGI	
1	ONDULAÇÕES	baixo	1	100,0	0,70	70
		médio	0	0,0	0,85	0
		elevado	0	0,0	1,00	0
2	BURACOS	baixo	0	0,0	0,70	0
		médio	0	0,0	0,85	0
		elevado	0	0,0	1,00	0
3	AFUNDAMENTOS	baixo	3	300,0	0,70	210
		médio	0	0,0	0,85	0
		elevado	0	0,0	1,00	0
4	PERCURSO DE EROSÃO	baixo	0	0,0	0,70	0
		médio	0	0,0	0,85	0
		elevado	0	0,0	1,00	0
5	CASCALHO SOLTO/PERDA DE AGREGADOS	baixo	1	100,0	0,50	50
		médio	0	0,0	0,75	0
		elevado	0	0,0	0,80	0
6	POEIRA	baixo	0	0,0	0,25	0
		médio	0	0,0	0,30	0
		elevado	0	0,0	0,35	0
<b>n total de estações</b>		1	<b>∑IGI = IGG</b>		330,00	

Item	Inadequado sistema de drenagem	Frequência absoluta	Frequência relativa	Fator de ponderação	IGI	
1	INCLINAÇÃO TRANSVERSAL	0	0	1,00	0	
2	ACOSTAMENTOS /BERMA ELEVADOS	baixo	0	0	0,50	0
		médio	0	0	0,75	0
		elevado	0	0	1,00	0
3	BUEIROS/GALERIAS/AQUEDUTOS	0	0	1,00	0	
4	VALAS INEXISTENTES	1	100	1,00	100	
5	CRESCIMENTO DA VEGETAÇÃO/ SEDIMENTOS NA VALA	baixo	0	0	0,20	0
		médio	0	0	0,60	0
		elevado	0	0	0,80	0
<b>n total de estações</b>		1	<b>∑IGI = IGG</b>		100,0	

Item	Degradação	Frequência absoluta	Frequência relativa	Fator de ponderação	IGI	
1	ONDULAÇÕES	baixo	0	0,0	0,70	0
		médio	0	0,0	0,85	0
		elevado	0	0,0	1,00	0
2	BURACOS	baixo	0	0,0	0,70	0
		médio	0	0,0	0,85	0
		elevado	0	0,0	1,00	0
3	AFUNDAMENTOS	baixo	1	100,0	0,70	70
		médio	3	300,0	0,85	255
		elevado	0	0,0	1,00	0
4	PERCURSO DE EROSIÃO	baixo	0	0,0	0,70	0
		médio	0	0,0	0,85	0
		elevado	0	0,0	1,00	0
5	CASCALHO SOLTO/PERDA DE AGREGADOS	baixo	1	100,0	0,50	50
		médio	0	0,0	0,75	0
		elevado	0	0,0	0,80	0
6	POEIRA	baixo	0	0,0	0,25	0
		médio	0	0,0	0,30	0
		elevado	0	0,0	0,35	0
<b>n total de estações</b>		1	<b><math>\Sigma</math>IGI = IGG</b>		375,00	

Item	Inadequado sistema de drenagem	Frequência absoluta	Frequência relativa	Fator de ponderação	IGI	
1	INCLINAÇÃO TRANSVERSAL	0	0	1,00	0	
2	ACOSTAMENTOS /BERMA ELEVADOS	baixo	0	0	0,50	0
		médio	0	0	0,75	0
		elevado	0	0	1,00	0
3	BUEIROS/GALERIAS/AQUEDUTOS	1	100	1,00	100	
4	VALAS INEXISTENTES	2	200	1,00	200	
5	CRESCIMENTO DA VEGETAÇÃO/ SEDIMENTOS NA VALA	baixo	0	0	0,20	0
		médio	0	0	0,60	0
		elevado	0	0	0,80	0
<b>n total de estações</b>		1	<b><math>\Sigma</math>IGI = IGG</b>		300,0	

Item	Degradação	Frequência absoluta	Frequência relativa	Fator de ponderação	IGI	
1	ONDULAÇÕES	baixo	0	0,0	0,70	0
		médio	0	0,0	0,85	0
		elevado	0	0,0	1,00	0
2	BURACOS	baixo	0	0,0	0,70	0
		médio	0	0,0	0,85	0
		elevado	0	0,0	1,00	0
3	AFUNDAMENTOS	baixo	1	100,0	0,70	70
		médio	2	200,0	0,85	170
		elevado	0	0,0	1,00	0
4	PERCURSO DE EROSIÃO	baixo	0	0,0	0,70	0
		médio	0	0,0	0,85	0
		elevado	0	0,0	1,00	0
5	CASCALHO SOLTO/PERDA DE AGREGADOS	baixo	1	100,0	0,50	50
		médio	0	0,0	0,75	0
		elevado	0	0,0	0,80	0
6	POEIRA	baixo	0	0,0	0,25	0
		médio	0	0,0	0,30	0
		elevado	0	0,0	0,35	0
<b>n total de estações</b>		1	<b>∑IGI = IGG</b>		290,00	

Item	Inadequado sistema de drenagem	Frequência absoluta	Frequência relativa	Fator de ponderação	IGI	
1	INCLINAÇÃO TRANSVERSAL	0	0	1,00	0	
2	ACOSTAMENTOS /BERMA ELEVADOS	baixo	0	0	0,50	0
		médio	1	100	0,75	75
		elevado	0	0	1,00	0
3	BUEIROS/GALERIAS/AQUEDUTOS	0	0	1,00	0	
4	VALAS INEXISTENTES	0	0	1,00	0	
5	CRESCIMENTO DA VEGETAÇÃO/ SEDIMENTOS NA VALA	baixo	0	0	0,20	0
		médio	0	0	0,60	0
		elevado	0	0	0,80	0
<b>n total de estações</b>		1	<b>∑IGI = IGG</b>		75,0	

Item	Degradação	Frequência absoluta	Frequência relativa	Fator de ponderação	IGI	
1	ONDULAÇÕES	baixo	0	0,0	0,70	0
		médio	0	0,0	0,85	0
		elevado	0	0,0	1,00	0
2	BURACOS	baixo	0	0,0	0,70	0
		médio	0	0,0	0,85	0
		elevado	0	0,0	1,00	0
3	AFUNDAMENTOS	baixo	4	400,0	0,70	280
		médio	0	0,0	0,85	0
		elevado	0	0,0	1,00	0
4	PERCURSO DE EROSIÃO	baixo	0	0,0	0,70	0
		médio	0	0,0	0,85	0
		elevado	0	0,0	1,00	0
5	CASCALHO SOLTO/PERDA DE AGREGADOS	baixo	0	0,0	0,50	0
		médio	0	0,0	0,75	0
		elevado	0	0,0	0,80	0
6	POEIRA	baixo	0	0,0	0,25	0
		médio	0	0,0	0,30	0
		elevado	0	0,0	0,35	0
<b>n total de estações</b>		1	<b><math>\Sigma</math>IGI = IGG</b>			280,00

Item	Inadequado sistema de drenagem	Frequência absoluta	Frequência relativa	Fator de ponderação	IGI	
1	INCLINAÇÃO TRANSVERSAL	0	0	1,00	0	
2	ACOSTAMENTOS /BERMA ELEVADOS	baixo	0	0	0,50	0
		médio	0	0	0,75	0
		elevado	0	0	1,00	0
3	BUEIROS/GALERIAS/AQUEDUTOS	0	0	1,00	0	
4	VALAS INEXISTENTES	2	200	1,00	200	
5	CRESCIMENTO DA VEGETAÇÃO/ SEDIMENTOS NA VALA	baixo	0	0	0,20	0
		médio	0	0	0,60	0
		elevado	0	0	0,80	0
<b>n total de estações</b>		1	<b><math>\Sigma</math>IGI = IGG</b>			200,0

Item	Degradação	Frequência absoluta	Frequência relativa	Fator de ponderação	IGI	
1	ONDULAÇÕES	baixo	0	0,0	0,70	0
		médio	1	100,0	0,85	85
		elevado	0	0,0	1,00	0
2	BURACOS	baixo	0	0,0	0,70	0
		médio	0	0,0	0,85	0
		elevado	0	0,0	1,00	0
3	AFUNDAMENTOS	baixo	1	100,0	0,70	70
		médio	1	100,0	0,85	85
		elevado	0	0,0	1,00	0
4	PERCURSO DE EROSIÃO	baixo	0	0,0	0,70	0
		médio	0	0,0	0,85	0
		elevado	0	0,0	1,00	0
5	CASCALHO SOLTO/PERDA DE AGREGADOS	baixo	2	200,0	0,50	100
		médio	0	0,0	0,75	0
		elevado	0	0,0	0,80	0
6	POEIRA	baixo	0	0,0	0,25	0
		médio	0	0,0	0,30	0
		elevado	0	0,0	0,35	0
<b>n total de estações</b>		1	<b>∑IGI = IGG</b>			340,00

Item	Inadequado sistema de drenagem	Frequência absoluta	Frequência relativa	Fator de ponderação	IGI	
1	INCLINAÇÃO TRANSVERSAL	0	0	1,00	0	
2	ACOSTAMENTOS /BERMA ELEVADOS	baixo	1	100	0,50	50
		médio	0	0	0,75	0
		elevado	0	0	1,00	0
3	BUEIROS/GALERIAS/AQUEDUTOS	0	0	1,00	0	
4	VALAS INEXISTENTES	1	100	1,00	100	
5	CRESCIMENTO DA VEGETAÇÃO/ SEDIMENTOS NA VALA	baixo	0	0	0,20	0
		médio	0	0	0,60	0
		elevado	0	0	0,80	0
<b>n total de estações</b>		1	<b>∑IGI = IGG</b>			150,0

Item	Degradação	Frequência absoluta	Frequência relativa	Fator de ponderação	IGI	
1	ONDULAÇÕES	baixo	0	0,0	0,70	0
		médio	0	0,0	0,85	0
		elevado	0	0,0	1,00	0
2	BURACOS	baixo	0	0,0	0,70	0
		médio	0	0,0	0,85	0
		elevado	0	0,0	1,00	0
3	AFUNDAMENTOS	baixo	2	200,0	0,70	140
		médio	1	100,0	0,85	85
		elevado	0	0,0	1,00	0
4	PERCURSO DE EROSÃO	baixo	0	0,0	0,70	0
		médio	0	0,0	0,85	0
		elevado	0	0,0	1,00	0
5	CASCALHO SOLTO/PERDA DE AGREGADOS	baixo	2	200,0	0,50	100
		médio	0	0,0	0,75	0
		elevado	0	0,0	0,80	0
6	POEIRA	baixo	0	0,0	0,25	0
		médio	0	0,0	0,30	0
		elevado	0	0,0	0,35	0
<b>n total de estações</b>		1	<b>∑IGI = IGG</b>		325,00	


Item	Inadequado sistema de drenagem	Frequência absoluta	Frequência relativa	Fator de ponderação	IGI	
1	INCLINAÇÃO TRANSVERSAL	0	0	1,00	0	
2	ACOSTAMENTOS /BERMA ELEVADOS	baixo	0	0	0,50	0
		médio	0	0	0,75	0
		elevado	0	0	1,00	0
3	BUEIROS/GALERIAS/AQUEDUTOS	0	0	1,00	0	
4	VALAS INEXISTENTES	1	100	1,00	100	
5	CRESCIMENTO DA VEGETAÇÃO/ SEDIMENTOS NA VALA	baixo	0	0	0,20	0
		médio	0	0	0,60	0
		elevado	0	0	0,80	0
<b>n total de estações</b>		1	<b>∑IGI = IGG</b>		100,0	

Item	Degradação	Frequência absoluta	Frequência relativa	Fator de ponderação	IGI	
1	ONDULAÇÕES	baixo	0	0,0	0,70	0
		médio	0	0,0	0,85	0
		elevado	0	0,0	1,00	0
2	BURACOS	baixo	0	0,0	0,70	0
		médio	0	0,0	0,85	0
		elevado	0	0,0	1,00	0
3	AFUNDAMENTOS	baixo	4	400,0	0,70	280
		médio	1	100,0	0,85	85
		elevado	0	0,0	1,00	0
4	PERCURSO DE EROSÃO	baixo	0	0,0	0,70	0
		médio	0	0,0	0,85	0
		elevado	0	0,0	1,00	0
5	CASCALHO SOLTO/PERDA DE AGREGADOS	baixo	1	100,0	0,50	50
		médio	0	0,0	0,75	0
		elevado	0	0,0	0,80	0
6	POEIRA	baixo	0	0,0	0,25	0
		médio	0	0,0	0,30	0
		elevado	0	0,0	0,35	0
<b>n total de estações</b>		1	<b><math>\Sigma</math>IGI = IGG</b>			415,00

Item	Inadequado sistema de drenagem	Frequência absoluta	Frequência relativa	Fator de ponderação	IGI	
1	INCLINAÇÃO TRANSVERSAL	1	100	1,00	100	
2	ACOSTAMENTOS /BERMA ELEVADOS	baixo	1	100	0,50	50
		médio	0	0	0,75	0
		elevado	0	0	1,00	0
3	BUEIROS/GALERIAS/AQUEDUTOS	1	100	1,00	100	
4	VALAS INEXISTENTES	1	100	1,00	100	
5	CRESCIMENTO DA VEGETAÇÃO/ SEDIMENTOS NA VALA	baixo	0	0	0,20	0
		médio	0	0	0,60	0
		elevado	0	0	0,80	0
<b>n total de estações</b>		1	<b><math>\Sigma</math>IGI = IGG</b>			350,0


**APÊNDICE L – Resultados da avaliação  
funcional para seções de 6 e 10 metros pelo  
URCI (1992)**

## L.1 Avaliação URCI das degradações superficiais em seções de 6 metros

 <b>INSTITUTO POLITÉCNICO DE BRAGANÇA</b> Escola Superior de Tecnologia e Gestão	<b>Avaliação funcional</b>		<b>Coordenadas</b> PT-TM06 ETRS89	(X) 109761,83
	<b>Ponto n.º</b>	3		(Y) 255436,01
	<b>Data:</b>	26/05/2021		(Z) 1241,198

*Unsurfaced Road Condition Index - URCI seção de 6 metros*

Item	Degradação	Comprimento (cm)	Largura (cm)	Densidade (%)	Valor Dedutivo (VD)	
1	ONDULAÇÕES	baixo				
		médio				
		elevado				
2	AFUNDAMENTOS	baixo				
		médio				
		elevado				
3	PERCURSO DE EROSÃO	baixo				
		médio				
		elevado				
4	CASCALHO SOLTO/PERDA DE AGREGADOS	baixo				
		médio				
		elevado				
5	BURACOS		<b>Diâmetro (cm)</b>	<b>Área (cm²)</b>		
		baixo	40	1256,64	0,42%	6,5
		médio				
	elevado					
<b>∑VD = TVD</b>					6,5	
<b>q</b>					1	
<b>URCI</b>					<b>93</b>	

 <b>INSTITUTO POLITÉCNICO DE BRAGANÇA</b> Escola Superior de Tecnologia e Gestão	<b>Avaliação funcional</b>		<b>Coordenadas</b> PT-TM06 ETRS89	(X) 109624,53
	<b>Ponto n.º</b>	11		(Y) 254643,7
	<b>Data:</b>	26/05/2021		(Z) 1241,291

**Unsurfaced Road Condition Index - URCI seção de 6 metros**

Item	Degradação	Comprimento (cm)	Largura (cm)	Densidade (%)	Valor Dedutivo (VD)	
1	ONDULAÇÕES	baixo				
		médio				
		elevado				
2	AFUNDAMENTOS	baixo				
		médio	600	24; 25	9,80%	16,5
		elevado				
3	PERCURSO DE EROSIÃO	baixo				
		médio				
		elevado				
4	CASCALHO SOLTO/PERDA DE AGREGADOS	baixo	600	50	10	14,2
		médio				
		elevado				

		Diâmetro (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )		
5	BURACOS	baixo			
		médio			
		elevado			
<b>ΣVD = TVD</b>					30,7
<b>q</b>					2
<b>URCI</b>					<b>78</b>

*Unsurfaced Road Condition Index - URCI seção de 6 metros*

Item	Degradação	Comprimento (cm)	Largura (cm)	Densidade (%)	Valor Dedutivo (VD)	
1	ONDULAÇÕES	baixo				
		médio				
		elevado				
2	AFUNDAMENTOS	baixo	600	21	4,2	6,5
		médio	600	14;20;13	9,4	16
		elevado				
3	PERCURSO DE EROSÃO	baixo				
		médio				
		elevado				
4	CASCALHO SOLTO/PERDA DE AGREGADOS	baixo	600	60	12	16
		médio				
		elevado				

		Diâmetro (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )		
5	BURACOS	baixo			
		médio			
		elevado			
				<b>∑VD = TVD</b>	38,5
				<b>q</b>	3
				<b>URCI</b>	77

**Avaliação funcional**

**Ponto n.º** 16

**Data:** 26/05/2021

**Coordenadas**  
**PT-TM06**  
**ETRS89**

(X) 109615,51  
(Y) 254158,92  
(Z) 1231,627

*Unsurfaced Road Condition Index - URCI seção de 6 metros*

Item	Degradação	Comprimento (cm)	Largura (cm)	Densidade (%)	Valor Dedutivo (VD)	
1	ONDULAÇÕES	baixo				
		médio				
		elevado				
2	AFUNDAMENTOS	baixo	600	13; 13; 16; 20; 19	16,2%	18
		médio	600	12; 24	7,2%	11
		elevado				
3	PERCURSO DE EROSÃO	baixo				
		médio				
		elevado				
4	CASCALHO SOLTO/PERDA DE AGREGADOS	baixo				
		médio				
		elevado				

		Diâmetro (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )		
5	BURACOS	baixo			
		médio			
		elevado			
				<b>ΣVD = TVD</b>	<b>29</b>
				<b>q</b>	<b>2</b>
				<b>URCI</b>	<b>79</b>

*Unsurfaced Road Condition Index - URCI seção de 6 metros*

Item	Degradação	Comprimento (cm)	Largura (cm)	Densidade (%)	Valor Dedutivo (VD)	
1	ONDULAÇÕES	baixo				
		médio				
		elevado				
2	AFUNDAMENTOS	baixo	250   600	19   23	6,2%	9,2
		médio	600	21; 17; 20	11,6%	20,5
		elevado				
3	PERCURSO DE EROSIÃO	baixo				
		médio				
		elevado				
4	CASCALHO SOLTO/PERDA DE AGREGADOS	baixo	600	31	6,2%	10
		médio				
		elevado				

		Diâmetro (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )		
5	BURACOS	baixo			
		médio			
		elevado			
				<b>ΣVD = TVD</b>	39,7
				<b>q</b>	3
				<b>URCI</b>	<b>76</b>

*Unsurfaced Road Condition Index - URCI seção de 6 metros*

Item	Degradação	Comprimento (cm)	Largura (cm)	Densidade (%)	Valor Dedutivo (VD)	
1	ONDULAÇÕES	baixo				
		médio				
		elevado				
2	AFUNDAMENTOS	baixo	300   425   600	16   22   18; 16	11,5%	15
		médio	600	20; 27	9,4%	16
		elevado				
3	PERCURSO DE EROSÃO	baixo				
		médio				
		elevado				
4	CASCALHO SOLTO/PERDA DE AGREGADOS	baixo	435   520	25   15	6,2%	10,4
		médio				
		elevado				


		Diâmetro (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )			
5	BURACOS	baixo	20*	157,08	0,05%	1
		médio				
		elevado	87	5944,68	2,0%	55,5
				<b>ΣVD = TVD</b>	<b>97,9</b>	
				<b>q</b>	<b>4</b>	
				<b>URCI</b>	<b>43</b>	

**Unsurfaced Road Condition Index - URCI seção de 6 metros**

Item	De gradação	Comprimento (cm)	Largura (cm)	Densidade (%)	Valor Dedutivo (VD)	
1	ONDULAÇÕES	baixo				
		médio				
		elevado				
2	AFUNDAMENTOS	baixo	600	22; 20; 18	12,0%	15,8
		médio	515	27	4,6%	9
		elevado				
3	PERCURSO DE EROSÃO	baixo				
		médio				
		elevado				
4	CASCALHO SOLTO/PERDA DE AGREGADOS	baixo				
		médio				
		elevado				


		Diâmetro (cm)	Área (cm²)		
5	BURACOS	baixo			
		médio			
		elevado			
				<b>∑VD = TVD</b>	24,8
				<b>q</b>	2
				<b>URCI</b>	<b>82</b>

## L.2 Avaliação URCI das degradações superficiais em seções de 10 metros

 <b>INSTITUTO POLITÉCNICO DE BRAGANÇA</b> Escola Superior de Tecnologia e Gestão	<b>Avaliação funcional</b>		<b>Coordenadas</b>	(X) 109761,83
	<b>Ponto n.º</b>	3	<b>PT-TM06</b>	(Y) 255436,01
	<b>Data:</b>	26/05/2021	<b>ETRS89</b>	(Z) 1241,198

*Unsurfaced Road Condition Index - URCI seção de 10 metros*

Item	Degradação	Comprimento (cm)	Largura (cm)	Densidade (%)	Valor Dedutivo (VD)	
1	ONDULAÇÕES	baixo				
		médio				
		elevado				
2	AFUNDAMENTOS	baixo				
		médio				
		elevado				
3	PERCURSO DE EROSÃO	baixo				
		médio				
		elevado	96	360	6,91%	20
4	CASCALHO SOLTO/PERDA DE AGREGADOS	baixo	200	27	1,08%	2
		médio				
		elevado				
5	BURACOS	<b>Diâmetro (cm)</b>		<b>Área (cm²)</b>		
		baixo	40	1256,64	0,25%	4
		médio	62; 65	6337,38	1,27%	30,5
	elevado					
<b>∑VD = TVD</b>					56,5	
<b>q</b>					2	
<b>URCI</b>					<b>60</b>	

 <b>INSTITUTO POLITÉCNICO DE BRAGANÇA</b> Escola Superior de Tecnologia e Gestão	<b>Avaliação funcional</b>		<b>Coordenadas</b> <b>PT-TM06</b> <b>ETRS89</b>	(X) 109624,53
	<b>Ponto n.º</b>	11		(Y) 254643,7
	<b>Data:</b>	26/05/2021		(Z) 1241,291

*Unsurfaced Road Condition Index - URCI seção de 10 metros*

Item	Degradação	Comprimento (cm)	Largura (cm)	Densidade (%)	Valor Dedutivo (VD)	
1	ONDULAÇÕES	baixo				
		médio				
		elevado				
2	AFUNDAMENTOS	baixo				
		médio	1000	24; 25	9,8%	16,5
		elevado				
3	PERCURSO DE EROSIÃO	baixo				
		médio				
		elevado				
4	CASCALHO SOLTO/PERDA DE AGREGADOS	baixo	1000	50	10%	14,5
		médio				
		elevado				

		Diâmetro (cm)	Área (cm²)		
5	BURACOS	baixo			
		médio			
		elevado			
<b>ΣVD = TVD</b>					31
<b>q</b>					2
<b>URCI</b>					78

**Avaliação funcional**

**Ponto n.º** 12

**Data:** 26/05/2021

**Coordenadas PT-TM06 ETRS89**

(X) 109613,31  
(Y) 254544,6  
(Z) 1245,579

**Unsurfaced Road Condition Index - URCI seção de 10 metros**

Item	Degradação	Comprimento (cm)	Largura (cm)	Densidade (%)	Valor Dedutivo (VD)	
1	ONDULAÇÕES	baixo				
		médio				
		elevado				
2	AFUNDAMENTOS	baixo				
		médio	600   1000	14;20;13   21	9,84%	16,5
		elevado				
3	PERCURSO DE EROSIÃO	baixo				
		médio				
		elevado				
4	CASCALHO SOLTO/PERDA DE AGREGADOS	baixo	1000	60	12,00%	16
		médio				
		elevado				

		Diâmetro (cm)	Área (cm²)		
5	BURACOS	baixo			
		médio			
		elevado			
				<b>∑VD = TVD</b>	32,5
				<b>q</b>	2
				<b>URCI</b>	<b>76</b>

*Unsurfaced Road Condition Index - URCI seção de 10 metros*

Item	Degradação	Comprimento (cm)	Largura (cm)	Densidade (%)	Valor Dedutivo (VD)	
1	ONDULAÇÕES	baixo				
		médio				
		elevado				
2	AFUNDAMENTOS	baixo	1000	13; 16; 20	9,80%	13,2
		médio	1000	12; 13; 24	9,80%	16,5
		elevado	1000	19	3,80%	11,5
3	PERCURSO DE EROSIÃO	baixo				
		médio				
		elevado				
4	CASCALHO SOLTO/PERDA DE AGREGADOS	baixo				
		médio				
		elevado				

		Diâmetro (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )		
5	BURACOS	baixo			
		médio			
		elevado			
				<b>∑VD = TVD</b>	<b>41,2</b>
				<b>q</b>	<b>3</b>
				<b>URCI</b>	<b>76</b>

*Unsurfaced Road Condition Index - URCI seção de 10 metros*


Item	Degradação	Comprimento (cm)	Largura (cm)	Densidade (%)	Valor Dedutivo (VD)	
1	ONDULAÇÕES	baixo				
		médio				
		elevado				
2	AFUNDAMENTOS	baixo	250   600	19   23	3,71%	5,7
		médio	600   1000	17; 20   21	10,24%	17
		elevado				
3	PERCURSO DE EROSÃO	baixo				
		médio				
		elevado				
4	CASCALHO SOLTO/PERDA DE AGREGADOS	baixo	800	31	4,96%	8,8
		médio				
		elevado				

		Diâmetro (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )		
5	BURACOS	baixo			
		médio			
		elevado			
<b>∑VD = TVD</b>					31,5
<b>q</b>					3
<b>URCI</b>					<b>82</b>

*Unsurfaced Road Condition Index - URCI seção de 10 metros*

Item	Degradação	Comprimento (cm)	Largura (cm)	Densidade (%)	Valor Dedutivo (VD)	
1	ONDULAÇÕES	baixo				
		médio				
		elevado				
2	AFUNDAMENTOS	baixo	300   425   1000	16   22   18;16	9,6%	13
		médio	1000   930	20   27	9,0%	16
		elevado				
3	PERCURSO DE EROSÃO	baixo				
		médio				
		elevado				
4	CASCALHO SOLTO/PERDA DE AGREGADOS	baixo	435   720	25   15	4,3%	7,5
		médio				
		elevado				

		Diâmetro (cm)	Área (cm²)			
5	BURACOS	baixo	19.5;20	612,81	0,12%	1,7
		médio				
		elevado	87	5944,68	1,2%	45
<b>∑VD = TVD</b>						83,2
<b>q</b>						4
<b>URCI</b>						<b>62</b>

 <b>INSTITUTO POLITÉCNICO DE BRAGANÇA</b> Escola Superior de Tecnologia e Gestão	<b>Avaliação funcional</b>		<b>Coordenadas</b> <b>PT-TM06</b> <b>ETRS89</b>	(X) 109445,05
	<b>Ponto n.º</b>	26		(Y) 253069,52
	<b>Data:</b>	26/05/2021		(Z) 1225,419

*Unsurfaced Road Condition Index - URCI seção de 10 metros*

Item	Degradação	Comprimento (cm)	Largura (cm)	Densidade (%)	Valor Dedutivo (VD)	
1	ONDULAÇÕES	baixo				
		médio				
		elevado				
2	AFUNDAMENTOS	baixo	600	18	2,2%	2,7
		médio	715   1000	27   22; 20	12,3%	19,2
		elevado				
3	PERCURSO DE EROSÃO	baixo				
		médio				
		elevado				
4	CASCALHO SOLTO/PERDA DE AGREGADOS	baixo	200	17	0,7%	1,9
		médio				
		elevado				

		Diâmetro (cm)	Área (cm²)		
5	BURACOS	baixo			
		médio			
		elevado			
<b>∑VD = TVD</b>				23,8	
<b>q</b>				1	
<b>URCI</b>				<b>77,5</b>	

**APÊNDICE M – Resultados para a  
implementação ao método de Cabette (2018) por  
densidades**

## M.1 Etapa detalhada sugerida ao método de Cabette (2018) em seções de 6 metros

		<b>Avaliação funcional</b>		Coordenadas PT-TM06 ETRS89	(X) 109761,833			
		Ponto n.º	3		(Y) 255436,009			
		Data:	26/05/2021		(Z) 1241,198			
<b>Avaliação Detalhada sugerida ao método de Cabette (2018)</b>								
Item	Degradação	Comprimento (cm)	Largura (cm)	Área (cm²)	Densidade	Fator de ponderação	IGI	
1	ONDULAÇÕES	baixo				0,70		
		médio				0,85		
		elevado				1,00		
2	AFUNDAMENTOS	baixo				0,70		
		médio				0,85		
		elevado				1,00		
3	PERCURSO DE EROSÃO	baixo				0,70		
		médio				0,85		
		elevado				1,00		
4	CASCALHO SOLTO/PERDA DE AGREGADOS	baixo				0,50		
		médio				0,75		
		elevado				0,80		
5	BURACOS	<b>Diâmetro (cm)</b>	<b>Área (cm²)</b>	<b>Densidade (%)</b>	<b>Fator de Ponderação</b>	<b>IGI</b>		
		baixo	40	1257	0,42%	4,20	0,02	
		médio				5,10	0,00	
		elevado				6,00		
<b>n total de estações</b>				1	<b>∑IGI = IGG</b>	0,02		
; → Separa degradações que partilhe o mesmo comprimento longitudinal								
→ Separa degradações com diferentes comprimentos longitudinais								

**Avaliação Detalhada sugerida ao método de Cabette (2018)**

Item	De gradação	Comprimento (cm)	Largura (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	Densidade	Fator de ponderação	IGI
1	ONDULAÇÕES					baixo	0,70
	médio					0,85	
	elevado					1,00	
2	AFUNDAMENTOS	600	24;25	29400	9,8%	baixo	0,70
	médio					0,85	
	elevado					1,00	
3	PERCURSO DE EROSÃO					baixo	0,70
	médio					0,85	
	elevado					1,00	
4	CASCALHO SOLTO/PERDA DE AGREGADOS	600	50	30000	10,0%	baixo	0,50
	médio					0,75	
	elevado					0,80	

		Diâmetro (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	Densidade (%)	Fator de Ponderação	IGI
5	BURACOS				baixo	4,20
	médio				5,10	
	elevado				6,00	
<b>n total de estações</b>				1	<b>∑IGI = IGG</b>	13,33

; → Separa degradações que partilhe o mesmo comprimento longitudinal

| → Separa degradações com diferentes comprimentos longitudinais

**Avaliação Detalhada sugerida ao método de Cabette (2018)**

Item	De gradação	Comprimento (cm)	Largura (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	Densidade	Fator de ponderação	IGI	
1	ONDULAÇÕES	baixo				0,70		
	médio					0,85		
	elevado					1,00		
2	AFUNDAMENTOS	baixo	600	21	12600	4,2%	0,70	
	médio	600	14;20;13	28200	9,4%	0,85	7,99	
	elevado					1,00		
3	PERCURSO DE EROSÃO	baixo				0,70		
	médio					0,85		
	elevado					1,00		
4	CASCALHO SOLTO/PERDA DE AGREGADOS	baixo	600	60	36000	12,0%	0,50	6,00
	médio					0,75		
	elevado					0,80		

		Diâmetro (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	Densidade (%)	Fator de Ponderação	IGI
5	BURACOS	baixo			4,20	
	médio				5,10	
	elevado				6,00	
<b>n total de estações</b>				1	<b>∑IGI = IGG</b>	13,99

; → Separa degradações que partilhe o mesmo comprimento longitudinal

| → Separa degradações com diferentes comprimentos longitudinais

Avaliação funcional		Coordenadas PT-TM06 ETRS89	(X) 109615,512
Ponto n.º	16		(Y) 254158,916
Data:	26/05/2021		(Z) 1231,627

**Avaliação Detalhada sugerida ao método de Cabette (2018)**

Item	Degradação	Comprimento (cm)	Largura (cm)	Área (cm²)	Densidade (%)	Fator de ponderação	IGI	
1	ONDULAÇÕES	baixo				0,70		
		médio				0,85		
		elevado				1,00		
2	AFUNDAMENTOS	baixo	600	13; 13; 16; 20; 19	48600	16,2%	0,70	11,34
		médio	600	12; 24	21600	7,2%	0,85	6,12
		elevado					1,00	
3	PERCURSO DE EROSÃO	baixo				0,70		
		médio				0,85		
		elevado				1,00		
4	CASCALHO SOLTO/PERDA DE AGREGADOS	baixo				0,50		
		médio				0,75		
		elevado				0,80		

		Diâmetro (cm)	Área (cm²)	Densidade (%)	Fator de Ponderação	IGI
5	BURACOS	baixo				4,20
		médio				5,10
		elevado				6,00
<b>n total de estações</b>				1	<b>∑IGI = IGG</b>	17,46

; → Separa degradações que compartilhe o mesmo comprimento longitudinal

| → Separa degradações com diferentes comprimentos longitudinais

**Avaliação Detalhada sugerida ao método de Cabette (2018)**

Item	Degradação	Comprimento (cm)	Largura (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	Densidade (%)	Fator de ponderação	IGI	
1	ONDULAÇÕES	baixo				0,70		
		médio				0,85		
		elevado				1,00		
2	AFUNDAMENTOS	baixo	250   600	19   23	18550	6,2%	0,70	4,33
		médio	600	21; 17; 20	34800	11,6%	0,85	9,86
		elevado					1,00	
3	PERCURSO DE EROSÃO	baixo				0,70		
		médio				0,85		
		elevado				1,00		
4	CASCALHO SOLTO/PERDA DE AGREGADOS	baixo	600	31	18600	6,2%	0,50	3,10
		médio					0,75	
		elevado					0,80	
5	BURACOS	<b>Diâmetro (cm)</b>						
		baixo					4,20	
		médio					5,10	
		elevado					6,00	
<b>n total de estações</b>					1	<b>∑IGI = IGG</b>	17,29	

; → Separa degradações que partilhe o mesmo comprimento longitudinal

| → Separa degradações com diferentes comprimentos longitudinais

**Avaliação Detalhada sugerida ao método de Cabette (2018)**

Item	Degradação	Comprimento (cm)	Largura (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	Densidade (%)	Fator de ponderação	IGI	
1	ONDULAÇÕES	baixo				0,70		
		médio				0,85		
		elevado				1,00		
2	AFUNDAMENTOS	baixo	300   425   600	16   22   18; 16	34550	11,5%	0,70	8,06
		médio	600	20; 27	28200	9,4%	0,85	7,99
		elevado				1,00		
3	PERCURSO DE EROSÃO	baixo				0,70		
		médio				0,85		
		elevado				1,00		
4	CASCALHO SOLTO/PERDA DE AGREGADOS	baixo	435   520	25   15	18675	6,2%	0,50	3,11
		médio				0,75		
		elevado				0,80		
5	BURACOS		<b>Diâmetro (cm)</b>	<b>Área (cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Densidade (%)</b>	<b>Fator de Ponderação</b>	<b>IGI</b>	
		baixo	20*	157	0,05%	4,20	0,22	
		médio				5,10		
		elevado	87	5945	2,0%	6,00	11,89	
<b>n total de estações</b>					1	<b>∑IGI = IGG</b>	31,27	

; → Separa degradações que partilhe o mesmo comprimento longitudinal

| → Separa degradações com diferentes comprimentos longitudinais

\*Meio buraco


**Avaliação Detalhada sugerida ao método de Cabette (2018)**

Item	Degradação	Comprimento (cm)	Largura (cm)	Área (cm²)	Densidade (%)	Fator de ponderação	IGI	
1	ONDULAÇÕES	baixo				0,70		
		médio				0,85		
		elevado				1,00		
2	AFUNDAMENTOS	baixo	600	22; 20; 18	36000	12,0%	0,70	8,40
		médio	515	27	13905	4,6%	0,85	3,94
		elevado					1,00	
3	PERCURSO DE EROSÃO	baixo				0,70		
		médio				0,85		
		elevado				1,00		
4	CASCALHO SOLTO/PERDA DE AGREGADOS	baixo				0,50		
		médio				0,75		
		elevado				0,80		
5	BURACOS	baixo				4,20		
		médio				5,10		
		elevado				6,00		
<b>n total de estações</b>					1	$\Sigma$ IGI = IGG	12,34	

; → Separa degradações que partilhe o mesmo comprimento longitudinal

| → Separa degradações com diferentes comprimentos longitudinais

## M.2 Etapa detalhada sugerida ao método de Cabette (2018) em seções de 10 metros

 <b>INSTITUTO POLITÉCNICO DE BRAGANÇA</b> Escola Superior de Tecnologia e Gestão	<b>Avaliação funcional</b>		<b>Coordenadas PT-TM06 ETRS89</b>		(X) 109761,833			
	<b>Ponto n.º</b>	3			(Y) 255436,009			
	<b>Data:</b>	26/05/2021			(Z) 1241,198			
<b>Avaliação Detalhada sugerida ao método de Cabette (2018)</b>								
Item	Degradação	Comprimento (cm)	Largura (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	Densidade (%)	Fator de ponderação	IGI	
1	ONDULAÇÕES	baixo				0,70		
		médio				0,85		
		elevado				1,00		
2	AFUNDAMENTOS	baixo				0,70		
		médio				0,85		
		elevado				1,00		
3	PERCURSO DE EROSÃO	baixo				0,70		
		médio				0,85		
		elevado	96	360	34560	6,91%	1,00	6,91
4	CASCALHO SOLTO/PERDA DE AGREGADOS	baixo	200	27	5400	1,08%	0,50	0,54
		médio					0,75	
		elevado					0,80	
5	BURACOS	<b>Diâmetro (cm)</b>		<b>Área (cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Densidade (%)</b>	<b>Fator de Ponderação</b>	<b>IGI</b>	
		baixo	40	1257	0,25%	4,20	0,01	
		médio	62   65	6337	1,27%	5,10	6,46	
		elevado				6,00		
<b>n total de estações</b>					1	$\sum$ IGI = IGG	13,93	
; → Separa degradações que compartilhe o mesmo comprimento longitudinal								
→ Separa degradações com diferentes comprimentos longitudinaise diferentes buracos								

**Avaliação Detalhada sugerida ao método de Cabette (2018)**

Item	Degradação	Comprimento (cm)	Largura (cm)	Área (cm²)	Densidade (%)	Fator de ponderação	IGI	
1	ONDULAÇÕES	baixo				0,70		
		médio				0,85		
		elevado				1,00		
2	AFUNDAMENTOS	baixo				0,70		
		médio	1000	24; 25	49000	9,80%	0,85	8,33
		elevado					1,00	
3	PERCURSO DE EROSÃO	baixo				0,70		
		médio				0,85		
		elevado				1,00		
4	CASCALHO SOLTO/PERDA DE AGREGADOS	baixo	1000	50	50000	10,00%	0,50	5,00
		médio					0,75	
		elevado					0,80	

		Diâmetro (cm)	Área (cm²)	Densidade (%)	Fator de Ponderação	IGI
5	BURACOS	baixo			4,20	
		médio			5,10	
		elevado			6,00	
<b>n total de estações</b>				1	<b>ΣIGI = IGG</b>	13,33

; → Separa degradações que partilhe o mesmo comprimento longitudinal

| → Separa degradações com diferentes comprimentos longitudinais

**Avaliação Detalhada sugerida ao método de Cabette (2018)**

Item	De gradação	Comprimento (cm)	Largura (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	Densidade (%)	Fator de ponderação	IGI	
1	ONDULAÇÕES	baixo				0,70		
		médio				0,85		
		elevado				1,00		
2	AFUNDAMENTOS	baixo				0,70		
		médio	600   1000	14; 20; 13   21	49200	9,84%	0,85	8,36
		elevado					1,00	
3	PERCURSO DE EROSÃO	baixo				0,70		
		médio				0,85		
		elevado				1,00		
4	CASCALHO SOLTO/PERDA DE AGREGADOS	baixo	1000	60	60000	12,00%	0,50	6,00
		médio					0,75	
		elevado					0,80	

		Diâmetro (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	Densidade (%)	Fator de Ponderação	IGI
5	BURACOS	baixo				4,20
		médio				5,10
		elevado				6,00
<b>n total de estações</b>				1	<b>∑IGI = IGG</b>	14,36

; → Separa degradações que partilhe o mesmo comprimento longitudinal

| → Separa degradações com diferentes comprimentos longitudinais

**Avaliação Detalhada sugerida ao método de Cabette (2018)**

Item	De gradação	Comprimento (cm)	Largura (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	Densidade (%)	Fator de ponderação	IGI	
1	ONDULAÇÕES	baixo				0,70		
	médio					0,85		
	elevado					1,00		
2	AFUNDAMENTOS	baixo	1000	13; 16; 20	49000	9,80%	0,70	6,86
	médio	1000	12; 13; 24	49000	9,80%	0,85	8,33	
	elevado	1000	19	19000	3,80%	1,00	3,80	
3	PERCURSO DE EROSÃO	baixo				0,70		
	médio					0,85		
	elevado					1,00		
4	CASCALHO SOLTO/PERDA DE AGREGADOS	baixo				0,50		
	médio					0,75		
	elevado					0,80		
5	BURACOS	baixo				4,20		
	médio					5,10		
	elevado					6,00		
<b>n total de estações</b>					1	<b>∑IGI = IGG</b>	18,99	

; → Separa degradações que partilhe o mesmo comprimento longitudinal

| → Separa degradações com diferentes comprimentos longitudinais

**Avaliação Detalhada sugerida ao método de Cabette (2018)**

Item	De gradação	Comprimento (cm)	Largura (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	Densidade (%)	Fator de ponderação	IGI	
1	ONDULAÇÕES	baixo				0,70		
		médio				0,85		
		elevado				1,00		
2	AFUNDAMENTOS	baixo	250   600	19   23	18550	3,71%	0,70	2,60
		médio	600   1000	17   20; 21	51200	10,24%	0,85	8,70
		elevado					1,00	
3	PERCURSO DE EROSÃO	baixo				0,70		
		médio				0,85		
		elevado				1,00		
4	CASCALHO SOLTO/PERDA DE AGREGADOS	baixo	800	31	24800	4,96%	0,50	2,48
		médio					0,75	
		elevado					0,80	
5	BURACOS	baixo					4,20	
		médio					5,10	
		elevado					6,00	
<b>n total de estações</b>					1	<b>∑IGI = IGG</b>	13,78	

; → Separa degradações que partilhe o mesmo comprimento longitudinal

| → Separa degradações com diferentes comprimentos longitudinais

**Avaliação Detalhada sugerida ao método de Cabette (2018)**

Item	Degradação	Comprimento (cm)	Largura (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	Densidade (%)	Fator de ponderação	IGI	
1	ONDULAÇÕES	baixo				0,70		
		médio				0,85		
		elevado				1,00		
2	AFUNDAMENTOS	baixo	300   425   1000	16   22   18; 16	47850	9,57%	0,70	6,70
		médio	930   1000	27   20	45110	9,02%	0,85	7,67
		elevado					1,00	
3	PERCURSO DE EROSÃO	baixo				0,70		
		médio				0,85		
		elevado				1,00		
4	CASCALHO SOLTO/PERDA DE AGREGADOS	baixo	435   720	25   15	21675	4,34%	0,50	2,17
		médio					0,75	
		elevado					0,80	
5	BURACOS		<b>Diâmetro (cm)</b>	<b>Área (cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Densidade (%)</b>	<b>Fator de Ponderação</b>	<b>IGI</b>	
		baixo	19,5   20	613	0,12%	4,20	0,51	
		médio				5,10		
		elevado	87	5945	1,19%	6,00	7,13	
<b>n total de estações</b>					1	<b>∑IGI = IGG</b>	24,18	

; → Separa degradações que compartilhe o mesmo comprimento longitudinal

| → Separa degradações com diferentes comprimentos longitudinais

**Avaliação Detalhada sugerida ao método de Cabette (2018)**

Item	Degradação	Comprimento (cm)	Largura (cm)	Área (cm²)	Densidade (%)	Fator de ponderação	IGI	
1	ONDULAÇÕES	baixo				0,70		
		médio				0,85		
		elevado				1,00		
2	AFUNDAMENTOS	baixo	600	18	10800	2,16%	0,70	1,51
		médio	715   1000	27   22; 20	61305	12,26%	0,85	10,42
		elevado					1,00	
3	PERCURSO DE EROSÃO	baixo				0,70		
		médio				0,85		
		elevado				1,00		
4	CASCALHO SOLTO/PERDA DE AGREGADOS	baixo	200	17	3400	0,68%	0,50	0,34
		médio					0,75	
		elevado					0,80	
5	BURACOS	baixo					4,20	
		médio					5,10	
		elevado					6,00	
<b>n total de estações</b>					1	$\Sigma$ IGI = IGG	12,27	

; → Separa degradações que partilhe o mesmo comprimento longitudinal

| → Separa degradações com diferentes comprimentos longitudinais

# ANEXOS

# **ANEXO N – Tabelas e Figuras relacionadas a metodologia de avaliação funcional da OECD**

**Tabela N.1 - Referências de condições superficiais para determinação do estado que o trecho auscultado da estrada se assemelha mais.**

<b>Valor Atribuído</b>	<b>Condição da superfície que o trecho auscultado deve-se se assimilar</b>
1 (Excelente)	Superfície regularizada recentemente com cascalho fino, ou solo de excelente perfil longitudinal e transversal (possivelmente encontra-se em comprimentos curtos). É possível dirigir confortavelmente acima de 80-100 km/h, mas ciente de ondulações suaves. Depressões negligenciáveis (ou seja < 5 mm; 3 m) e sem buracos.
2 (Boa)	Direção agradável acima de 70 – 80 km/h, mas com atenção aos movimentos bruscos e alguns pulos dos pneus. Moderadas depressões que costumam ser rasas e/ou buracos rasos (6-30 mm; 3 m; frequência de 5-10 %). Moderadas ondulações (6-20 mm; 0,7-1,5 m).
3 (Regular)	Confortável dirigibilidade dentro do intervalo de 40-70 km/h. Comum ter moderadas depressões transversais (20-40 mm; 3-5 m; 10-20 %) e/ou ocasionais depressões e buracos com profundidade altas (40-80 mm; 3 m com frequência < 5 %). Ondulações fortes (> 20 mm; 0.7-1.5 m).
4 (Ruim)	Dirige-se confortavelmente a 30-40 km/h. Profundidades usuais das depressões transversais e/ou buracos (40-80 mm; 3-5 m; 5-10 %) ou ocasionalmente muitas depressões profundas (80 mm; 1-5 m com frequência < 5) com outra depressão não profunda. Não é possível evitar todas as depressões mas a pior é.
5 (Péssima)	Direção confortável a 20-30 km/h. Velocidades maiores que 40-50 km/h irão causar extremo desconforto e possível dano ao carro. Para um perfil "bom": frequentes depressões e/ou buracos (40-80 mm; 1-5 m; 10-15%) e ocasional e muito profundas depressões (80 mm/0,6-2 m). Para um perfil ruim de maneira geral: frequentes defeitos e depressões moderados (superfície de terra ruim).
Observações: A nomenclatura utilizada para depressões e buracos segue a seguinte ordem (profundidade, extensão, porcentagens em seções de 50 metros). Percebe-se que depressões o mesmo utiliza para afundamentos	

Fonte: Adaptado de Road Monitoring for Maintenance Management - Manual for Developing Countries (OECD<sup>1</sup>, 1990, p.99).

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

Figura N.1 – Modelo de folha convencional de auscultação para o processo de RCS da inspeção da OECD  
Fonte: Uma Aplicação Comparativa de Métodos de Avaliação das Condições Superficiais de Estrada não-pavimentada (Ferreira, 2004, p.65).

INSPEÇÃO DA CONDIÇÃO DA ESTRADA - RCS				Depat°:		Distrito:					
				Inspetor:							
ESTRUTURAS				Data:		Tempo : ( )claro ( )chuvoso					
				INSPEÇÃO DA CONDIÇÃO							
Estrada/Classe:				Sedimentado		Erosão		Danos Estruturais		Notas/Observações	
Tipo de Estrutura	Seção Principal	Subseção	km	Bloqueado							
				E	D	E	D	E	D		
				1	$\frac{2}{3}$	1	$\frac{2}{3}$	1	$\frac{2}{3}$	1	$\frac{2}{3}$
				1	$\frac{2}{3}$	1	$\frac{2}{3}$	1	$\frac{2}{3}$	1	$\frac{2}{3}$
				1	$\frac{2}{3}$	1	$\frac{2}{3}$	1	$\frac{2}{3}$	1	$\frac{2}{3}$
				1	$\frac{2}{3}$	1	$\frac{2}{3}$	1	$\frac{2}{3}$	1	$\frac{2}{3}$
				1	$\frac{2}{3}$	1	$\frac{2}{3}$	1	$\frac{2}{3}$	1	$\frac{2}{3}$

Figura N.2 – Modelo de folha de auscultação para estruturas no processo RCS da inspeção da OECD.

Fonte: Uma Aplicação Comparativa de Métodos de Avaliação das Condições Superficiais de Estrada não-pavimentada (Ferreira, 2004, p.67).

INSPEÇÃO VISUAL DETALHADA DE ESTRADAS NÃO-PAVIMENTADAS - DVI													
Departamento:				Estrada:				De:		km:			
Distrito:								Para:		km:			
Nome do inspetor:				Largura do Pav.:				Comprimento da seção:					
Data:		Tempo: claro ( ) chuvoso ( )		Pista: seca ( ) secando ( ) úmida ( )				Tipo pavimento:					
SUBSEÇÃO		Nº		Nº		Nº		Nº		Nº		Nº	
LATERAL		E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D
TIPO DE DEFEITO	Severidade	B	M	A	B	M	A	B	M	A	B	M	A
	Densidade	B	M	A	B	M	A	B	M	A	B	M	A
Afundamento de trilha de roda - ATR	<10%	1	3	5	1	3	5	1	3	5	1	3	5
	10-50%	2	4	5	2	4	5	2	4	5	2	4	5
	>50%	3	5	5	3	5	5	3	5	5	3	5	5
Ondulação - OND	<10%	1	3	4	1	3	4	1	3	4	1	3	4
	10-50%	2	3	5	2	3	5	2	3	5	2	3	5
	>50%	3	4	5	3	4	5	3	4	5	3	4	5
Perda de declividade - PED	<10%	1	3	4	1	3	4	1	3	4	1	3	4
	10-50%	2	3	5	2	3	5	2	3	5	2	3	5
	>50%	3	4	5	3	4	5	3	4	5	3	4	5
Espessura de cascalho-ESC	<10%	1	3	5	1	3	5	1	3	5	1	3	5
	10-50%	2	3	5	2	3	5	2	3	5	2	3	5
	>50%	3	4	5	3	4	5	3	4	5	3	4	5
Sulcos de erosão - SUE	<10%	1	3	5	1	3	5	1	3	5	1	3	5
	10-50%	2	4	5	2	4	5	2	4	5	2	4	5
	>50%	3	5	5	3	5	5	3	5	5	3	5	5
Buracos - BUR	< 5%(Nº/100m)	1	3	5	1	3	5	1	3	5	1	3	5
	5-15%	2	4	5	2	4	5	2	4	5	2	4	5
	>15%	3	5	5	3	5	5	3	5	5	3	5	5
Atoleiros - ATO	<5%	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0
	5-50%	2	0	0	2	0	0	2	0	0	2	0	0
	>50%	3	0	0	3	0	0	3	0	0	3	0	0

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

Observações:

Figura N.3 – Modelo de folha de auscultação para o processo DVI da inspeção da OECD.

Fonte: Uma Aplicação Comparativa de Métodos de Avaliação das Condições Superficiais de Estrada não-pavimentada (Ferreira, 2004, p.66).

**Tabela N.2 – Classificação de degradações conforme a extensão e severidade das mesmas agregada a maneira que a entidade orienta a mensurar estas irregularidades**

### Afundamento

**Mensuração:** Com uma longa régua de 2 metros, coloque uma ponta no eixo central da pista e a outra na extremidade da mesma com o afundamento entre esses dois pontos medindo-o com uma fita. O maior valor é o representativo

		Severidade		
		< 20 mm	20 - 50 mm	> 50 mm
Extensão	< 10 %	1	3	5
	10 - 50 %	2	4	5
	> 50 %	3	5	5

### Ondulação

**Mensuração:** Coloque uma longa régua de 2 metros em cima das cristas, então obtenha a maior profundidade desenvolvida por um vale e o comprimento que a degradação se desenvolve

		Severidade		
		< 20 mm	20 - 50 mm	> 50 mm
Extensão	< 10 %	1	3	4
	10 - 50 %	2	3	5
	> 50 %	3	4	5

### Perda de Inclinação Transversal

**Mensuração:** Pode ser feita rapidamente com uma régua de 2 metros equipada com um nível de bolha. Uma ponta da régua é posta sobre o eixo central da pista e a outra é elevada até a bolha ficar em nível. A lacuna entre a ponta na extremidade é medida

		Severidade		
		> 50 mm	20 - 50 mm	< 20 mm
Extensão	< 10 %	1	3	4
	10 - 50 %	2	3	5
	> 50 %	3	4	5

### Perda de cascalho

**Mensuração:** Espessura remanescente de cascalho na superfície ao cavar um buraco até o nível de sub-base

		Severidade		
		< 10 mm	10 - 50 mm	> 50 mm
Extensão	< 10 %	1	3	5
	10 - 50 %	2	3	5
	> 50 %	3	4	5

\*Não se aplica a estradas de terra

### Sulcos de Erosão

**Mensuração:** Deve-se colocar a régua de 2 metros sobre o sulco de erosão e medir a profundidade do mesmo

		Severidade		
		< 20 mm	20 - 50 mm	> 50 mm
Extensão	< 10 %	1	3	5
	10 - 50 %	2	4	5
	> 50 %	3	5	5

### Buracos

**Mensuração:** Estimar a quantidade de buracos por 100 metros. A profundidade é medida vendo o desenvolvimento da cavidade em relação a superfície original

		Severidade		
		< 20 mm	20 - 50 mm	> 50 mm
Extensão (nº por 100 metros)	< 10 %	1	3	5
	10 - 50 %	2	4	5
	> 50 %	3	5	5

**Atoleiro\* (zona com  
atividade argilosa)**

---

**Mensuração:** Estimar a  
porcentagem do trecho afetado

---

Extensão	Nota
< 10 %	1
10 - 50 %	2
> 50 %	3

---

\*Único parâmetro que não é  
avaliado sob severidade

---

Fonte: Adaptado de Road Monitoring for Maintenance Management – Damage  
Catalogue for Developing Countries (OECD<sup>2</sup>, 1990, p.47-59 ).

**ANEXO O – Níveis de severidade e  
nomogramas relacionados a metodologia de  
avaliação funcional URCI**

- Seção Transversal Inadequada



**Figura O.1 – Níveis de Severidade para inclinação transversal inadequada estipulados para a inspeção e análise URCl.**

**Fonte: Unsurfaced Road Maintenance Management (Eaton; Beaucham, 1992, B-3).**

- Baixa: Pouca quantidade de água parada no pavimento ou há sinal de que houve acúmulo de pequena quantidade de água na superfície. E não menos importante, o caminho é plano;
- Média: Quantidade moderada de poças de água ou indício das mesmas. Ou também, pavimento possui geometria côncava;
- Alta: Muita água parada sob o pavimento ou sinal que havia essa quantidade no mesmo. Pode ser também para o caso de haver muitas depressões na estrada.

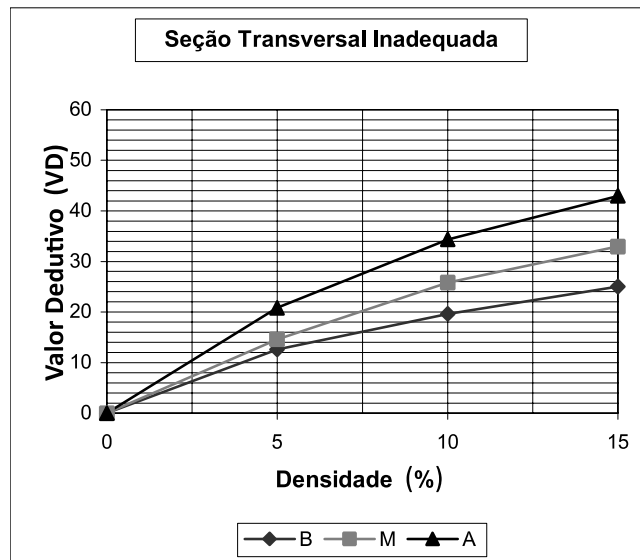


Figura O.2 – Nomograma do método URCI para Seção Transversal Inadequada.  
 Fonte: Retirado de Uma Aplicação Comparativa de Métodos de Avaliação das Condições Superficiais de Estrada não-pavimentada (Ferreira, 2004, p.164) adaptando Unsurfaced Road Maintenance Management (Eaton;Beaucham, 1992, p.D-1).

- Drenagem Lateral Inadequada

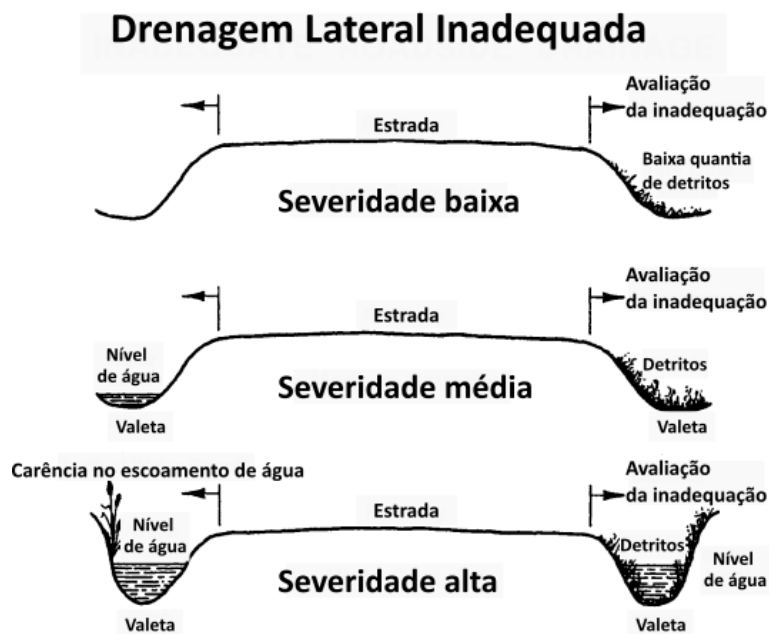
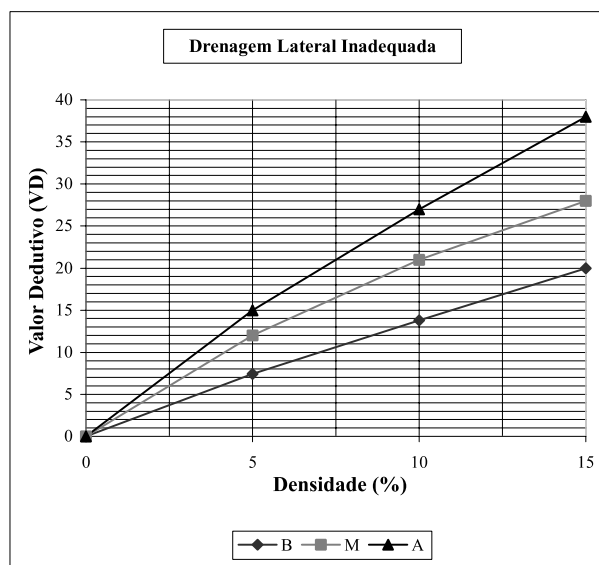


Figura O.3 – Níveis de Severidade em relação a drenagem lateral inadequada estipulados para a inspeção e análise URCI.  
 Fonte: Unsurfaced Road Maintenance Management (Eaton; Beaucham, 1992, B-5).

- Baixa: Pequena quantidade de água parada ou que havia essa quantidade nas valetas. Também se enquadra neste grau o crescimento de vegetação e acúmulo de detritos em baixo representação nas valas;

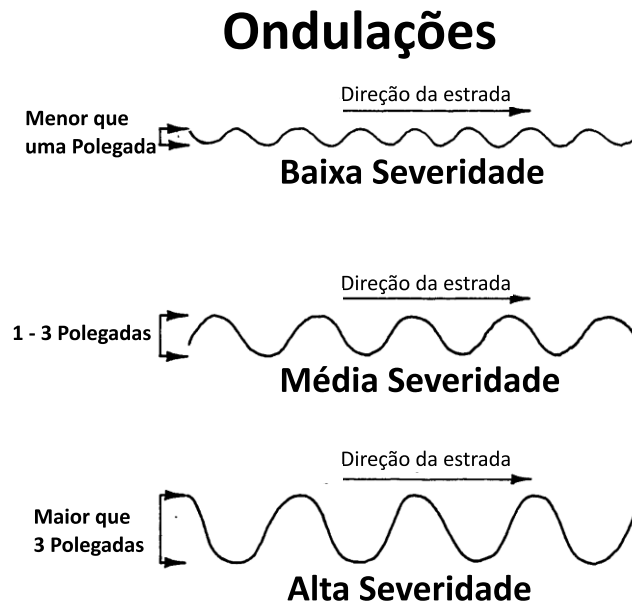
- Média: Volume moderado de água empoeçada nas valas. Vegetação e detritos presentes em média escala nas valetas. E também é um sinal deste nível a erosão destes dispositivos laterais em direção as bermas e a estrada;
- Alta: Água ou sinal que houve a mesma em grande porção suspensa nas valetas. Vegetação e detritos em abundância interrompendo o fluxo de água adequado dos dispositivos laterais. Erosão avançada nos mesmos desenvolvendo-se para as bermas e estrada também marca esse grau de severidade.



**Figura O.4 – Nomograma do método URCI para Drenagem Lateral Inadequada.**

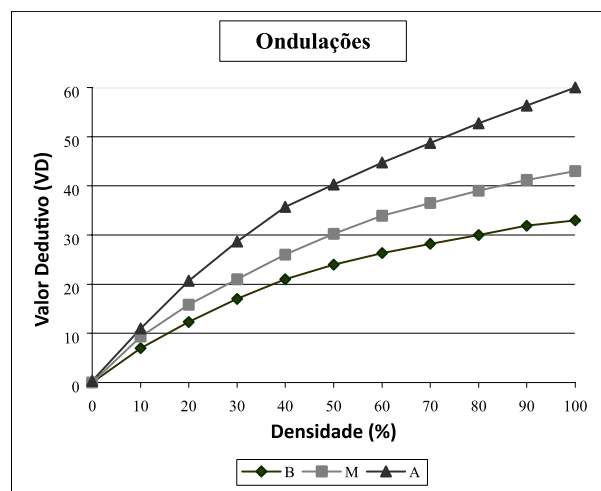
**Fonte: Retirado de Uma Aplicação Comparativa de Métodos de Avaliação das Condições Superficiais de Estrada não-pavimentada (Ferreira, 2004, p.164) adaptando Unsurfaced Road Maintenance Management (Eaton;Beaucham, 1992, p.D-1).**

- Ondulações



**Figura O.5 – Níveis de Severidade atribuídos às ondulações para inspeção e análise URCI.**  
**Fonte: Unsurfaced Road Maintenance Management (Eaton; Beaucham, 1992, B-7).**

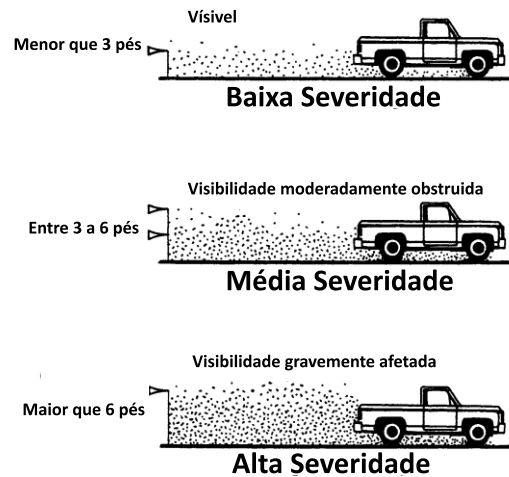
- Baixa: Amplitude (medida da crista a vale) menor que uma polegada ( $\approx 25$  mm);
- Média: Amplitude entre uma e três polegadas (25–75 mm);
- Alta: Valor de crista a vale maior que três polegadas (75 mm).



**Figura O.6 – Nomograma do método URCI para Ondulações.**  
**Fonte: Retirado de Uma Aplicação Comparativa de Métodos de Avaliação das Condições Superficiais de Estrada não-pavimentada (Ferreira, 2004, p.164) adaptando Unsurfaced Road Maintenance Management (Eaton;Beaucham, 1992, p.D-2).**

- Poeira

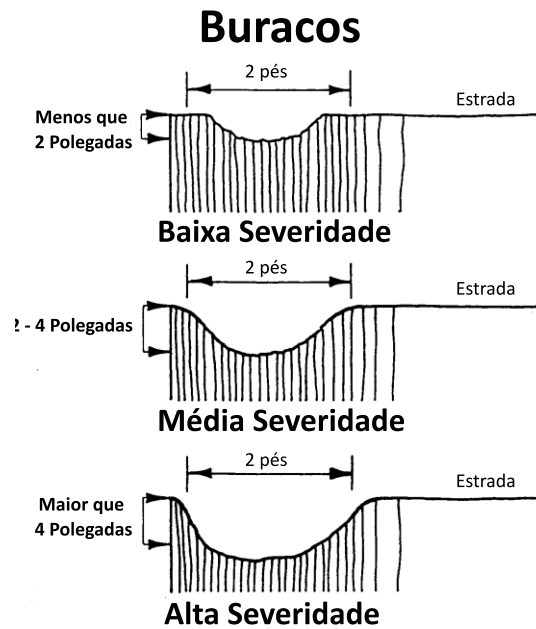
## Poeira



**Figura O.7 – Níveis de Severidade atribuídos a poeira para inspeção e análise URCL.**  
**Fonte: Unsurfaced Road Maintenance Management (Eaton; Beaucham, 1992, B-9).**

- Baixa: Tráfego normal produz uma cortina de poeira, a qual não obstrui a visibilidade na pista. Atribui-se nota 2;
- Média: O trânsito gera uma cortina de pó que atrapalha moderadamente. A fumaça causa a necessidade de diminuir a velocidade. Nível de severidade que contribui com 4 na avaliação;
- Alta: A poeira causada pela passagem de veículos é espessa, sendo necessário andar vagarosamente ou até parar o automóvel. Valor de impacto na análise funcional de 15.

- Buracos



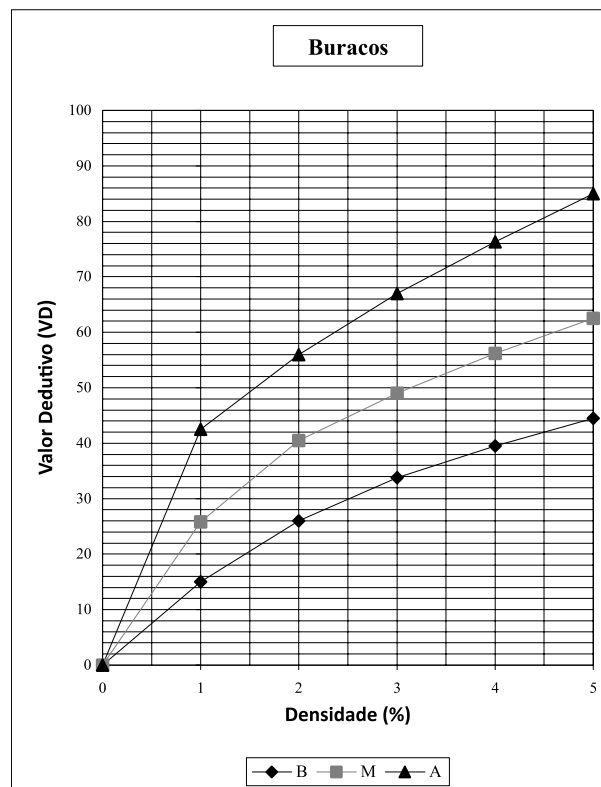
**Figura O.8 – Exemplificação da gravidade para buracos de 2 pés de diâmetro na inspeção e análise URCI. Fonte: Unsurfaced Road Maintenance Management (Eaton; Beaucham, 1992, B-11).**

Os buracos têm severidade relativa a profundidade e ao diâmetro da cavidade. Estas degradações não podem ser unicamente classificadas segundo a profundidade, como ocorre com ondulações, que por exemplo tem média severidade no intervalo entre uma e três polegadas de profundidade. A gravidade atribuída a um buraco é dada pela Tabela 10 conforme diâmetro e profundidade da cavidade.

**Tabela O.1 – Maneira de se classificar um buraco de acordo com a profundidade e diâmetro do mesmo**

Profundidade	Diâmetro Médio do Buraco			
	Menos que 1 pé	Entre 1 a 2 pés	Entre 2 a 3 pés	Mais que 3 pés
	(30 cm)	(30 - 60 cm)	(60 - 90 cm)	(90 cm)
½ - 2 polegadas (12,5 - 50 mm)	Baixa	Baixa	Média	Média
2 - 4 polegadas (50 - 100 mm)	Baixa	Média	Alta	Alta
> 4 polegadas (100 mm)	Média	Alta	Alta	Alta

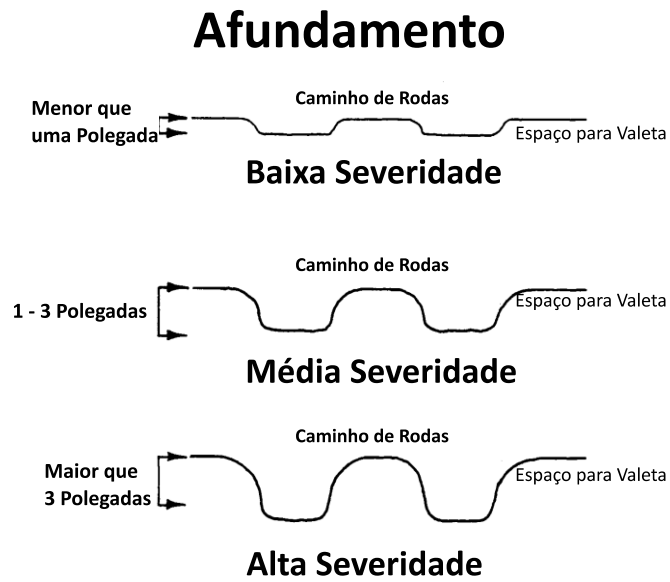
Fonte: Adaptado de Unsurfaced Road Maintenance Management (Eaton; Beachum,1992, p.B-10).



**Figura O,9 – Nomograma do método URCI para Buracos.**

Fonte: Retirado de Uma Aplicação Comparativa de Métodos de Avaliação das Condições Superficiais de Estrada não-pavimentada (Ferreira, 2004, p.165) adaptando Unsurfaced Road Maintenance Management (Eaton;Beaucham, 1992, p.D-3).

- Afundamento



**Figura O.10 – Níveis de Severidade atribuídos a um afundamento para inspeção e análise URCL.**  
**Fonte: Unsurfaced Road Maintenance Management (Eaton; Beaucham, 1992, B-13).**

- Baixa: Depressão em relação ao eixo da pista de uma polegada (25 mm);
- Média: Abatimento quanto ao nível original entre o intervalo de uma polegada a três (25 – 75 mm);
- Alta: Pavimento rebaixado em mais de três polegadas (75 mm).

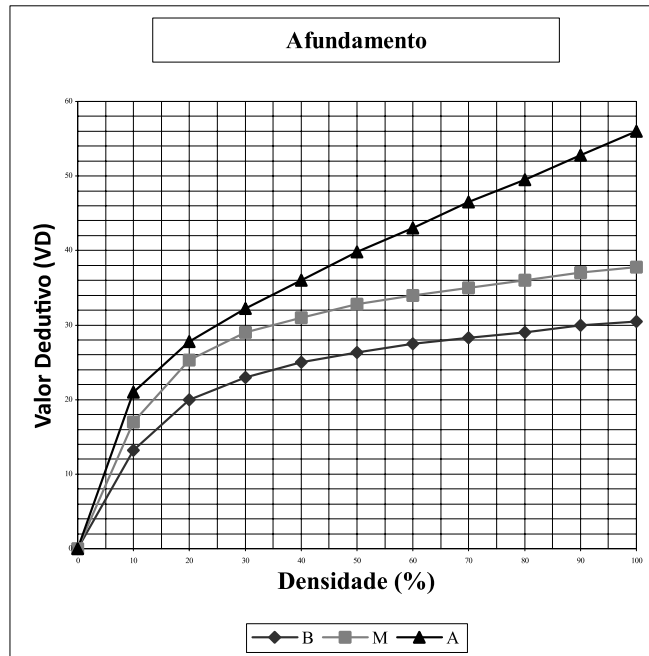


Figura O.11 – Nomograma do método URCI para Afundamento.

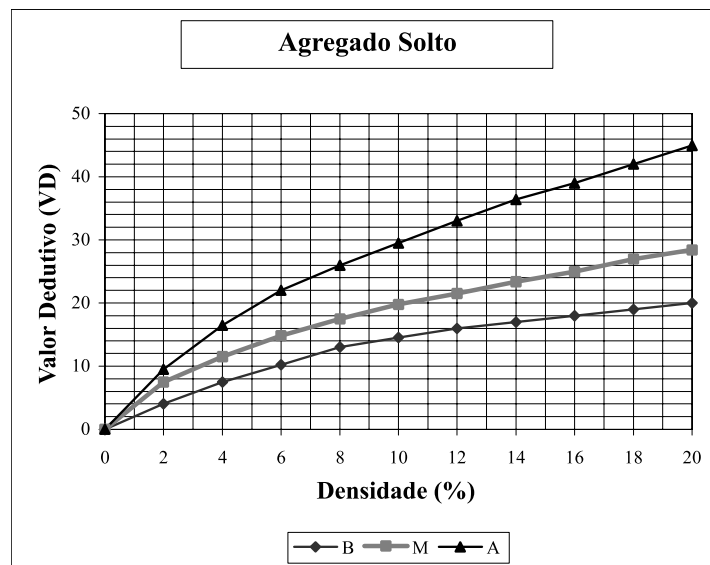
Fonte: Retirado de Uma Aplicação Comparativa de Métodos de Avaliação das Condições Superficiais de Estrada não-pavimentada (Ferreira, 2004, p.166) adaptando Unsurfaced Road Maintenance Management (Eaton;Beaucham, 1992, p.D-4).

- Agregado solto



Figura O.12 – Níveis de Severidade atribuídos a linhas de agregado solto para inspeção e análise URCI. Fonte: Unsurfaced Road Maintenance Management (Eaton; Beaucham, 1992, B-15).

- Baixa: Acúmulo de partículas soltas nas bermas, entre rodeiras ou em espaços pouco trafegados com altura menor de duas polegadas (50 mm);
- Média: Partículas soltas acumuladas entre afundamentos, acostamentos e áreas pouco transitadas em uma espessura entre duas a quatro polegadas (50 – 100 mm);
- Alta: Espesso acúmulo de agregado com altura de acima de 4 polegadas (100 mm) nas bermas, entre afundamentos ou em pontos pouco circulados pelos veículos.



**Figura O.13 – Nomograma do método URCI para Agregado Solto.**

**Fonte: Retirado de Uma Aplicação Comparativa de Métodos de Avaliação das Condições Superficiais de Estrada não-pavimentada (Ferreira, 2004, p.166) adaptando Unsurfaced Road Maintenance Management (Eaton;Beaucham, 1992, p.D-4).**

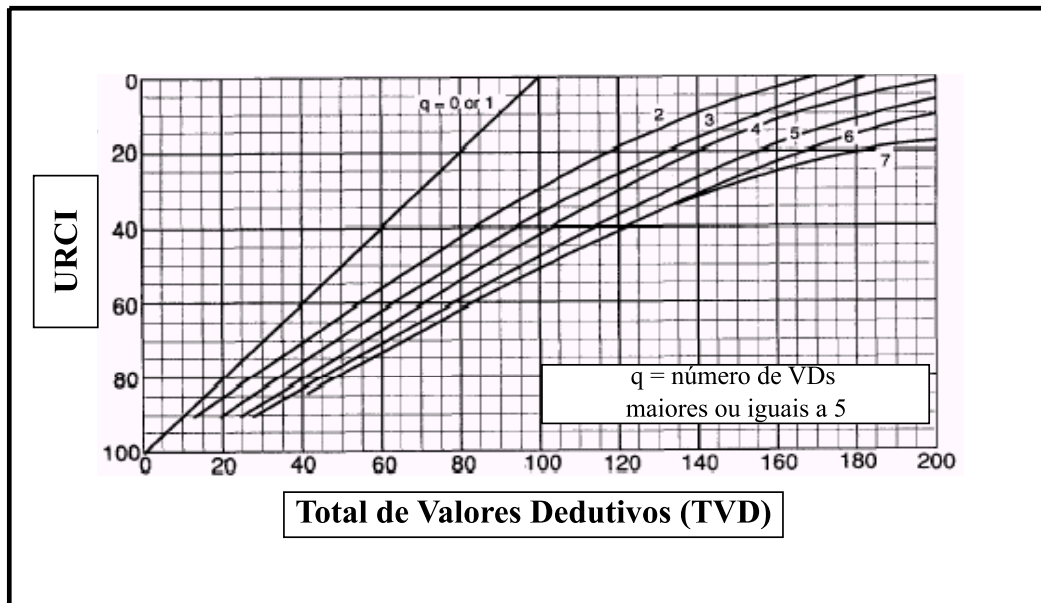


Figura O.14 – Nomograma final que define o valor de URCI.

Fonte: Retirado de Uma Aplicação Comparativa de Métodos de Avaliação das Condições Superficiais de Estrada não-pavimentada (Ferreira, 2004, p.167) adaptando Unsurfaced Road Maintenance Management (Eaton;Beaucham, 1992, p.D-5).