



**CARACTERIZAÇÃO GEOTÉCNICA DE ESTRADAS NÃO  
PAVIMENTADAS DE BAIXO VOLUME DE TRÁFEGO:  
ESTUDO DE CASO**

**Marina Maria Cabette**

Dissertação apresentada à

**Escola Superior de Tecnologia e Gestão**

**Instituto Politécnico de Bragança**

para obtenção do grau de Mestre em

**Engenharia da Construção**

**Bragança, 2018**

**CARACTERIZAÇÃO GEOTÉCNICA DE ESTRADAS NÃO  
PAVIMENTADAS DE BAIXO VOLUME DE TRÁFEGO:  
ESTUDO DE CASO**

**Marina Maria Cabette**

Dissertação apresentada à Escola Superior de Tecnologia e Gestão  
no 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**

Orientadores:

**Professor Doutor António Miguel Verdelho Paula**  
**Professor Doutor Manuel Joaquim da Costa Minhoto**  
**Professor Doutor Ewerton Clayton Alves da Fonseca**

**Bragança, 2018**

## **DEDICATÓRIA**

*Aos meus pais que fizeram de tudo para que meus objetivos se tornassem realidade.*

## **AGRADECIMENTOS**

Aos meus orientadores, Professores Doutores António Miguel Verdelho Paula, Manuel Joaquim da Costa Minhoto e Ewerton Clayton Alves da Fonseca, agradeço pela orientação e apoio no desenvolvimento deste trabalho.

Agradeço à Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR) pela oportunidade da dupla diplomação que tornou possível a realização deste trabalho.

Agradeço ao Instituto Politécnico de Bragança, ao Laboratório de Geotecnia da Escola Superior de Tecnologia e Gestão (ESTiG), a Escola Superior Agrária de Bragança (ESA), à Câmara Municipal de Bragança e aos técnicos destes laboratórios por disponibilizarem os recursos necessários para a realização desta pesquisa.

A todos os que contribuíram com as suas palavras de apoio em todos os momentos desta jornada. E à minha família e amigos, pela paciência, incentivo e pelo apoio incondicional, agradeço imensamente.

## **RESUMO**

As estradas de baixo volume de tráfego (EBVT) desempenham um papel relevante no âmbito de uma rede rodoviária nacional, pelo fato de complementarem a redes de âmbito nacional e regional e de representarem uma extensão considerável da malha rodoviária existente, sendo de grande importância social e econômica. Na maioria dos países as redes de EBVT integram estradas e caminhos não pavimentados, normalmente estabelecidos em uma perspectiva de ligação a lugares mais recônditos e/ou localizadas em áreas que, em muitos casos, integram zonas ecológicas e agrícolas protegidas.

O presente trabalho objetiva o estudo de uma EBVT não pavimentada, na região do parque natural de Montesinho, a qual, pela sua importância na valorização deste parque natural e pelo fato de assegurar o acesso entre duas barragens que abastecem as localidades da região de Bragança, necessita de manutenção periódica por parte do organismo gestor da rede, concretamente da Câmara Municipal de Bragança. Tendo em vista assegurar a segurança e o conforto de quem a utiliza, sem alterar paisagens naturais e seminaturais e a diversidade ecológica do local. A manutenção adequada desta estrada exige que seja periodicamente avaliado o estado estrutural e funcional da mesma, envolvendo uma caracterização predominantemente geotécnica, pelo facto de ser não pavimentada (não revestida com camadas betuminosas).

Portanto, para atingir os objetivos deste trabalho, analisou-se a superfície da estrada, o perfil transversal e o sistema de drenagem. Para avaliação estrutural, foi necessário dividir a extensão em seções homogêneas, por meio do método das diferenças acumuladas, proposto pela *American Association of State Highway and Transportation Officials* (AASHTO). A divisão foi realizada mediante a análise dos resultados de ensaios de carga em placa e do ensaio de penetrômetro dinâmico ligeiro. A partir das seções foi estimado o ponto representativo de cada seção para realização dos ensaios de granulometria, ensaio de Proctor, de *California Bearing Ratio* (CBR), e *CBR in situ*.

### **Palavras-Chave**

Estradas de baixo volume de tráfego; estrada não pavimentada; avaliação funcional e estrutural; conservação.

## **ABSTRACT**

Low volume roads (LVR) play an important role as part of a national road network, because they complement national and regional network and represent a considerable extension of the existing road network, being of great social and economic development. In most countries, the LVR networks integrate unpaved roads, usually established in a perspective of connecting to more remote places and / or located in areas that, in many cases, integrate ecological and agricultural protected zones.

The present study aims to study an unpaved LVR in the region of the Montesinho natural park, due to its importance in the valorization of this natural park. Furthermore, it ensures access between two dams that supply the localities of the region of Bragança. This road requires periodic maintenance by the managing body of the road, specifically the Municipal Chamber of Bragança, in order to ensure the safety and comfort of those who use it, without altering natural and semi-natural landscapes and the ecological diversity of the place. Proper maintenance of this road requires that the structural and functional state of the road be evaluated periodically, involving a predominantly geotechnical characterization, because it is unpaved (not coated with bituminous layers).

Therefore, to reach the objectives of this work, the road surface, the transversal profile and the drainage system were analyzed. For structural evaluation, it was necessary to divide the extension into homogeneous sections, using the method of Cumulative Difference, proposed by the American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO). The division was performed by analyzing the results of plate load tests and the dynamic penetrometer light tests. Based on the sections, the representative point of each section was estimated, to perform the granulometry, Proctor, California Bearing Ratio (CBR), and CBR in situ tests.

### **Keywords**

Low volume roads; unpaved road; functional and structural evaluation; conservation.

## ÍNDICE

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>1</b>
1.1. ENQUADRAMENTO.....	1
1.2. OBJETIVOS .....	3
1.3. ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO .....	3
<b>2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	<b>5</b>
2.1. ABORDAGEM GERAL.....	5
2.2. ESTRADAS DE BAIXO VOLUME DE TRÁFEGO .....	8
2.3. DIMENSIONAMENTO DE EBVT NÃO PAVIMENTADA – MANUAL DO ERA .....	12
2.4. AVALIAÇÃO DO ESTADO DAS ESTRADAS .....	16
2.5. AVALIAÇÃO FUNCIONAL .....	16
2.5.1. Degradações das estradas não pavimentadas .....	17
2.5.2. Método da AASHTO.....	22
2.5.3. Método do Índice de Gravidade Global (IGG).....	22
2.5.4. Método de avaliação superficial de estradas com revestimento de cascalho.....	23
2.5.5. Método do Índice de Irregularidade Internacional (IRI).....	24
2.5.6. Considerações finais .....	25
2.6. AVALIAÇÃO ESTRUTURAL.....	25
2.6.1. Ensaios laboratoriais .....	25
2.6.2. Ensaios em campo (in situ) .....	26
2.6.3. Correlações entre ensaios.....	28
2.7. MANUTENÇÃO E REABILITAÇÃO DE EBVT .....	29
2.7.1. Superfície da estrada.....	32
2.7.2. Valas.....	34
2.7.3. Erosão e controle de sedimentos.....	36
<b>3 PLANO DE TRABALHO</b> .....	<b>37</b>
3.1. APRESENTAÇÃO DO LOCAL EM ESTUDO .....	38
3.2. AVALIAÇÃO DO ESTADO DA SUPERFÍCIE DA ESTRADA (AVALIAÇÃO FUNCIONAL) .....	39
3.3. CRITÉRIO DE SELEÇÃO DOS PONTOS PARA RECOLHA DAS AMOSTRAS DE SOLO.....	42
3.4. ENSAIOS DE CARACTERIZAÇÃO GEOTÉCNICA E AVALIAÇÃO ESTRUTURAL .....	46
<b>4 APRESENTAÇÃO DE RESULTADOS E ANÁLISE DA ESTRADA</b> .....	<b>48</b>
4.1. OBSERVAÇÃO DO ESTADO DA SUPERFÍCIE DO PAVIMENTO EM ESTUDO .....	48
4.2. SEÇÕES HOMOGÊNEAS.....	50
4.2.1. Penetrômetro Dinâmico Ligeiro - PDL .....	50
4.2.2. Carga em Placa.....	53
4.2.3. Considerações.....	55
4.3. AMOSTRAGEM .....	58
4.4. ENSAIOS EM LABORATÓRIO.....	61
4.4.1. Análise granulométrica.....	62
4.4.2. Proctor normal.....	66
4.4.3. California Bearing Ratio - CBR.....	69
4.5. ENSAIOS IN SITU .....	70

4.5.1. Penetrômetro dinâmico leveiro PDL e ensaio de Carga em Placa nos pontos representativos .....	70
4.5.2. Determinação da compactação com célula radioativa (gamadensímetro) .....	71
4.5.3. CBR <i>in situ</i> .....	73
4.6. DIMENSIONAMENTO DA ESTRADA NÃO PAVIMENTADA .....	74
4.7. CORRELAÇÕES ENTRE OS RESULTADOS DOS ENSAIOS REALIZADOS .....	75
<b>5 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES .....</b>	<b>81</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>83</b>
<b>APÊNDICES.....</b>	<b>87</b>
5.1. APÊNDICE 1 - AVALIAÇÃO FUNCIONAL .....	87
5.2. APÊNDICE 2 - ENSAIO PDL.....	118
5.3. APÊNDICE 3 - ENSAIO CARGA EM PLACA.....	150
5.4. APÊNDICE 4 - SEÇÕES HOMOGÊNEAS .....	181
5.5. APÊNDICE 5 - ANÁLISE GRANULOMÉTRICA .....	187
5.6. APÊNDICE 6 - ENSAIO DE PROCTOR.....	197
5.7. APÊNDICE 7 - ENSAIO DE CBR .....	207
5.8. APÊNDICE 8 - ENSAIO DE CBR <i>IN SITU</i> .....	237
5.9. APÊNDICE 9 - CORRELAÇÕES .....	247

## ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1. Classe do subleito.....	10
Tabela 2. Classe de tráfego.....	12
Tabela 3. Espessura da base de cascalho (mm) - Cascalho forte (G45).....	14
Tabela 4. Espessura da base de cascalho (mm) - Cascalho médio (G30).....	14
Tabela 5. Espessura da base de cascalho (mm) - Cascalho fraco (G15).....	14
Tabela 6. Perda típica de cascalho.....	15
Tabela 7. Características das Zonas.....	15
Tabela 8. Avaliação de serventia.....	22
Tabela 9. Índice de Gravidade Global.....	22
Tabela 10. Classificação do estado da superfície da estrada não pavimentada.....	24
Tabela 11. Correlações entre módulo <i>versus</i> CBR.....	28
Tabela 12. Como fazer manutenção dependendo das degradações da superfície da estrada.....	33
Tabela 13. Como fazer manutenção dependendo d das degradações da vala.....	35
Tabela 14. Fator de ponderação da degradação.....	40
Tabela 15. Fator de ponderação do inadequado sistema de drenagem da estrada.....	40
Tabela 16. O que observar em relação à degradação da estrada.....	41
Tabela 17. O que observar em relação ao inadequado sistema de drenagem da estrada.....	41
Tabela 18. Sequência de solução - Diferenças Acumuladas (Parte 1).....	42
Tabela 19. Sequência de solução - Diferenças Acumuladas (Parte 2).....	43
Tabela 20. Índice de Gravidade Global (IGG) em relação à degradação.....	49
Tabela 21. Índice de Gravidade Global em relação ao inadequado sistema de drenagem.....	49
Tabela 22. Resumo da classificação dos solos.....	66
Tabela 23. Teor de umidade ótimo das amostras.....	68
Tabela 24. CBR do solo nos pontos selecionados.....	70
Tabela 25. Resultado do ensaio de carga em placa nos pontos selecionados.....	70
Tabela 26. Resultados de massa específica seca, úmida e teor de umidade obtidos por meio do ensaio da célula de carga radioativa.....	72
Tabela 27. Grau de compactidade dos solos em estudo.....	73
Tabela 28. CBR <i>in situ</i> dos pontos representativos.....	74

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Parque Natural de Montesinho. ....	2
Figura 2. Estradas não pavimentadas projetadas.....	9
Figura 3. Principais componentes de uma EBVT. ....	9
Figura 4. Processos para estimar classe de tráfego do pavimento.....	13
Figura 5. Diagrama esquemático do processo de degradação de estradas não pavimentada. ....	17
Figura 6. Exemplos de inclinações corretas e incorretas.....	18
Figura 7. Geometria correta do perfil de uma estrada. ....	19
Figura 8. Afundamentos na estrada não pavimentada.....	21
Figura 9. Fatores e interações que podem afetar o desempenho do pavimento. ....	29
Figura 10. Variação da serventia com o tráfego ou com o tempo decorrido de utilização da via. .....	31
Figura 11. Período recomendável para a manutenção dos pavimentos.....	32
Figura 12. Fluxograma do plano de trabalho. ....	37
Figura 13. Localização da estrada de baixo volume de tráfego, próximo à divisa Portugal- Espanha. ....	38
Figura 14. Localização da estrada de baixo volume de tráfego, acesso para duas represas.....	39
Figura 15. Áreas de avaliação funcional (sem escala) (em metros). ....	42
Figura 16. Dimensões básicas dos veículos de projeto (em metros). ....	45
Figura 17. Largura e eixo-padrão adotados. (sem escala)(em metros).....	46
Figura 18. Exemplificação da localização dos pontos dos ensaios (sem escala)(em metros). ....	46
Figura 19. Anomalias na estrada. ....	48
Figura 20. Equipamento destinado à realização de ensaios PDL. ....	50
Figura 21. Diferenças acumuladas (Z), do ensaio PDL. ....	51
Figura 22. Delimitação das seções homogêneas, por meio dos resultados do ensaio PDL.....	51
Figura 23. Resultados dos valores característicos de cada seção (K em vermelho) e pontos que mais se aproximam deste valor (verde), referentes ao ensaio PDL.....	52
Figura 24. Equipamentos ensaio Carga em Placa. ....	53
Figura 25. Diferença acumulada (Z), do ensaio de carga em placa. ....	54
Figura 26. Delimitação das seções homogêneas, por meio do ensaio de carga em placa. ....	54
Figura 27. Resultados dos valores característicos de cada seção (K em vermelho) e pontos que mais se aproximam deste valor (verde), dos resultados do ensaio de carga em placa. ....	55
Figura 28. Delimitação das seções homogêneas, por meio do ensaio de PDL nos 0,4 primeiros metros.....	56
Figura 29. Resultados dos valores característicos de cada seção (K em vermelho) e pontos que mais se aproximam deste valor (verde), resultados do ensaio PDL para os primeiros 0,4m. ....	57
Figura 30. Modo de recolha das amostras. ....	58
Figura 31. Perfil geotécnico dos pontos onde as amostras foram coletadas. (dimensões em cm). .....	59
Figura 32. Amostras de solos coletadas na 1ª camada, em distintos pontos. ....	60
Figura 33. Amostras de solos coletadas na 2ª camada, em distintos pontos. ....	61
Figura 34. Repartidor de amostras. ....	62
Figura 35. Peneiras utilizadas para realização da análise granulométrica.....	62
Figura 36. Curva granulométrica da camada 1 e 2 de cada ponto.....	63

Figura 37. Ensaio Proctor normal. ....	67
Figura 38. Resultado do ensaio proctor normal dos pontos de ensaio selecionados. ....	68
Figura 39. Procedimentos laboratoriais do ensaio CBR. ....	69
Figura 40. Resultado dos ensaios de PDL nos pontos selecionados. ....	71
Figura 41. Célula de carga radioativa. ....	72
Figura 42. Ensaio CBR <i>in situ</i> . ....	73
Figura 43. Dimensionamento para base tipo G45, G30 e G15. (dimensões em cm) (sem escala) ....	75
Figura 44. Correlação entre CBR em laboratório e carga em placa (EV1 e EV2). ....	76
Figura 45. Correlação entre CBR em laboratório e $q_d$ (PDL). ....	77
Figura 46. Correlação entre carga em placa (EV1 e EV2) e PDL ( $q_d$ ). ....	78
Figura 47. Correlação entre CBR <i>in situ</i> e carga em placa. ....	79
Figura 48. Correlação entre CBR <i>in situ</i> e $q_d$ (PDL). ....	79
Figura 49. Correlação entre CBR <i>in situ</i> e CBR em laboratório. ....	80

## SIMBOLOGIA E ABREVIATURAS

<b>AADT</b>	<i>Annual average daily traffic</i>
<b>AASHTO</b>	<i>American Association of State Highway and Transportation Officials</i>
<b>CBR</b>	<i>California Bearing Ratio</i>
<b>CP</b>	Carga em placa
<b>E</b>	Módulo de deformabilidade
<b>EBVT</b>	Estradas de baixo volume de tráfego
<b>ESA</b>	<i>Equivalent Standard Axle (80 kN)</i>
<b>EV1</b>	Módulo de deformabilidade do primeiro ciclo de carga
<b>EV2</b>	Módulo de deformabilidade do segundo ciclo de carga
<b>fa</b>	Frequência absoluta
<b>fp</b>	Fator de ponderação de danos
<b>fr</b>	Frequência relativa
<b>GL</b>	Perda anual de cascalho
<b>HRB</b>	<i>Highway Research Board</i>
<b>ICNF</b>	Instituto da Conservação da Natureza e das Florestas
<b>IGG</b>	Índice de Gravidade Global
<b>IGI</b>	Índice de Gravidade Individual
<b>IP</b>	Índice de plasticidade
<b>IPB</b>	Instituto Politécnico de Bragança
<b>IRI</b>	Índice de Irregularidade Internacional
<b>K</b>	Valor característico
<b>MCT</b>	Miniatura, Compactado, Tropical
<b>N10</b>	Número de pancadas para penetrar 0,1 m
<b>NA</b>	Não aplicável
<b>NP</b>	Não plástico
<b>PDL</b>	Penetrômetro dinâmico ligeiro
<b>qd</b>	Resistência de ponta
<b>R</b>	Recomposição
<b>RMS</b>	<i>Root Mean Square Deviation</i> (Erro médio quadrático)
<b>SUCS</b>	Sistema Unificado de Classificação de Solos
<b>TMDA</b>	Tráfego Médio Diário Anual
<b>TRB</b>	<i>Transportation Research Board</i>
<b>vpd</b>	Veículos por dia
<b>VSA</b>	Valor de serventia atual

<b>w</b>	Umidade
<b>Zx ou Z</b>	Diferença acumulada
<b><math>\gamma_d</math></b>	Massa específica aparente seca
<b><math>\gamma_{úmido}</math></b>	Massa específica aparente úmida

## 1.1. Enquadramento

As estradas fornecem uma contribuição fundamental para o crescimento e desenvolvimento econômico, desde os primórdios da civilização humana, além de proporcionarem importantes benefícios sociais. Sendo de vital importância para fazer uma nação crescer e se desenvolver.

Isto devido as estradas serem o principal meio de transporte terrestre mundial, se classificando em vários tipos para atender às necessidades da população. Por exemplo, autoestradas são construídas para fornecer acesso rápido e seguro entre cidades importantes. As rodovias são para conectar duas ou mais cidades e as áreas rurais, possuem diferentes tipos de estradas para conectar terras agrícolas/florestais com a cidade, além das demais estradas existentes dentro de uma cidade. Cada tipo de estrada tem sua própria importância e exigência.

Com o foco em estradas de baixo volume de tráfego (EBVT), estas desempenham um papel relevante no âmbito de uma rede rodoviária nacional, pelo fato de complementarem a redes de âmbito nacional e regional e de representarem uma extensão considerável da malha rodoviária existente, sendo de grande importância social e econômica.

Na maioria dos países as redes de EBVT integram estradas e caminhos não pavimentados, normalmente estabelecidos em uma perspectiva de ligação a lugares mais recônditos e/ou localizadas em áreas que, em muitos casos, integram zonas ecológicas e agrícolas protegidas.

No âmbito das zonas protegidas, se encontram parques e reservas naturais. Estes locais devem uma consideração relativa à manutenção e valorização das características das paisagens naturais e seminaturais, e a diversidade ecológica. E para devida manutenção e valorização de um parque natural é necessário de vias de comunicação em bons estados de conservação para assegurar mais segurança e conforto aos visitantes e gestores, pois o acesso seguro se torna eficaz para o deslocamento dos membros que conservam e preservam estas áreas ou zonas protegidas em casos de tragédias ou mesmo

para manutenção do acesso ao local, para que isso ocorra é preciso a manutenção e preservação das vias de acesso.

Em relação a preservação de um parque natural, atenta-se a uma condição específica que ocorreu no Parque Natural de Montesinho. Em princípio, desde os anos 70, do século XX, a cidade de Bragança vivia um grave problema estrutural de abastecimento de água. Pensou-se então em construir um local que armazenasse água suficiente de boa qualidade, e que apresentasse baixo custo de transporte e tratamento [1].

Por isso, no ano de 1978, a Câmara Municipal em colaboração com o Governo Central por meio da Direção Geral dos Recursos Naturais, iniciou os estudos para o reforço do abastecimento de água à Bragança, a partir do sistema montanhoso situado ao Norte (Serra de Montesinho), estudos designados de Aproveitamento Hidráulico do Alto Sabor, que incluíam a construção de duas barragens (Serra Serrada e Veiguiñas) [2].

Somente no ano de 1988, as obras foram iniciadas com a construção da barragem de Serra Serrada. Não existem documentos e projetos das vias de comunicação existentes no local, caso comum em EBVT ou estradas não pavimentadas, não serem projetadas. Com a construção das barragens, que se encerraram em 2015, muitos veículos pesados passaram a circular pelo local e afetaram a superfície da estrada. Do ponto de vista do usuário, o estado da superfície do pavimento é o mais importante, pois as degradações ou irregularidades nessa superfície são percebidos uma vez que afetam seu conforto [3].

Na Figura 1, como referência, é mostrado a região onde a estrada se encontra, em um parque natural, denominado Parque Natural de Montesinho.



Figura 1. Parque Natural de Montesinho.

Fonte: [4]

Portanto, esta dissertação propõe melhorias sustentáveis de uma estrada de baixo volume de tráfego não pavimentada, para averiguar as características geotécnicas locais e utilizar metodologias de avaliação específicas para que assim, conseqüentemente, ajude a valorização do Parque Nacional de Montesinho, sem descaracterizar o habitat e preservando as características do local.

## **1.2. Objetivos**

O principal objetivo deste trabalho é apresentar soluções de recuperação de uma estrada não pavimentada e ações de manutenção para contínuo desempenho da mesma.

Estas soluções são obtidas por meio de dois tipos de avaliações, a funcional e estrutural, que fornecerão parâmetros para dimensionamento e reabilitação da estrada. Para avaliação funcional um método é apresentado com base em dois autores. Na avaliação estrutural é realizada com os ensaios de granulometria, Proctor normal, CBR, carga em placa, PDL, célula radioativa (gamadensímetro) e CBR *in situ*. Para tais propostas, os manuais e normas referentes à estrada não pavimentada são utilizados.

Portanto, os objetivos específicos são:

- Aplicar uma metodologia de avaliação funcional de estradas não pavimentadas;
- Realizar ensaios geotécnicos na estrada em estudo;
- Propor a melhoria das condições da estrada por meio do dimensionamento uma estrada não pavimentada;
- Recomendar manutenções.

## **1.3. Organização do trabalho**

Esta dissertação está organizada em cinco capítulos e nove apêndices.

Neste Capítulo 1 descreve-se o tema da pesquisa e a motivação, os objetivos pretendidos, e por fim é apresentada a organização do documento.

No Capítulo 2 é apresentado o estado da arte, expondo alguns dos principais estudos relacionados ao tema de interesse e uma síntese do conhecimento relativo às características gerais das estradas com baixo volume de tráfego, mais especificadamente sobre não pavimentadas. Apresenta-se a composição e estrutura dessas estradas, descrevendo suas características das ações e refere-se a metodologia de dimensionamento

de estradas não pavimentadas. São ainda, particularmente descritos os métodos de avaliação funcional, os tipos de degradação de estradas não pavimentadas, avaliação estrutural e quais ensaios são utilizados para devida caracterização da estrada. Por fim, são apresentadas algumas formas de manutenção e reabilitação de EBVT não pavimentada, sendo abordadas as técnicas disponíveis para corrigir os tipos de degradação manifestados nestas estradas.

O Capítulo 3 centra-se no plano de trabalho a se desenvolver para atingir os objetivos estipulados no Capítulo 1. Apresenta-se o local de estudo e um método de avaliação funcional para estradas não pavimentadas. Para avaliação estrutural, é descrito um critério de seleção de pontos para recolha das amostras de solo, bem como os ensaios de caracterização geotécnica.

O Capítulo 4 é dedicado à apresentação e análise dos resultados referentes ao Capítulo 3, sendo abordado os tipos de anomalias existentes no caso em estudo, resultados dos ensaios como classificação do solo da estrada, resistência, massa específica, grau de compactação, entre outros. Além de propor um dimensionamento da estrada não pavimentada em estudo e realizar correlações entre ensaios *in situ* e laboratoriais.

O Capítulo 5 tem como propósito a sistematização do conhecimento gerado durante a pesquisa, suas conclusões e sugestões para trabalhos futuros.

Este capítulo apresenta o estado da arte, expondo alguns dos principais estudos relacionados com o tema de interesse, e uma síntese do conhecimento relativo às características gerais das estradas com baixo volume de tráfego, mais especificadamente sobre não pavimentadas. Por fim, as estratégias utilizadas para manutenção e reabilitação são apresentadas.

### **2.1. Abordagem geral**

Nesta seção são referidos alguns trabalhos relacionados com o tema desta dissertação. Consta-se na maioria dos trabalhos que a abordagem às EBVT baseia-se sempre na caracterização geotécnica de pavimentos, avaliações de desempenho, e manuais/normas aos quais desenvolveram-se métodos de dimensionamento, avaliação, execução e manutenção e reabilitação direcionadas para estradas de baixo volume de tráfego e estradas não pavimentadas.

Beckemeyer [5], em 1995, desenvolveu um guia sobre a condição superficial de estradas rurais. O qual objetiva fornecer um meio consistente de avaliar as condições das estradas rurais não pavimentadas. O guia inclui uma metodologia de classificação de condição subjetiva fácil de usar, pois apresenta ilustrações e medidas para cada nível de degradações, que define as classificações de condições de pavimentação.

Em 1999, Alzubaidi [6], elaborou um relatório que descreve sobre a operação e manutenção de estradas em cascalho, aborda os principais fatores que causam a degradação de estradas de cascalho, os requisitos técnicos de estradas de cascalho suecos, fatores que influenciam a operação e manutenção destas estradas, métodos de operação e manutenção, avaliação de condições e planejamento.

*Massachussets Unpaved Roads* [7] desenvolveu em 2001 um manual que tem o objetivo de orientar e ajudar os agentes de estrada a ganhar melhor compreensão dos aspectos que uma estrada pavimentada deve possuir além de conhecer as degradações típicas das estradas e como fazer a correta manutenção das mesmas. Para fazer isso, este manual apresenta diretrizes sobre as Melhores Práticas de Gerenciamento (BMPs), refere-se à melhoria da qualidade das estradas não pavimentadas.

Ferreira [8], em 2004, realizou um estudo comparativo teórico e de campo de métodos de avaliação das condições superficiais de estradas não pavimentadas. Os métodos analisados e aplicados em campo foram: GPM - *Gravel Paser Manual*, com metodologia subjetiva; URCI - *Unsurfaced Road Condition Index*; RSMS - *Road Surface Management System*; ERCI - *Earth Road Condition Index* e o RCS/DVI - *Road Condition Survey/Detailed Visual Inspection*, com metodologia objetiva. As análises teóricas de sensibilidade dos métodos relacionaram as classificações da superfície da estrada, determinadas em função das situações dos níveis de severidade e densidade das degradações avaliadas, com um estudo de caso. Concluiu-se que os métodos de avaliação apresentam metodologias diferentes e consistentes, mas não apresentam totalização de parâmetros para a gerência de manutenção e conservação da rede rodoviária não pavimentada brasileira.

Machado [9], em 2005, realizou caracterização dos solos de uma estrada florestal por meio de ensaios geotécnicos, obedecendo às recomendações da norma brasileira vigente. Os ensaios geotécnicos executados foram análise granulométrica conjunta, massa específica, limites de Atterberg, ensaio de compactação e CBR.

No ano de 2009, Alves [10], efetuou a caracterização geotécnica de três das principais estradas rurais do município de Bauru, São Paulo. O método utilizado para caracterizar as estradas escolhidas neste trabalho foi realizado em duas etapas: inspeção visual-técnica e ensaios de laboratório (massa específica, granulometria, mini-CBR, Proctor normal).

Em 2011, Silvia *et al.* [11], avaliaram o subleito de rodovias vicinais de baixo volume de tráfego pertencente a Viçosa (Brasil), por meio de ensaios geotécnicos e da classificação MCT (Miniatura, Compactado, Tropical). Os ensaios geotécnicos utilizados foram feitos no laboratório, as amostras deformadas foram testadas por 6 ensaios (granulometria conjunta; limites de Atterberg (liquidez e plasticidade); massa específica dos grãos do solo; compactação e CBR realizados na energia do Proctor normal; compactação Mini-MCT; e perda de massa do corpo-de-prova por imersão em água). O estudo ressaltou a viabilidade técnica do uso de solos locais, preferencialmente aqueles classificados como lateríticos.

O Manual da ERA [12], 2011, destina-se ao uso por profissionais de estradas responsáveis pelo projeto, construção e manutenção de estradas de baixo tráfego não pavimentadas (terra ou cascalho) ou pavimentadas.

Em 2015, Marques [13], construiu e avaliou a qualidade de 4 tipos de EBVT. Os ensaios de avaliação *in situ* foram o *Soil Stiffness Gauge* (SSG), *Ground Penetration Radar* (GPR), Defletómetro de Impacto Portátil (DIP), Defletómetro de Impacto (FWD), gamadensímetro (GD) e Garrafa de Areia (GA). Por meio dos ensaios pode realizar a retro análise com o *software* Bisar 3.0 para controlo de qualidade de pavimentos, para verificação do cumprimento dos valores necessários, para a construção da estrada, concluindo ser importante acompanhar a evolução dos módulos de deformabilidade e as deflexões do pavimento quando sujeito a cargas transmitidas pelo tráfego.

Também em 2015, *U.S. Department of Transportation* [14] desenvolveu um manual com ênfase na manutenção de estradas de cascalho, incluindo alguns elementos básicos de construção destas estradas.

Emmert & Perreira [15], em 2016, realizaram um estudo de caracterização geotécnica e a classificação rodoviária para utilização apropriada de diferentes solos locais como materiais de construção de estradas florestais. Os solos foram submetidos a ensaios geotécnicos apropriados para obras rodoviárias, identificando os grupos pertencentes de acordo com as metodologias de classificação TRB (*Transportation Research Board*) e MCT (Miniatura, Compactado, Tropical).

Em 2016 também, Martins [16], avaliou vários parâmetros, como a qualidade estrutural e funcional, e a análise econômica de dois tipos de reabilitação. Por meio dos ensaios de avaliação da capacidade de carga com deflectómetro de impacto (FWD), observação visual de degradações, análise do tráfego e análise de seções homogêneas (método das diferenças acumuladas – AASHTO), para abertura de poços, foi possível fazer um estudo específico de dimensionamento da reabilitação de pavimentos de estradas de baixo volume de tráfego para o caso em estudo.

No ano de 2017, Quevedo & Tapahuasco [17], propuseram estudar solos locais para fins de manutenção e construção de estradas de terra como revestimento primário. Para caracterização geotécnica, os ensaios de análise de granulometria, limites de liquidez e plasticidade, realizados segundo as normas brasileiras, foram executados e depois as

amostras deformadas foram classificadas segundo 3 metodologias SUCS (Sistema Unificado de Classificação de Solos), TRB e MCT-Expedito (solos tropicais). Por meio das classificações, puderam analisar sob a perspectiva da Especificações de Serviços Rodoviários de São Paulo e do *Guide for Mechanistic-Empirical Design of New and Rehabilitated Pavement Structures* (NCHRP) se as amostras analisadas podem ou não ser aplicadas para camadas de revestimento primário.

## **2.2. Estradas de baixo volume de tráfego**

As estradas não têm uma classificação universal. Portanto, alguns países têm seus próprios manuais, guias, normas referentes à classificação, e também caracterização, composição, técnicas de construção entre outros elementos relacionados à pavimentação, de modo a obedecer melhor as próprias necessidades locais.

As estradas de baixo volume são definidas como as estradas pelas quais circula um baixo volume de Tráfego Médio Diário Anual (TMDA). Cada país possui valores definidos para tal classificação [18].

Para Jorge [19], são consideradas EBVT, as estradas que apresentem um TMDA menor que 400 veículos por dia (baixa utilização), apresentando, em geral, baixas velocidades, menores que 80 km/h. Este tipo de estradas integra normalmente a rede de estradas rurais.

Entre as EBVT convencionais estão incluídas as estradas não pavimentadas, que são normalmente as estradas de terra ou revestidas em cascalho. Estas estradas constituem uma forma barata e básica de acesso às comunidades rurais para o tráfego não motorizado e motorizado. Em muitos casos, estas estradas são normalmente a primeira etapa na construção de uma estrada mais durável e podem ser “não formadas” ou “formadas” como geralmente definidas abaixo [12]:

Estradas não formadas: são estradas “não projetadas” que normalmente consistem em uma trilha que é limpa de vegetação, mas sobre o qual não é executada nenhuma terraplenagem significativa. Normalmente, nestes casos, existe uma drenagem mínima.

Estradas formadas: estas são estradas “projetadas” que são constituídas tipicamente pelo material escavado *in situ* (subleito) nas proximidades do alinhamento, que é moldado para formar uma seção transversal que geralmente é elevada acima do

nível do solo existente e inclui drenagem lateral (Figura 2). Com manutenções adequadas, garante-se um bom desempenho quando estas estradas são construídas por materiais de qualidade adequada, nivelados na compactação com uma seção transversal adequada (5-8%), de forma a garantir boa drenagem.

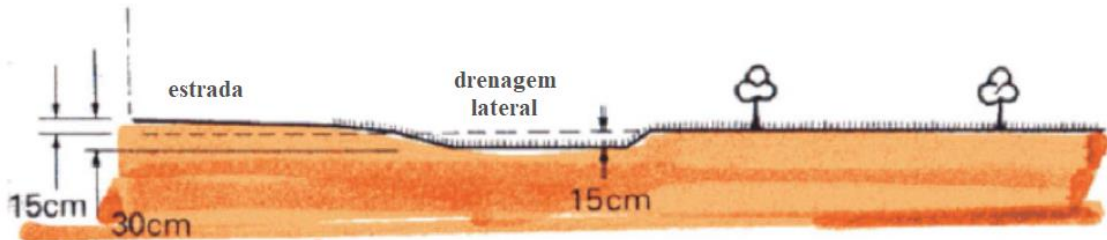


Figura 2. Estradas não pavimentadas projetadas.

Fonte: adaptado [12]

Relativo a composição e estrutura, as EBVT apresentam estruturas de pavimento bem simples, geralmente possuindo camada de revestimento. A Figura 3, mostra uma estrutura mais completa de um pavimento de baixo volume de tráfego.

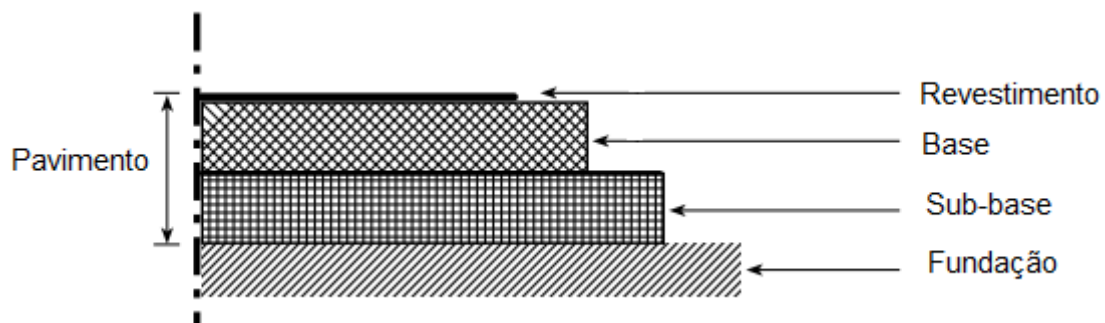


Figura 3. Principais componentes de uma EBVT.

Fonte: adaptado [20]

Como cita MTPW [20], SATCC [21], cada camada do pavimento desenvolve uma função:

- Revestimento: garante uma superfície regular, segura, econômica e durável para todas as condições climáticas; minimiza os custos de operação e manutenção do veículo; reduz a infiltração de água no pavimento; reduz a poeira, resistência à derrapagem e textura da superfície; entre outras. Em estradas não pavimentadas esta camada não é adicionada.

- Base: garante a maior parte da capacidade estrutural; minimiza as mudanças na resistência ao longo do tempo por ter relativamente baixa suscetibilidade à umidade; reduz a entrada de umidade no pavimento por ter propriedades adequadas de encolhimento e fadiga.
- Sub-base: garante uma plataforma estável para a construção da base e revestimento; auxilia no fornecimento de espessura adequada do pavimento para que as deformações no subleito (fundação) sejam mantidas dentro de limites aceitáveis.
- Fundação (ou subleito): refere-se ao material natural local durante toda extensão da estrada e serve como suporte para demais camadas.

De forma resumida a principal função da base e sub-base é garantir camadas com espessura suficiente, sobre a fundação, níveis de tensão e de deformação induzidas pelas cargas das rodas, de tal modo que não ocorra ruína por corte na fundação. A principal função do revestimento é manter o pavimento seco e protegido da água [19]. Assim, as estradas não pavimentadas exigem ações de conservação repetidas no tempo, envolvendo uma redobrada atenção sobre os aspectos de drenagem.

Para estradas de baixo volume, normalmente, os materiais envolvidos apresentam características mais particulares, até de inferior qualidade, do que as estradas de alto volume, ou seja, a aplicação de materiais com menor resistência e durabilidade. Por tal motivo o uso de materiais locais é muito comum para este tipo de pavimento. Como os requisitos são menos exigentes, consegue “melhorar estradas de baixo volume de tráfego sem grande necessidade de alteração do traçado geométrico, tirando partido da resistência *in situ* dos materiais existentes, podendo, assim, ser construído um pavimento a um custo baixo” [19].

- ***Caracterização da camada de fundação***

No manual do ERA [12], são consideradas classe de subleitos (fundação dos pavimentos) segundo o *California Bearing Ratio* (CBR), como mostra a Tabela 1.

Tabela 1. Classe do subleito.

<b>Classe subleito</b>	S2	S3	S4	S5	S6
<b>CBR (%)</b>	3-4	5-8	9-14	15-29	30+

Fonte: adaptado [12]

O manual ERA [12] acrescenta que para CBR abaixo de 3% seria inapropriado para colocar um pavimento em solos de tal capacidade de carga, sendo necessário tratamento especial. O uso de solos Classe S2, como suporte direto para o pavimento, deve ser evitado tanto quanto possível. Onde quer que tais solos, relativamente pobres viáveis deve ser escavado e substituído, ou coberto com um sub-base melhorado. Classe S6 cumprem os requisitos de plasticidade para o sub-base natural. Em tais casos, nenhuma sub-base é necessária.

Para as camadas superficiais em solo ou material granular, segundo Jorge [19], geralmente, devem possuir um CBR mínimo de 15% para garantir uma superfície que permite a circulação de tráfego leve durante um ano.

- ***Características das ações***

As estradas em geral são submetidas a duas ações principais: do tráfego e do clima. E, portanto, é de grande importância o entendimento sobre as mesmas.

O uso de dados de tráfego varia consoante seja usado para design geométrico ou design estrutural de pavimento. O crescimento do tráfego deve ser levado em consideração no processo de concepção [12]. Embora os estudos recentes indiquem que a influência relativa do tráfego nas EBVT é muitas vezes menor do que a de outros parâmetros do ambiente rodoviário, ainda necessita de ser considerada a influência do tráfego e, em particular, o risco de sobrecarga por tipo de eixo em estradas com pavimentos delgados. Mesmo assim, o tráfego tem uma influência no desempenho das superfícies não revestidas [19] e por isso deve ser considerado.

Em Portugal, o MACOPAV [22] define classes de tráfego de T0 a T7, destas 8 classes a T7 equivale a menos que 50 veículos pesados por dia e por sentido. Devido ao baixo fluxo do tráfego, o manual indica que precisa de um estudo mais específico, necessitando o uso de outros manuais, normas, referências para melhor execução. Entretanto é muito relativo a classificação das estradas, pois no Manual da ERA [12], estradas de baixo volume são definidas como as estradas que transportam até cerca de 300 veículos pesados por dia.

Quando o clima local desempenha um papel relevante na determinação do teor de umidade *in situ* das várias camadas do pavimento. As condições climáticas devem ser levadas em consideração, influenciando a seleção de opções de pavimento, ou seja,

estudar parâmetros de projeto em condições úmidas ou secas, pois “o desempenho de uma superfície de terra batida, por exemplo, é particularmente influenciado pela quantidade e intensidade de precipitação, bem como pelo regime de escoamento” [12].

Portanto, o clima contribui para a aceleração da degradação do pavimento, uma vez que a água da chuva pode provocar queda de capacidade de suporte. Como consequência, a estrutura ao ser solicitada pelo tráfego sofre maiores deslocamentos, provocando maiores danos estruturais e de superfície [3].

### 2.3. Dimensionamento de EBVT não pavimentada – Manual do ERA

As normas relativas a estradas utilizam métodos de dimensionamento de pavimentos que considera comportamentos elástico-lineares dos materiais que constituem os pavimentos, resultando em bons resultados para pavimentos betuminosos. Estes métodos não são eficazes para estradas não pavimentadas, que em sua maioria são constituídas de solo ou cascalhos [19].

Manuais como MTPW [20] e SATCC [21] apresentam métodos de dimensionamento de EBVT, mas direcionam para o Manual da ERA [12] quando se trata de estradas não pavimentadas, o qual apresenta um método por tabelas para dimensionamento deste tipo de estradas.

Sendo assim, apresenta-se a seguir o método de dimensionamento EBVT não pavimentada, denominada *DCP-CBR Method for the Design of Minor Gravel Roads*.

Como em todo dimensionamento, começam-se com a definição do tráfego solicitante, ou seja, com o número de veículos e tipo que circularão no local da estrada durante um determinado tempo. No ERA [12], é determinado este número como mostra a Figura 4. O período de dimensionamento de uma estrada não pavimentada é de 10 anos.

As Classes de Tráfego são divididas em 5 como apresenta a Tabela 2.

Tabela 2. Classe de tráfego.

	<b>LV1</b>	<b>LV2</b>	<b>LV3</b>	<b>LV4</b>	<b>LV5</b>
<b>Tráfego (ESA x 10<sup>6</sup>)</b>	< 0,01	0,01 – 0,1	0,1 – 0,3	0,3 – 0,5	0,5 – 1,0

Fonte: adaptado [12]

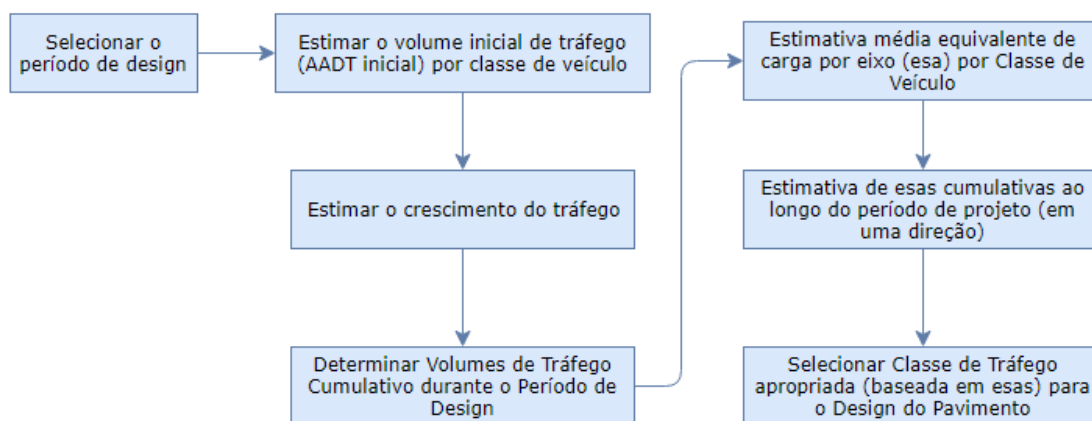


Figura 4. Processos para estimar classe de tráfego do pavimento.

Fonte: adaptado [12]

Em seguida é avaliada e classificada a fundação. O objetivo da avaliação do subleito é estimar o suporte que o subleito fornecerá ao pavimento durante sua vida útil. Se o solo for pobre, podem melhorar com camadas de subleito que conduzam a uma capacidade de suporte melhor. A decisão de considerar ou não o uso de uma camada melhorada de subleito dependerá, em geral, dos respectivos custos da sub-base e dos materiais aprimorados de subleito [12].

Além disto, quando encontram-se “Solos Problemáticos” ou “Solos Pobres”, normalmente se exige tratamento especial antes da aceitação na fundação do pavimento. Esta categoria de solos inclui [12]: argilas expansivas; areias desmontáveis; solos dispersivos; solos salinos; solos micáceos e solos de baixa resistência.

A qualidade do material a ser utilizado, tem que ser avaliada. Se existirem apenas cascalho muito pobre, devem ponderar a opção de mistura com outro cascalho ou solo, por forma a melhorar suas propriedades pode ser uma opção [12].

Para determinar a espessura da base de cascalho que é necessária, para evitar tensões excessivas de compressão no subleito, devem ser utilizadas as Tabelas 3, 4 ou 5. Ou seja, para além da camada melhorada de subleito, deve ser também adotada uma camada de base, diminuir tensões na fundação e pelo fato de no caso de estradas não pavimentadas (terra/cascalho), também ser a camada que está em contato direto com os veículos.

Tabela 3. Espessura da base de cascalho (mm) - Cascalho forte (G45)

Classe de resistência do subleito CBR (%)	Classe de Tráfego				
	LV1 (<0,01)	LV2 (0,01-0,1)	LV3 (0,1-0,3)	LV4 (0,3-0,5)	LV5 (0,5-1,0)
<b>S2 (3-4)</b>	175	225	250	300	350
<b>S3 (5-7)</b>	150	200	225	250	300
<b>S4 (8-14)</b>	100	150	200	200	250
<b>S5 (15-29)</b>	100	125	150	175	200

Fonte: adaptado [12]

Tabela 4. Espessura da base de cascalho (mm) - Cascalho médio (G30)

Classe de resistência do subleito CBR (%)	Classe de Tráfego				
	LV1 (<0,01)	LV2 (0,01-0,1)	LV3 (0,1-0,3)	LV4 (0,3-0,5)	LV5 (0,5-1,0)
<b>S2 (3-4)</b>	175	250	290	325	370
<b>S3 (5-7)</b>	150	200	250	275	325
<b>S4 (8-14)</b>	125	175	200	220	275
<b>S5 (15-29)</b>	100	100	150	175	200

Fonte: adaptado [12]

Tabela 5. Espessura da base de cascalho (mm) - Cascalho fraco (G15)

Classe de resistência do subleito CBR (%)	Classe de Tráfego				
	LV1 (<0,01)	LV2 (0,01-0,1)	LV3 (0,1-0,3)	LV4 (0,3-0,5)	LV5 (0,5-1,0)
<b>S2 (3-4)</b>	225	325	375	NA	NA
<b>S3 (5-7)</b>	200	250	325	350	NA
<b>S4 (8-14)</b>	150	225	275	300	NA
<b>S5 (15-29)</b>	150	150	200	200	NA

Fonte: adaptado [12]

O tipo de base G45 e G30 são cascalhos naturais que apresentam valores de CBR de 45% e 30%, respectivamente. Enquanto o G15 é um solo/brita que possui um CBR de 15%.

A determinação da espessura da camada de desgaste depende da perda anual de cascalho e do número de anos entre as operações de recompor o material. A perda de cascalho anual prevista é mostrada na Tabela 6.

Tabela 6. Perda típica de cascalho

<b>Zona de Qualidade do Material (1)</b>	<b>Qualidade do material</b>	<b>Perda típica de cascalho (mm/ano/100 vpd)</b>
Zona A	Satisfatório	20
Zona B	Pobre	45
Zona C	Pobre	45
Zona D	Marginal	30
Zona E	Boa	10

Fonte: adaptado [12]

As características dos materiais em cada zona são apresentadas na Tabela 7.

Tabela 7. Características das Zonas.

<b>Zona A</b>	Os materiais nessa área geralmente têm um desempenho satisfatório, mas são finamente classificados e particularmente propensos à erosão. Eles devem ser evitados, se possível, especialmente em terrenos íngremes e seções com grandes quedas e superelevações. Estradas construídas a partir desses materiais exigem manutenção periódica e intensiva de mão-de-obra em curtos comprimentos e têm altas perdas de cascalho devido à erosão.
<b>Zona B</b>	Estes materiais geralmente não possuem coesão e são altamente suscetíveis à formação de material solto e ondulações. A manutenção regular é necessária se esses materiais forem usados e a rugosidade da estrada for restrita a níveis razoáveis.
<b>Zona C</b>	Os materiais nessa zona geralmente compreendem cascalhos finos, com ranhuras, sem coesão adequada, resultando na produção de material solto.
<b>Zona D</b>	Materiais com um produto de encolhimento superior a 365 tendem a ficar escorregadios quando molhados.
<b>Zona E</b>	Os materiais nesta zona funcionam bem em geral, desde que o material sobre dimensionado esteja restrito aos limites recomendados.

Fonte: adaptado [12]

As taxas de perda de cascalho superficiais (camada de base/revestimento) aumentam significativamente em gradientes maiores que 6% e em áreas de chuvas intensas. Recompôr o material deve ocorrer antes que a sub-base seja exposta. A frequência de recomposição, R, está tipicamente no intervalo de 5 à 8 anos. Este valor pode diminuir consideravelmente caso se usem cascalhos de baixa qualidade. A Equação 1 define a frequência de recomposição do material em anos, onde GL é a perda anual de cascalho.

$$\text{Espessura de desgaste} = R * GL \quad (1)$$

#### **2.4. Avaliação do estado das estradas**

A avaliação de estradas do tipo de EBVT consiste na avaliação das condições estruturais e funcionais da estrutura do pavimento. Estes dados são obtidos por meio de procedimentos que melhor se adequem às características do pavimento, complementados com ensaios, tanto *in situ* quanto em laboratório, para que assim se reúnam as condições mínimas para realizar um projeto de manutenção ou reabilitação do pavimento.

A avaliação do estado dos pavimentos das EBVT realiza-se sob dois pontos de vista: avaliação funcional e avaliação estrutural. A avaliação funcional baseia-se em uma avaliação visual, na qual analisa o estado de serviço e desempenho do pavimento, objetivando o conforto e a segurança dos utentes. A avaliação estrutural considera o comportamento mecânico da estrutura do pavimento [23].

Para Benevides [24], as condições funcionais e estruturais de um pavimento devem ser avaliadas por meio de metodologias adequadas para averiguar as patologias que aparecem na superfície do pavimento. Alguns dos fatores que causam estes defeitos são “clima, solicitação do tráfego, características dos materiais e processos construtivos, atuando de forma isolada ou simultânea”. Devido a esses fatores, a degradação ocorre ao longo da vida do mesmo e isso é de grande importância a manutenção, a fim de evitar riscos aos utentes.

#### **2.5. Avaliação Funcional**

A avaliação funcional de um pavimento consiste na apreciação da superfície dos pavimentos e como este estado influencia no conforto ao rolamento [3].

A avaliação funcional dos pavimentos consiste na obtenção de dados pertinentes à degradação superficial (buraco, erosão), profundidade do afundamento, ondulações, etc. A extensão e o tipo de degradação desenvolvido em termos quantitativos também podem ser medidos, além do registro visual da condição da superfície do pavimento [25] ; [26].

Portanto, pode dizer que existem dois métodos de avaliação funcional. A avaliação subjetiva, que tem pessoal treinado para observar o tipo e a gravidade das degradações e condições da estrada. Neste caso, nenhum equipamento físico de medição (régua, nível de mão, a fita de medição) é usado. E a avaliação objetiva, considerada um método visual com medição, tem-se também pessoal treinado para execução das medidas, realizada através do uso de equipamento de medição de base (régua, nível de mão, a fita de medição), para complementar as observações visuais, a fim de determinar o tipo e severidade de condições de estrada e apertos [27].

### 2.5.1. Degradações das estradas não pavimentadas

As ações do tráfego em conjunto ou não com as ações climáticas podem degradar a superfície da estrada se não foram preparados com material adequado e/ou estiver com condições boas de drenagem. Alzubaidi [28] desenvolveu um diagrama esquemático sobre o abordado, como mostra a Figura 5.

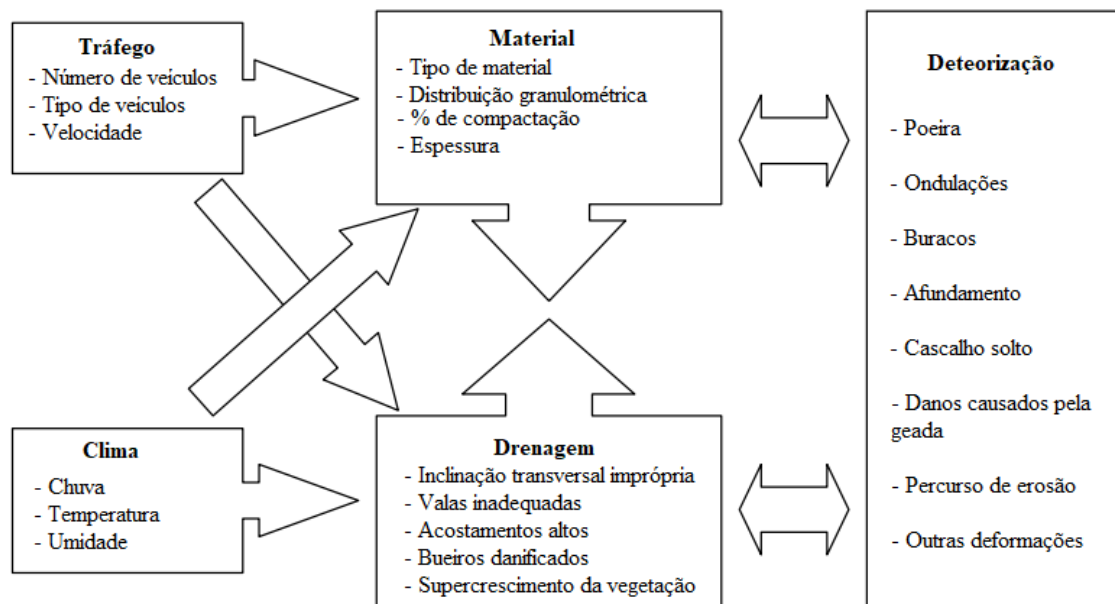


Figura 5. Diagrama esquemático do processo de degradação de estradas não pavimentada.

Fonte: adaptado [28]

- **Capacidade de drenagem insuficiente (geometria incorreta)**

É fundamental construir pavimentos com cerca de 3 a 6% de inclinação transversal e um sistema de drenagem eficaz [19]. Na Figura 6 observa-se exemplos de seções transversais corretas e incorretas.

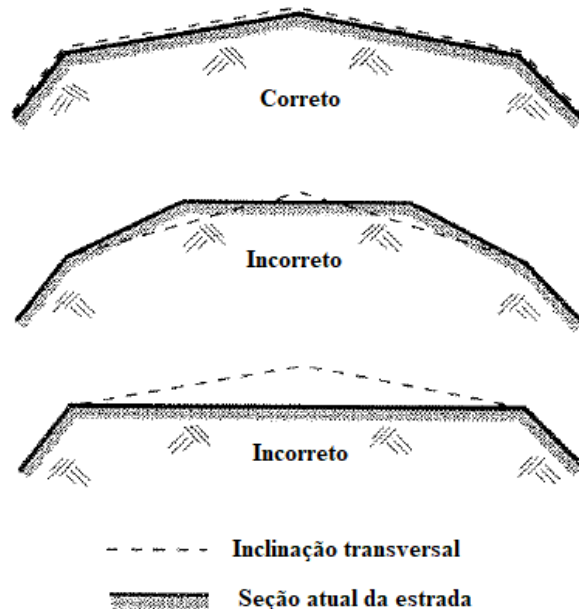


Figura 6. Exemplos de inclinações corretas e incorretas.

Fonte: *Australian Road Research Board* (1993) *apud* [6].

A inclinação serve para que a água por gravidade escoe para as bermas e para a envolvente da estrada. Quanto mais a superfície esteja regular mais rápido a água será drenada para as laterais. Caso a seção não tenha a inclinação adequada, a água não será drenada, causando poças e, em consequência, podendo gerar erosões.

O desgaste reduz a inclinação da estrada. Até certo ponto, o desgaste é devido ao fato de que o material mais fino, em particular, se transforma em poeira e é levado para longe. Parte do material mais grosso também é deslocado pelas rodas dos veículos e é espalhado pelos lados. Se a inclinação for muito reduzida, a água não drenará satisfatoriamente e a estrada, portanto será exposta a outros tipos de danos. A estrada também pode ser deformada por sobrecarga. Se a estrada não tem capacidade de carga suficiente, o tráfego que consiste em veículos muito pesados pode reduzir a inclinação da seção transversal [6].

O desgaste pode gerar em conjunto com o crescimento da vegetação, a obstrução das valas no acostamento da estrada, em adição com a geometria errada da vala. A Figura 7 apresenta a geometria correta de uma estrada para seu bom funcionamento.

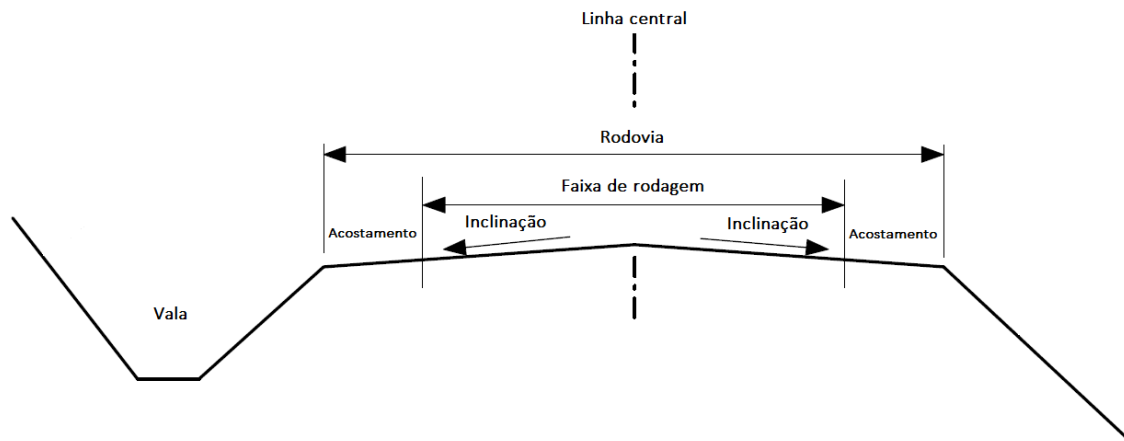


Figura 7. Geometria correta do perfil de uma estrada.

Fonte: [20]

Se isso acontecer, evita-se que a água escoe para a vala e, corra pela estrada. Em declives a água aumenta sua velocidade e pode causar erosão. Se a água permanecer na superfície da estrada, podem formar buracos, pois a umidade de certa forma reduz a capacidade de carga da estrada [6]. Além dos buracos, a água na superfície da estrada pode causar aquaplanagem, podendo causar acidentes graves aos utentes.

- ***Poeira***

A poeira pode criar problemas de segurança e ambientais. O desgaste de cascalho das frações de partículas mais finas é provocado pela corrente de passagem dos veículos. A quantidade de poeira emitida para a atmosfera de estradas de cascalho depende de fatores como velocidade do veículo, número de veículos, composição das camadas da estrada, compactação da estrada, durabilidade do material e clima [28].

- ***Ondulações***

Ondulações são definidas como conjunto de saliências e depressões transversais, perceptíveis no perfil longitudinal da estrada, o que leva a uma circulação desconfortável e a um possível risco de segurança.

Jorge [19] diz que a formação de ondulações consiste em um defeito funcional e que o baixo índice de plasticidade do material, ou até mesmo da falta de compactação contribuem para este dano.

Segundo Alzubaidi [6], uma estrada de cascalho deve consistir de material grosso e fino e não deve, em hipótese alguma, ser arenosa. O agregado é gradualmente decomposto pelo desgaste e a areia é formada. Quando a estrada contém muita areia, é suscetível a ondulações.

A ondulação seca ocorre em uma faixa de rodagem devido ao desgaste de cascalho. Outro tipo citado é a ondulação molhada que ocorre quando a estrada apresenta capacidade de carga insuficiente. Nesse caso, não é a camada superior que é desgastada, mas a subestrutura é deformada em profundidade. Ondulação molhada normalmente ocorre durante ou como consequência do degelo [6].

- ***Buracos***

Os buracos são produzidos quando o material da superfície é desalojado por forças induzidas pelo tráfego. Eles se desenvolvem mais rapidamente quando a água se acumula dentro do buraco. A estrada continua a desintegrar-se devido à perda de material superficial ou à formação de pontos fracos no solo subjacente [28].

- ***Afundamentos de trilho de rodas***

O afundamento é definido como uma depressão no caminho da roda que é paralelo a linha central da estrada, perceptível no perfil transversal da estrada, como mostra a Figura 8.

Se o subleito apresentar uma resistência inadequada, ocorre deformação permanente na estrutura da estrada. Outro modo de ocorrer afundamentos é por meio das deformações plásticas, a carga do tráfego pode compactar o solo nas trilhas de roda e deslocar agregados para os lados. As seguintes são as causas das deformações: composição agregada inadequada; espessura insuficiente; compactação inadequada; drenagem insuficiente, alto teor de finos [6].

Pode dizer que a formação de afundamentos podem causar outros danos ao pavimento, devido a acumulação de água.

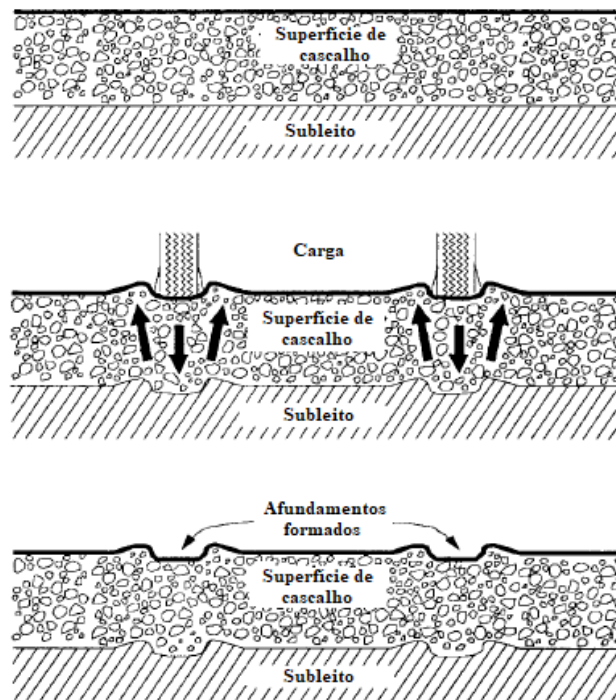


Figura 8. Afundamentos na estrada não pavimentada.  
Fonte: [6]

- ***Cascalho solto***

A perda de agregado fino pode levar a uma quantidade excessiva de cascalho solto na superfície. Sob a influência do tráfego, este cascalho solto pode tender a acumular-se entre os caminhos das rodas e ao longo dos lados da estrada, criando um risco de direção e reduzindo a capacidade de drenagem [28].

- ***Danos causados pela geada***

O gelo pode ocasionar alguns danos ao pavimento. Um deles é que quando a água congela, ela se expande. Esta expansão cobre todos os vazios presentes no solo evitando assim que a drenagem ocorra. Como especificado anteriormente, a acumulação de água a superfície causa danos como buracos, aquaplanagem, entre outros. Outra causa consiste na formação de camadas de gelo, o gelo é um material liso, que pode gerar derrapagens e causar acidentes graves.

Em casos normais, isto não tem consequências graves se as valas e bueiros estiverem em boas condições e o tráfego pesado puder ser mantido fora da estrada até que esteja seco [6]. Se continuar ocorrendo tráfego no local, podem formar afundamentos devido ao derretimento do gelo que abaixa a resistência, formando poças de água e

reduzindo a drenagem. Outro dano com o degelo é que quando muita água é liberada, a estrada perde capacidade de carga e ocorre erosão [28].

### 2.5.2. Método da AASHTO

O método de avaliação, desenvolvido pela AASHTO, é um dos métodos estabelecidos para a avaliação funcional subjetiva para um dado trecho de pavimento. O valor de serventia atual é uma atribuição numérica compreendida em uma escala de 0 a 5 (Tabela 8), dada pela média de notas de avaliadores para o conforto ao rolamento de um veículo trafegando em um determinado trecho, em um dado momento da vida do pavimento [3]; [26].

Tabela 8. Avaliação de serventia.

<b>Conceitos</b>	<b>Limites</b>
Excelente	4 a 5
Bom	3 a 4
Regular	2 a 3
Ruim	1 a 2
Péssimo	0 a 1

Fonte: adaptado [26]

### 2.5.3. Método do Índice de Gravidade Global (IGG)

O método objetivo é descrito na norma brasileira DNIT 006/2003-PRO [29] e descreve como fazer inventário e classificar as ocorrências aparentes e deformações permanentes nas trilhas de roda (com régua), apresentando a sistemática de cálculo de um índice combinado de falhas, o Índice de Gravidade Global (IGG), similar ao método de serventia, como mostra a Tabela 9.

Tabela 9. Índice de Gravidade Global.

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

Fonte: adaptado [29]

Este índice é calculado por meio da Equação 2.

$$IGG = \Sigma IGI \quad (2)$$

onde, IGI é o Índice de Gravidade Individual, definido na Equação 3.

$$IGI = f_p \cdot f_r \quad (3)$$

onde,  $f_p$  é o fator de ponderação de danos, disponibilizado na norma DNIT 006/2003-PRO [29], e  $f_r$  é a frequência relativa, isto é, o número de vezes que o dano foi verificado em relação ao total de estações. A frequência relativa é definida a partir da Equação 4.

$$f_r = \frac{f_a \cdot 100}{n} \quad (4)$$

onde,  $f_a$  é a frequência absoluta, a qual corresponde ao número de vezes que o dano foi verificado e  $n$  é o número de estações inventariadas.

#### ***2.5.4. Método de avaliação superficial de estradas com revestimento de cascalho***

Beckemeyer [5] desenvolveu um método de avaliar a superfície da estrada baseado na porcentagem ao longo da mesma, das anomalias mais comumente encontradas como descrito no Item 2.5.1.

Neste método quanto menos degradações existirem, melhor se apresenta a superfície da estrada. Para cada irregularidade existe uma pontuação e com esta pontuação pode determinar como se encontra o estado da superfície da estrada como um todo, como mostra a Tabela 10.

Tabela 10. Classificação do estado da superfície da estrada não pavimentada.

<b>Classificação</b>	<b>Estado da estrada</b>
<b>100 a 81</b>	A superfície da estrada está em excelentes condições com boa capacidade de circulação de veículos. A estrada tem uma boa espessura de cascalho e excelente drenagem. A única dificuldade que normalmente está presente é a poeira em condições secas.
<b>80 a 61</b>	A estrada tem uma espessura adequada de cascalho, uma boa coroa de pavimento e boas características de drenagem. As degradações que podem estar presentes incluem agregado solto de gravidade média e corrugações de baixa gravidade. Alguns ligeiros afundamentos (<25 mm) podem existir em algumas áreas durante o tempo úmido.
<b>60 a 41</b>	O pavimento tem uma boa inclinação (75 a 150 mm). As valas primárias estão presentes em mais de 50% da estrada. As valas secundárias são evidentes ao longo da linha do acostamento, sendo necessária alguma limpeza no bueiro. A camada de cascalho é adequada, mas o agregado adicional é necessário em áreas isoladas. As corrugações são moderadas (25 a 50 mm de profundidade) existe em 10 a 25% da área, e o afundamento é moderado (25 a 50 mm) e ocorre em clima úmido. Pequenos buracos ocasionais (<50 mm de profundidade) e alguns agregados soltos estão presentes.
<b>40 a 21</b>	Viajar a velocidades lentas é necessário. Há pouca ou nenhuma inclinação na estrada, afundamento moderado a severo, agregado solto severo e buracos moderados. Até 25% da rodovia tem pouco ou nenhum agregado. Mais de 50% das valas são inadequadas, valas secundárias existem ao longo da maior parte da estrada e as galerias/bueiros estão parcialmente cheias de detritos.
<b>20 a 0</b>	Viajar na estrada é muito difícil. Não há superfície adequada da estrada ou a estrada é tem muitos buracos com extensas poças de água. Estradas e buracos severos existem em mais de 25% da rodovia, e muitas áreas (mais de 25%) têm pouco ou nenhum agregado. Há poucas valas primárias, e valas secundárias são evidentes ao longo da maior parte da estrada. Os bueiros estão danificados ou cheios de detritos.

Fonte: adaptado [5]

### **2.5.5. Método do Índice de Irregularidade Internacional (IRI)**

A irregularidade longitudinal é o somatório dos desvios da superfície de um pavimento em relação a um plano de referência ideal de projeto geométrico que afeta a dinâmica do veículo, o efeito dinâmico das cargas, a qualidade ao rolamento e a drenagem superficial da via. E um meio de avalia-la é pelo IRI - Índice de Irregularidade Internacional (*International Roughness Index*), um método objetivo, que quantifica os desvios da superfície do pavimento em relação à de projeto (expresso em m/km) [24]; [3].

### **2.5.6. Considerações finais**

Para Cabette *et al.* [30] e Alzubaidi & Magnusson [28], a avaliação da condição da estrada tem sido o método tradicional de inspeção, mas esta forma não especifica e fornece parâmetros para constatar as causas das patologias que podem conter nas vias, necessitando de estudos mais aprofundados. É desejável que as estradas devam ser avaliadas objetivamente a fim de eliminar fatores humanos e também para fornecer informações confiáveis para futuras pesquisas.

Resultados de avaliação funcional podem ser utilizados para priorizar a necessidade de diferentes atividades de manutenção, mas não disponibiliza parâmetros para eliminar a causa principal do dano.

## **2.6. Avaliação Estrutural**

O levantamento da condição estrutural do pavimento fornece informações quanto ao estado estrutural da estrada e o grau de reabilitação, permitindo a seleção e dimensionamento da mais adequada alternativa de reabilitação [26].

A avaliação estrutural contribui para que os trabalhos possam prosseguir de forma segura, sendo útil dispor de equipamentos de fácil utilização, que permitam obter resultados de forma mais rápida. É importante conhecer as características dos materiais e a sua qualidade, tanto do solo de fundação como das camadas constituintes dos pavimentos [13].

### **2.6.1. Ensaios laboratoriais**

Nos ensaios realizados em laboratório são necessários a extração *in situ*, por meio de poços de sondagens para a determinação de características físicas dos materiais. Podem ser identificados índices e parâmetros tais como: limites de Atterberg, granulometria, teor de umidade, tipo de material, capacidade de suporte, módulo de resiliência e outros [23].

- **Granulometria**

A análise granulométrica é realizada utilizando métodos e equipamentos simples, principalmente peneiramento e sedimentação.

Um grande número de métodos padrão para análise granulométrica está disponível. Muitos foram publicados por órgãos responsáveis pelas normas nacionais, por exemplo, AFNOR (*Association Francaise de Normalisation - Paris*) em 1983; DIN

(*Deutsches Institut für Normung - Berlin*) nos anos 1983 e 1996; BSI (*British Standards Institution - London*) nos anos de 1990 e 1998. Alguns autores/órgãos também foram importantes para desenvolvimento dos métodos como Klute em 1986, Head em 1992, Carter em 1993, USDA (*United States Department of Agriculture*) em 1996; ASTM (*American Society for Testing and Materials - Philadelphia*) em 1998 e outros pelo ISO (*International Standards Organisation - Geneva*) no ano de 1998 [31].

A análise granulométrica avalia por meio de ensaios a determinação geométrica dos agregados. Portanto, desta análise é possível designar a classificação dos solos, mediante a classificação unificada dos solos, a qual foi desenvolvida nos Estados Unidos da América e é descrita pela norma ASTM D 2487 [32] e também a classificação de solos para fins rodoviários, a classificação HRB (Highway Research Board) [33] e norma portuguesa LNEC E 240 [34], entre outras.

- ***CBR (California Bearing Ratio) e Proctor***

De acordo com Decký *et al.* [35] o ensaio de CBR é um dos testes de laboratório mais usados da qualidade das estruturas de terra. Este método determina o valor de CBR do subleito do pavimento, sub-base e materiais de amostras compactadas em laboratório. O ensaio destina a avaliar a resistência de materiais [36].

O ensaio Proctor fornece um método padronizado para determinar a umidade ótima de compactação, contendo uma quantidade de água no solo sob um valor constante de energia de compactação. Ou seja, pode determinar o teor ótimo de água, relativo a quantidade de água necessária para produzir uma densidade seca máxima [37].

Para realização do ensaio de CBR, faz-se primeiro o ensaio de Proctor para determinar o teor ótimo de umidade de compactação de um solo, pois a capacidade de suporte, realizada pelo CBR, é medida sob condições controladas de umidade e densidade.

### ***2.6.2. Ensaios em campo (in situ)***

A partir da avaliação por meio de ensaios na superfície do pavimento, pode compreender o comportamento estrutural das camadas do pavimento quando submetido a um carregamento conhecido. Uma das vantagens desta avaliação é a medição da

resposta real da estrutura ao carregamento aplicado, sem que os materiais tenham suas características alteradas pelos danos causados na retirada de amostras [3].

- ***Penetrômetro dinâmico ligeiro (PDL)***

Esse ensaio determina a resistência dos solos *in situ* à penetração dinâmica de uma ponta cônica. Se define a resistência à penetração com o número de golpes necessários para fincar a ponta cônica até um determinado comprimento.

Os resultados desse ensaio são adequados para a determinação qualitativa do perfil de um solo em conjunto com investigações diretas, como uma comparação relativa a outros testes *in situ*. São usados também para a determinação das propriedades de resistência e deformação de solos. Os resultados também podem ser usados para determinar a profundidade de camadas de solo muito densas [38].

- ***Controle da compactação com gamadensímetro***

Uma fase essencial de uma obra de pavimentação para obter uma superfície plana é a compactação, sendo necessário conhecimento do teor ótimo de água e conhecer as propriedades mecânicas do solo. Atualmente o controle da compactação é realizado com equipamentos baseados na radioatividade, que permitem estimar os parâmetros referidos de forma extremamente rápida e cómoda [39].

O ensaio de controle da compactação com célula radioativa determina *in situ* a densidade do solo e das rochas. O equipamento possui uma fonte radioativa e um receptor-contador. As emissões radioativas permitem avaliar o peso volúmico do solo e determinar o teor em água [40].

- ***Ensaio de carga em placa (CP)***

Segundo Fernandes [40], “o ensaio de carga em placa é especialmente apropriado para caracterização da deformabilidade de maciços naturais ou de aterros com calhaus ou pedras (partículas de grandes dimensões)”, isto porque, o módulo de deformabilidade (EV2) é resultante da capacidade de carga e da deformação medida por meio da realização de dois ciclos de cargas aplicadas a uma placa rígida de um determinado diâmetro [41].

Duas normas são muito utilizadas para execução desse ensaio, AFNOR NF P94-117-1 e DIN 18134, nas mais diversas obras de engenharia. Martins *et al.* [42] cita que essas normas possuem diferenças no método de execução e de interpretação do ensaio, que se refletem em diferenças nos módulos de deformabilidade finais obtidos e ainda

constatou algumas diferenças na interpretação dos resultados dos ensaios, quando comparadas as duas normas. Uma das diferenças é que o valor da tensão sob a placa para a qual é determinado o módulo de deformabilidade EV2 é diferente em cada uma das normas e que o método utilizado para determinar o módulo EV2 é distinto (DIN – método tangente; AFNOR – método secante).

A relação EV2/EV1 permite avaliar a qualidade da compactação. Quando EV2/EV1 é menor que 2, significa que apresenta boa compactação e se for menor que 1,2 ainda representa uma compactação melhor [43].

- ***CBR in situ***

Esse método de teste abrange a determinação do CBR de um solo testado in situ, com uma pressão de sobrecarga selecionada, fazendo com que um êmbolo cilíndrico penetre no solo a uma taxa dada e compare a relação entre força e penetração para o solo em relação a um material padrão. Os testes de CBR em campo são utilizados para avaliação e projeto de componentes de pavimentos, como subleito, base e sub-base e para outras aplicações para as quais a CBR é o parâmetro de força desejado [44].

Duas normas são utilizadas para execução desse ensaio, ASTM D 4429 – 04 e BS 1377-9. É um ensaio que determina a capacidade de suporte dos solos relacionados a pavimentação.

### **2.6.3. Correlações entre ensaios**

As medições do módulo de deformabilidade do solo do subleito são necessárias para uso no cálculo das tensões e deformações no pavimento da estrada e no solo do subleito. O valor do CBR é uma medida de rigidez, mas com uma tensão muito maior do que a taxa de deformação gerada pelo tráfego. Como a rigidez do solo varia com o estresse em uma extensão que é influenciada pelo grau de consolidação, a TRRL [45], a SHELL [46], em Portugal por Morais *et al.* [47], estabeleceram correlações como mostra a Tabela 11.

Tabela 11. Correlações entre módulo *versus* CBR.

<b>Equações</b>	<b>Referências</b>
$E = 17,6 * CBR^{0,64}$	TRRL [45]
$E = 10 * CBR$	SHELL [46]
$E = 6,76 * CBR$	Morais <i>et al.</i> [47]

Fonte: adaptado [45]; [46]; [47]

## 2.7. Manutenção e Reabilitação de EBVT

O desempenho do pavimento pode ser afetado por cinco fatores principais. O ambiente, o tráfego, a estrutura, a construção e a manutenção, influenciam diretamente na qualidade de um pavimento ao longo do tempo (Figura 9) [48].

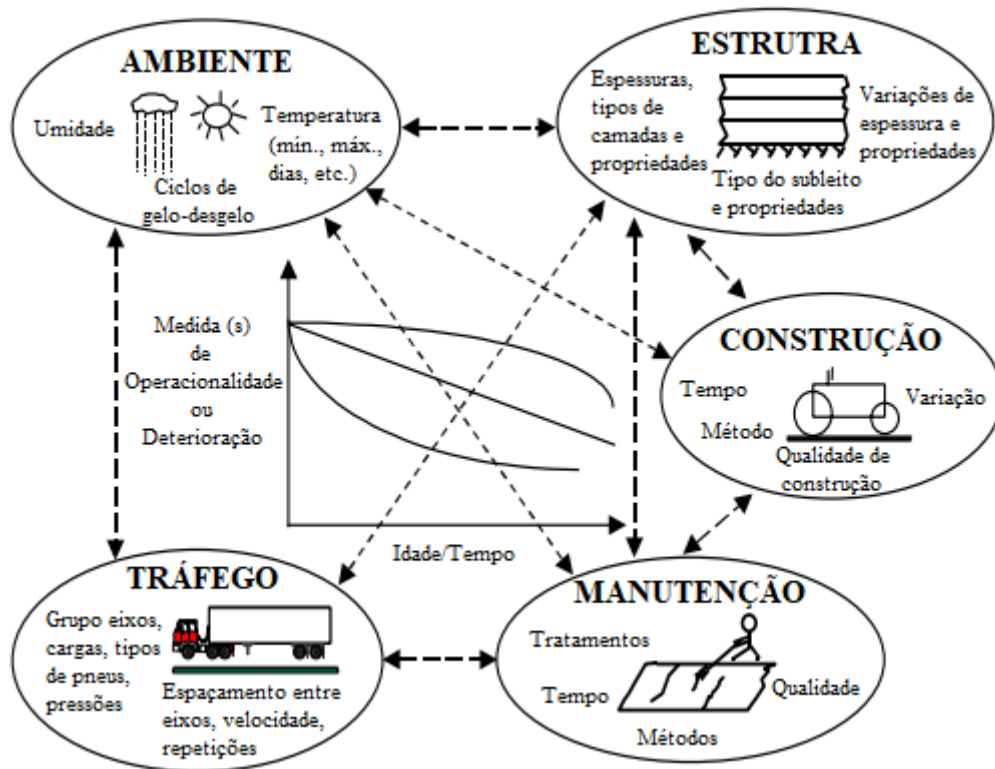


Figura 9. Fatores e interações que podem afetar o desempenho do pavimento.

Fonte: adaptado [48]

Uma forma de controlar a degradação das estradas de terra, ou seja, conservar o desempenho da estrada, é a realização de manutenção baseada em inspeções regulares para combater os efeitos prejudiciais dos fatores principais supracitados e assim manter a estrada em plenas condições.

As ações de manutenção são classificadas de acordo com sua frequência, bem como com a escala, ou complexidade, dessas atividades. Embora sejam sempre dadas prioridade às medidas preventivas, existem sempre degradações que não podem ser evitadas. É muito importante que antes de uma ação de conservação, a causa subjacente do problema deva ser identificada. Em muitos casos, a ação de conservação corretiva por si só pode não ser suficiente, sendo necessário que a causa subjacente deva ser tratada [49].

Assim, de acordo com NRRDA [49] e DIN EN 13306:2010 [50], as ações de conservação deverão ser classificadas como:

- Manutenção de rotina/ preventiva: As atividades de manutenção de rotina são geralmente de pequena escala, amplamente dispersas e geralmente realizadas com mão-de-obra manual. Manutenção realizada em intervalos predeterminados ou de acordo com critérios prescritos e destinada a reduzir a probabilidade de falha ou a degradação do funcionamento de um item. Atividades comuns de manutenção de rotina:

- ✓ Remover detritos da estrada e drenos;
- ✓ Limpar drenos, permitindo a passagem livre de água;
- ✓ Limpar galerias e outras passagens de água;
- ✓ Reparar ombros e encostas laterais;
- ✓ Remendamos buracos, fissuras de vedação e bordas de reparo de pavimento;
- ✓ Cortar grama e arbusto;
- ✓ Manter sinalização rodoviária.

- Manutenção periódica: A manutenção periódica é uma grande reforma da estrada normalmente realizada após um período de 5 a 10 anos, dependendo dos níveis de tráfego, tipo de pavimento e condições geográficas e climáticas. O trabalho envolvido é normalmente maior e requer mais equipamentos e habilidades especializadas. Como resultado, esse trabalho é consideravelmente mais caro do que os trabalhos de rotina. Inclui uma combinação de monitoramento de condição e / ou inspeção e / ou teste, análise e as ações de manutenção subsequentes. As atividades de manutenção periódica mais comuns incluem a renovação da superfície da estrada e grandes reparos de estruturas. A manutenção periódica é planejada em ciclos cobrindo vários anos, descrevendo assim quando estradas individuais na rede são devidas para tal tratamento.

- A manutenção de emergência responde a eventos imprevistos ocasionais, como deslizamentos de terra, desordens, grandes árvores ou detritos na estrada e estruturas de drenagem quebradas.

A manutenção está relacionada a certos limites: de aceitabilidade e de trafegabilidade. Estes limites indicam o nível adequado de conforto para utentes, como mostra a Figura 10.

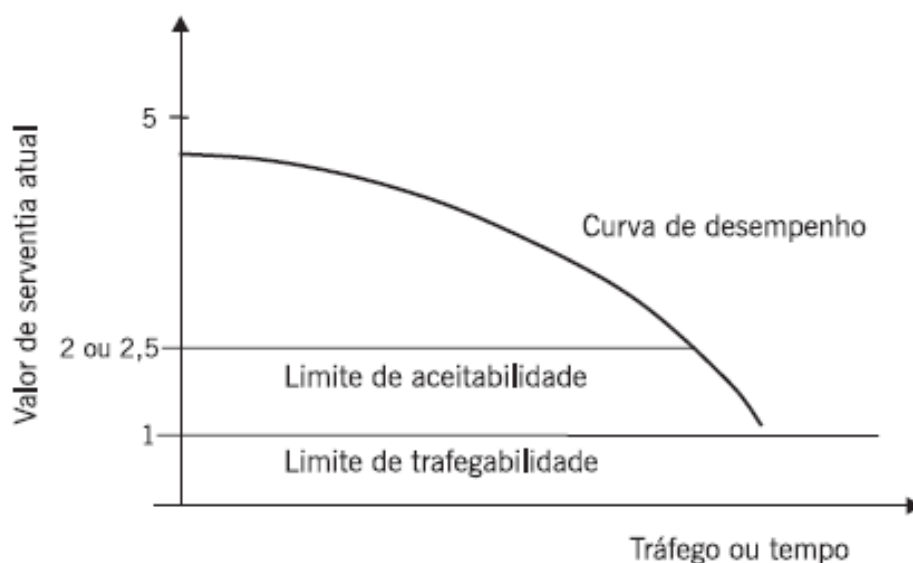


Figura 10. Variação da serventia com o tráfego ou com o tempo decorrido de utilização da via.

Fonte: [3]

Para os usuários, há um limite de aceitabilidade das condições de circulação no pavimento, abaixo do qual o nível de conforto passa a ser inaceitável; este limite depende da categoria da rodovia e do tráfego. O limite da aceitabilidade, desenvolvido pela AASHTO, recebe a nota 2,5 para vias de alto volume de tráfego e 2,0 para as demais. Na prática, sempre que o valor de serventia atual (VSA) atinge este patamar, uma intervenção de manutenção corretiva deve ser realizada de modo a repor o índice a um valor superior. No período em que o pavimento apresenta VSA acima deste valor, deve realizar manutenção preventiva periódica de modo a prolongar o tempo em que o mesmo permanece em condição aceitável quanto ao rolamento. Caso não haja manutenção ou esta seja inadequada, o pavimento pode atingir o limite de trafegabilidade, situação na qual se torna necessária sua reconstrução. A Figura 11 apresenta este contexto [3].

A metodologia para a concessão deste tipo específico de estruturas de pavimentos deve ser suficientemente precisa para que a principal causa de ruína em EBVT - deformação permanente ou rodeiras - possa ser evitada e o nível de manutenção sustentável. Por este motivo, a previsão da capacidade do pavimento para resistir à deformação permanente é um dos aspetos mais importantes a ser estudado [19].

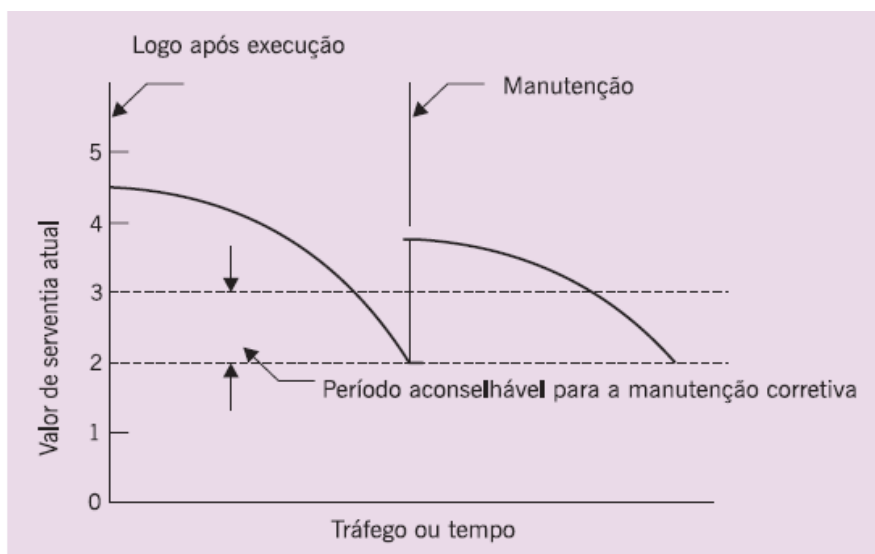


Figura 11. Período recomendável para a manutenção dos pavimentos.

Fonte: [3]

A água é inimiga de estradas não pavimentadas, e muito do trabalho que as equipes locais de estradas fazem envolve o controle da drenagem. A importância de fornecer uma boa drenagem deve ser óbvia. Demasiada água superficial pode enfraquecer o leito da estrada, resultando em sulcos, buracos, erosão dos ombros, desabamentos de valas e galerias entupidas. A água que flui muito lentamente deposita sedimentos e entope canais e aquedutos. A água parada pode enfraquecer a sub-base e levar à falha da superfície. Mais importante, a erosão de estradas não pavimentadas podem degradar a qualidade da água em córregos e rios. [7].

### 2.7.1. Superfície da estrada

A camada superior de cascalho em estradas deve ser moldada, compactada e alisada para garantir uma boa superfície de condução e permitir que o escoamento se mova rapidamente da superfície da estrada para drenagens estabelecidas. O Manual BMP [7] estabelece, como mostra a Tabela 12, as medidas de manutenção para estradas que não estão com a superfície adequada.

Tabela 12. Como fazer manutenção dependendo das degradações da superfície da estrada.

Degradações	Nível de gravidade	Como consertar isso...
Drenagem inadequada	Menor	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Avaliar acostamento e valas;</li> <li>✓ Limpar valas;</li> <li>✓ Instalar barreiras de água, se apropriado.</li> </ul>
Drenagem inadequada	Maior	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Limpar valas;</li> <li>✓ Reconstruir superfície, base e drenagem;</li> <li>✓ Instale barreiras de água, se apropriado.</li> </ul>
Poeira	Menor	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Aplicar controle de poeira líquida / sólida.</li> </ul>
Poeira	Maior	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Adicione cascalho menor, torne superfície horizontal ou inclinada (superfície adequada), compacte.</li> </ul>
Seção transversal imprópria	Menor	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Remodele (plainando ou arrastando);</li> <li>✓ Remodele com menor material adicionado.</li> </ul>
Seção transversal imprópria	Maior	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Adicione cascalho maior, uniformize a superfície, compacte.</li> </ul>
Buracos	Menor	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Reposição do cascalho</li> </ul>
Buracos	Maior	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Torne a superfície horizontal ou inclinada;</li> <li>✓ Adicione cascalho maior, uniformize a superfície, compacte.</li> </ul>
Afundamentos	Menor	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Remodele (plainando ou arrastando);</li> <li>✓ Remodele com menor material adicionado.</li> </ul>
Afundamentos	Maior	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Torne a superfície horizontal ou inclinada;</li> <li>✓ Adicione cascalho maior, uniformize a superfície, compacte.</li> </ul>
Agregados soltos	Menor	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Remodele (plainando ou arrastando);</li> <li>✓ Remodele com menor material adicionado.</li> </ul>
Agregados soltos	Maior	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Torne a superfície horizontal ou inclinada;</li> <li>✓ Adicione cascalho maior, uniformize a superfície, compacte.</li> </ul>
Ondulações	Menor	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Remodele (plainando ou arrastando);</li> <li>✓ Remodele com menor material adicionado.</li> </ul>
Ondulações	Maior	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Torne a superfície horizontal ou inclinada;</li> <li>✓ Adicione cascalho maior, uniformize a superfície, compacte.</li> </ul>
Pontos fracos*	Menor	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Remodele (plainando ou arrastando);</li> <li>✓ Remodele com menor material adicionado.</li> </ul>
Pontos fracos*	Maior	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Torne a superfície horizontal ou inclinada;</li> <li>✓ Adicione cascalho maior, uniformize a superfície, compacte.</li> </ul>
Depressões	Menor	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Remodele (plainando ou arrastando);</li> <li>✓ Remodele com menor material adicionado.</li> </ul>
Depressões	Maior	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Torne a superfície horizontal ou inclinada;</li> <li>✓ Adicione cascalho maior, uniformize a superfície, compacte.</li> </ul>

Fonte: adaptado [7]

\*Os pontos fracos são causados pela falta de drenagem adequada da superfície da estrada. São lugares onde a resistência é menor.

A água da superfície que não escoe efetivamente da superfície da estrada para um canal de drenagem pode provocar degradação da superfície da estrada, problemas de segurança resultantes do acúmulo de gelo e vários problemas de erosão. O escoamento da água da estrada evita muitos dos problemas associados à degradação da superfície. Isto prolongará a vida útil da superfície da estrada, bem como diminuirá a frequência e os custos de manutenção. Também diminuirá a quantidade de sedimentos transportados pelo escoamento das estradas para os cursos de água [7].

O cascalho para obras rodoviárias é um recurso natural não-renovável. Em estradas com pavimentos não revestidos aquele material é usado em camadas de desgaste, devendo ser substituído periodicamente porquanto é possível o pavimento perder até 150 mm de cascalho por ano. Estradas com pavimentos granulares requerem um ciclo contínuo de regularização e recarga de material para manter a superfície com o nível de serviço desejado [19].

Quando ocorre a falta de capacidade de suporte do subleito, que se trata de um elemento fundamental para a superfície de estrada não tratada, é necessário tomar providências específicas, sendo empregados materiais granulares misturados ao solo que irão contribuir para as condições de rolamento na maioria dos casos. Visto que a falta de capacidade de suporte provoca ondulações transversais, formação de afundamento de trilha de rodas e apresenta formação de lama por ocasião de chuvas mais intensas [8].

### **2.7.2. Valas**

As valas são usadas para transportar a água do escoamento da chuva para uma saída adequada, sem causar erosão ou sedimentação. Eles são ideais para coletar e dispersar água superficial de maneira controlada. Uma boa vala requer moldagem e revestimento (usando o material vegetativo ou estrutural apropriado) e manutenção. Construídas adequadamente, as valas removerão o escoamento rapidamente e reduzirão a infiltração no subleito da estrada [7].

A limpeza e manutenção de valas é um dos elementos mais importantes para manter boa drenagem ao longo de qualquer tipo de estrada. Para estradas não pavimentadas, uma vala bem projetada pode ser limpa com uma moto niveladora ou uma retroescavadeira com um balde de nivelamento. Portanto as medidas de manutenção para valas são [7]:

- Inspeção das valas regularmente e programação da limpeza a cada poucos anos. O fundo da vala deve permanecer compactado e arredondado;
- Limpeza das valas quando elas estiverem entupidas com sedimentos ou detritos para evitar transbordamentos e deslizamentos;
- Verificação das valas após grandes tempestades, pois a água em escoamento rápido pode ter desenvolvido obstruções, erosão ou colapso do banco;
- Rega das valas apenas quando for absolutamente necessário e cortar a grama (ou pedra) o mais rápido possível. Sementeira, adubação, e utilização de tapetes de fibra para auxiliar a vegetação.

O Manual BMP [7] ainda apresenta de forma resumida o que fazer dependendo do estado que se encontra as valas, como mostra a Tabela 13.

Tabela 13. Como fazer manutenção dependendo d das degradações da vala.

<b>Degradações</b>	<b>Nível de gravidade</b>	<b>Como consertar isso...</b>
Erosão na vala	Menor	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Realize manutenção regular;</li> <li>✓ Revestimento da vala apropriado.</li> </ul>
Erosão na vala	Maior	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Realize manutenção regular;</li> <li>✓ Torne a superfície da vala horizontal ou inclinada;</li> <li>✓ Revestimento da vala apropriado.</li> </ul>
Vala não aguenta o volume de água	Menor	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Instale ramais de valas*;</li> <li>✓ Aumente a largura/profundidade da vala.</li> </ul>
Vala não aguenta o volume de água	Maior	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Instale ramais de valas*;</li> <li>✓ Construa valas/bermas de desvio**;</li> <li>✓ Aumente a largura/profundidade.</li> </ul>

Fonte: adaptado [7]

\*Ramais de valas são extensões de valas que direcionam a água para áreas de filtragem.

\*\* Valas e bermas de desvio são usados para redirecionar o escoamento de águas pluviais.

Numa estrada existente, as informações dos moradores são importantes para a avaliação do funcionamento dos dispositivos de drenagem. Estas informações orientarão o projetista sobre decisões tais como: substituir um bueiro por outro capaz de escoar uma maior vazão; instalar um dreno em um corte com muita umidade; fazer descidas de água em sarjetas, onde a água extravasa; revestir uma sarjeta ou valeta, quando sujeitas a erosão; etc [51].

### ***2.7.3. Erosão e controle de sedimentos***

A erosão ocorre quando partículas individuais do solo são levadas da superfície da estrada, vala ou base da estrada por água, vento, gelo ou gravidade. Existem quatro fatores principais que influenciam o potencial de erosão: solos, cobertura superficial, topografia e clima. Esses fatores estão inter-relacionados em seus efeitos sobre o potencial de erosão. A falta de manutenção do leito das estradas e nos sistemas de drenagem podem causar assoreamento de corpos hídricos. O Manual do DER [51] aborda como medida corretiva a inspeção e manutenção periódica dos sistemas de drenagem e leito da estrada. Adicionalmente o Manual BMP [7] cita alguns meios para reter os sedimentos na área da estrada, como barreiras de fardos de palha ou feno, cerca de sedimentos, armadilha de sedimentos.

### 3 PLANO DE TRABALHO

Neste capítulo é descrito o plano de trabalho proposto para realizar os objetivos apresentados neste trabalho. Descreve-se o local de estudo, a aplicação de uma metodologia de avaliação funcional para estradas não pavimentadas, o critério de seleção de pontos para recolha das amostras de solo, bem como os ensaios de caracterização geotécnica. O plano de trabalho segue, portanto, os passos representados na Figura 12.

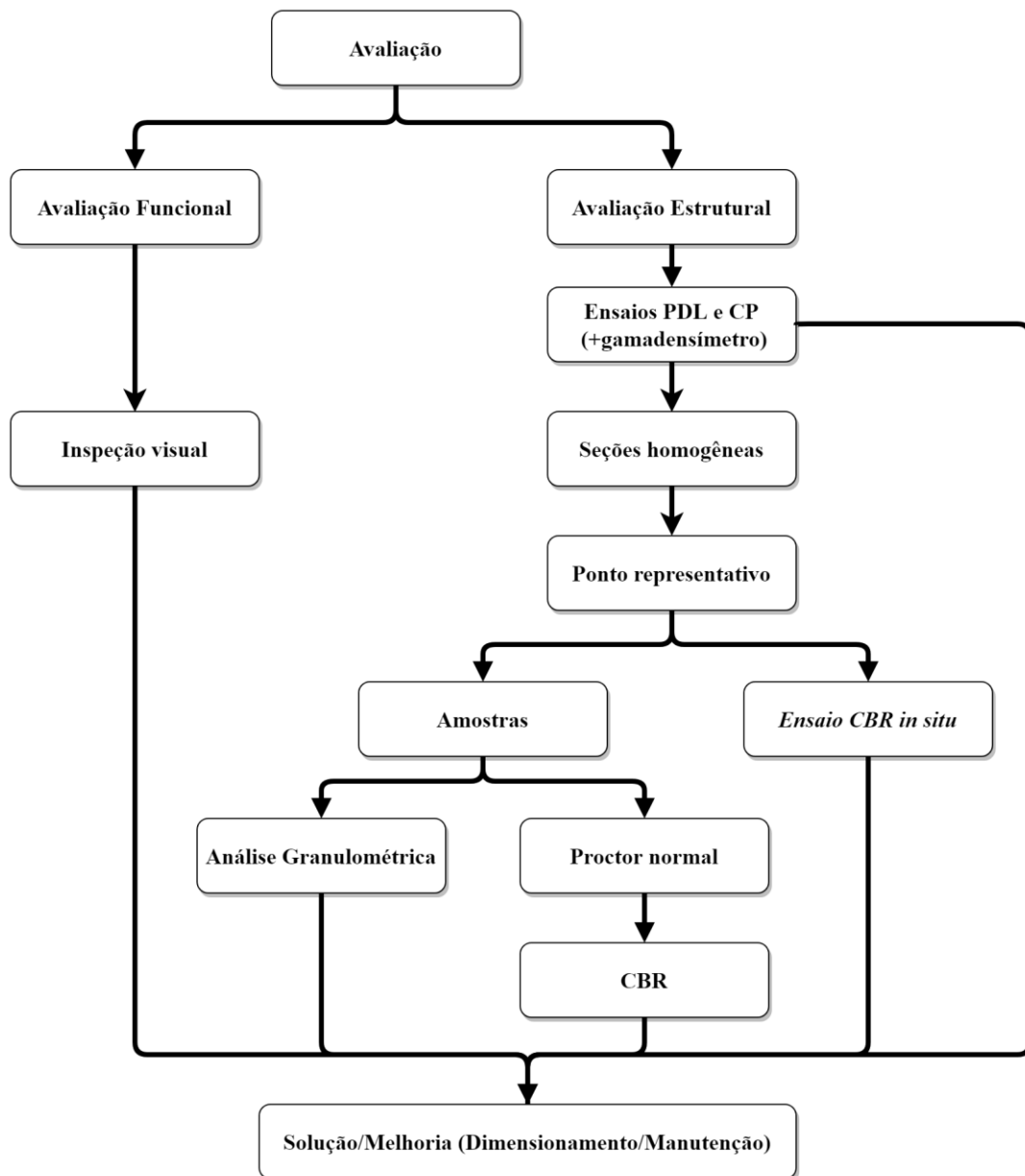


Figura 12. Fluxograma do plano de trabalho.

### 3.1. Apresentação do local em estudo

A estrada de baixo volume de tráfego encontra-se em uma região montanhosa próxima da cidade de Montesinho em Portugal (nordeste do país) na divisa com a Espanha como mostra a Figura 13.

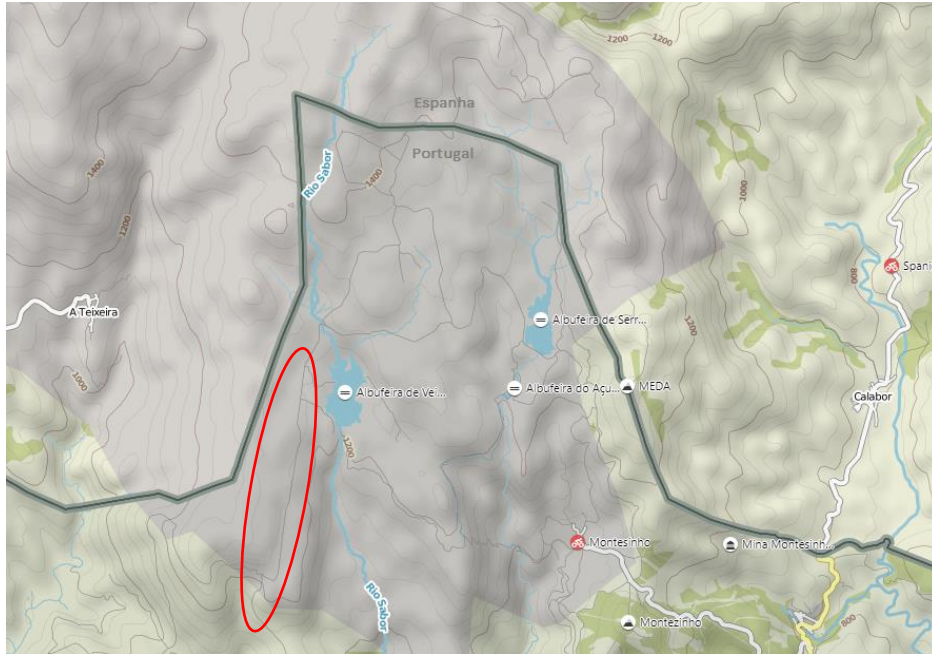


Figura 13. Localização da estrada de baixo volume de tráfego, próximo à divisa Portugal-Espanha.

Fonte: adaptado [52]

A estrada é o principal percurso para as duas represas pertencentes aos municípios de Montesinho e Bragança, a Albufeira de Veiguiñas e a Albufeira da Serra Serrada, localizadas a 1200-1300 metros de altitude. A EBVT em estudo começa nas coordenadas (WGS84) Latitude  $41^{\circ} 57' 44''$  N e Longitude  $6^{\circ} 48' 28''$  W (ETRS89-TM06: M=109895.69; P=255700.959) (ponto A) e termina na coordenada Latitude  $41^{\circ} 56' 7''$  N e Longitude  $6^{\circ} 48' 50''$  W (ETRS89-TM06: M=109453.21; P=253049.46) (ponto B). O percurso conta com 3,06 km de extensão como mostra a Figura 14.

O referido trecho foi escolhido para estudo devido ao fato de o seu perfil longitudinal se apresentar com baixas inclinações e com uma pequena variação de cotas, variando de 0 a 2% de inclinação. A estrada (EBVT) situa-se em uma área protegida pelo Instituto da Conservação da Natureza e das Florestas (ICNF), tendo sido necessário submeter um pedido de autorização para estudos de caráter técnico-científico, como os envolvidos neste trabalho.

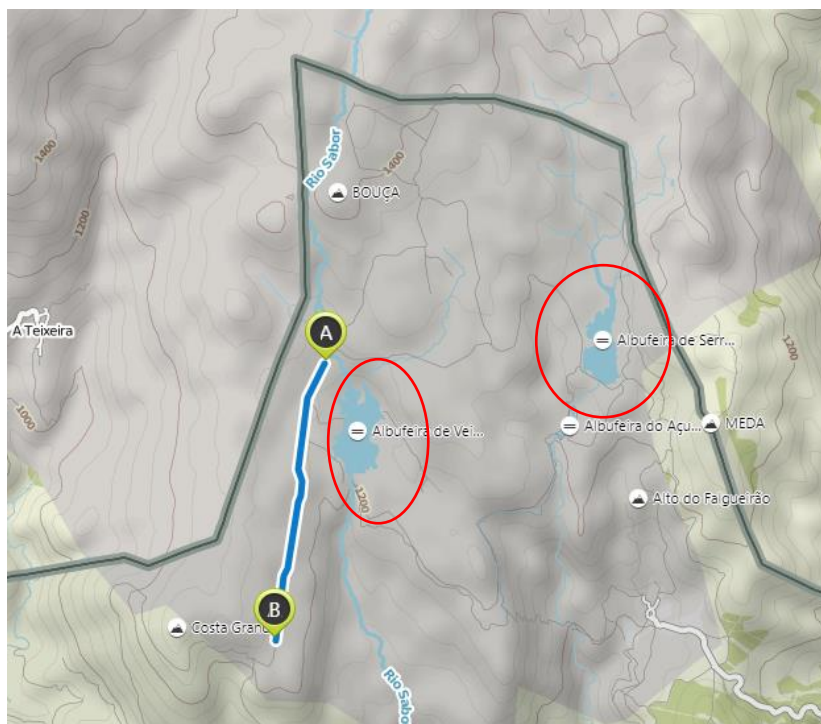


Figura 14. Localização da estrada de baixo volume de tráfego, acesso para duas represas.  
Fonte: adaptado [52]

### 3.2. Avaliação do estado da superfície da estrada (avaliação funcional)

Para avaliação funcional da EBVT em estudo foi adotada a junção da norma DNIT 006/2003-PRO [29] e da proposta por Beckemeyer [5] com algumas modificações. Isto se deve pelo fato de, além da avaliação proposta por Beckemeyer [5] ser antiquada, apresentar uma nova metodologia mais rápida de ser executada, ainda assim eficiente quanto, como descrita na norma DNIT 006/2003-PRO [29].

A avaliação da estrada proposta é efetuada sob dois pontos de vista: dos defeitos relacionados a degradação e dos defeitos do sistema de drenagem.

O DNIT 006/2003-PRO [29] utiliza no cálculo do IGG, fatores de ponderação relativos a anomalias apresentadas nas estradas pavimentadas. Portanto, para este trabalho, novos fatores de ponderação são apresentados para estradas não pavimentadas. Estes valores do fator de ponderação estão nas Tabelas 14 e 15.

Beckemeyer [5] descreve a gravidade das anomalias identificadas nas estradas não pavimentadas, e com base nisto, as Tabelas 16 e 17 descrevem o que se deve observar e medir para correlacionar com a gravidade disto na funcionalidade da estrada.

Tabela 14. Fator de ponderação da degradação

Item	Degradação	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>nº total de estações</b>			<b><math>\Sigma</math>IGI = IGG</b>		

Tabela 15. Fator de ponderação do inadequado sistema de drenagem da estrada

Item	Inadequado sistema de drenagem	Frequência absoluta	Frequência relativa	Fator de ponderação	IGI
1	Inclinação Transversal Incorreta			1,00	
2	Acostamentos /Bermas Elevados	baixo		0,50	
		médio		0,75	
		elevado		1,00	
3	Bueiros/Galerias/ Aquedutos Inexistentes			1,00	
4	Valas Inexistentes			1,00	
5	Crescimento da Vegetação/ Sedimentos na Vala	baixo		0,20	
		médio		0,60	
		elevado		0,80	
<b>nº total de estações</b>			<b><math>\Sigma</math>IGI = IGG</b>		

Tabela 16. O que observar em relação à degradação da estrada.

	<b>O que observar?</b>	<b>Gravidade</b>
<b>Ondulações com...</b>	até 25mm	Baixo
	25 a 75 mm	Médio
	mais de 75 mm	Elevado
<b>Buracos com.. (em sua maioria não são maiores do que 1 m de diâmetro)</b>	até 50 mm de profundidade	Baixo
	50 a 100 mm	Médio
	mais de 100 mm	Elevado
<b>Afundamentos com...</b>	até 25mm	Baixo
	25 a 75 mm	Médio
	mais de 75 mm	Elevado
<b>Percurso de erosão com...</b>	até 50 mm de profundidade	Baixo
	50 a 100 mm	Médio
	mais de 100 mm	Elevado
<b>Perda de agregado/ cascalho solto com...</b>	até 50 mm de altura (pouco)	Baixo
	50 a 100 mm (médio)	Médio
	mais de 100 mm (denso)	Elevado
<b>Poeira com...</b>	300 cm de altura	Baixo
	300 a 2000 mm	Médio
	mais de 2000 mm	Elevado

Tabela 17. O que observar em relação ao inadequado sistema de drenagem da estrada

	<b>O que observar?</b>	<b>Gravidade</b>
<b>Inclinação transversal incorreta...</b>	se existe ou não	-
<b>Acostamentos elevados com ...</b>	até 25mm	Baixo
	25 a 75 mm	Médio
	mais de 75 mm	Elevado
<b>Bueiros ...</b>	se existe ou não	-
<b>Valas ...</b>	se existe ou não	-
<b>Crescimento da vegetação/ acúmulo de sedimentos nas valas com ...</b>	até 150 mm	Baixo
	150 a 250 mm	Médio
	mais de 250 mm	Elevado

Desta maneira, com os valores obtidos de IGG, pode determinar o estado da estrada, de acordo com a Tabela 9.

Para realizar a avaliação, portanto, optou-se em dividir o trecho em sub-trechos, conforme recomenda a norma DNIT 006/2003-PRO [29], porém espaçados de 100 em 100 m, como mostrado na Figura 15.

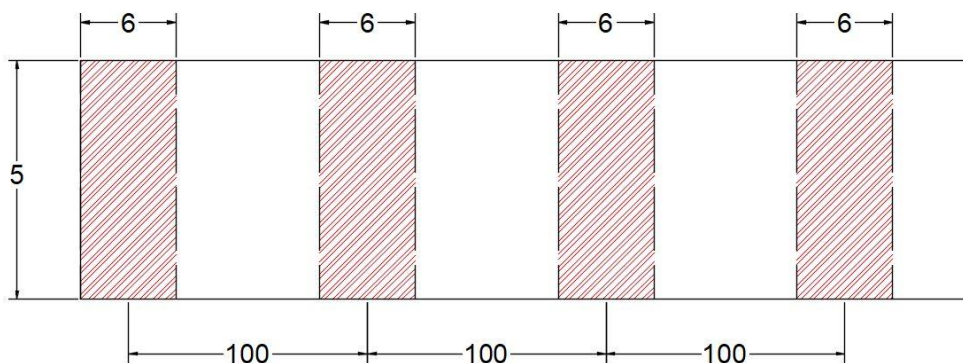


Figura 15. Áreas de avaliação funcional (sem escala) (em metros).

### 3.3. Critério de seleção dos pontos para recolha das amostras de solo

Devido à extensão da estrada em estudo, sobre a qual se realizou um grande número de ensaios, será adotado o método das subseções homogêneas, designado “Método das Diferenças Acumuladas”, indicado pela AASHTO.

Este método analítico é usado para delinear unidades estatisticamente homogêneas a partir da resposta ao pavimento ao longo de um sistema rodoviário. Esta abordagem pode ser usada para uma variedade de valores medidos de resposta do pavimento, como deflexão, funcionalidade, resistência ao deslizamento, índices de severidade do pavimento, dentre outros [53].

O procedimento para caracterização das subseções homogêneas é apresentado nas Tabelas 18 e 19.

Tabela 18. Sequência de solução - Diferenças Acumuladas (Parte 1).

Distância (1)	Resposta do pavimento (2)	Intervalo da distância acumulativa (3)	Média do intervalo da resposta (4)
1 ( $\Delta_{x1}$ )	$r_1$	$\bar{\Delta}_{x1} = \Delta_{x1}$	$\bar{r}_1 = r_1$
2 ( $\Delta_{x2}$ )	$r_2$	$\bar{\Delta}_{x2} = \Delta_{x1} + \Delta_{x2}$	$\bar{r}_2 = \frac{r_1 + r_2}{2}$
$L_p$ ( $\Delta_{xn}$ )	$r_n$	$\bar{\Delta}_{xn} = \Delta_{x1} + \dots + \Delta_{xn}$	$\bar{r}_n = \frac{r_{n-1} + r_n}{2}$

Fonte: adaptado [53]

Tabela 19. Sequência de solução - Diferenças Acumuladas (Parte 2).

Intervalo atual da área (5)	Área acumulativa (6)	Valor Zx (7)
$a_1 = \bar{r}_1 \Delta_{x1}$	$\bar{a}_1 = a_1$	$Z_{x1} = \bar{a}_1 - \frac{\bar{a}_n}{L_p} * \bar{\Delta}_{x1}$
$a_2 = \bar{r}_2 \Delta_{x2}$	$\bar{a}_2 = a_1 + a_2$	$Z_{x1} = \bar{a}_2 - \frac{\bar{a}_n}{L_p} * \bar{\Delta}_{x2}$
$a_n = \bar{r}_n \Delta_{xn}$	$\bar{a}_n = a_1 + \dots + a_n$	$Z_{xn} = \bar{a}_n - \frac{\bar{a}_n}{L_p} * \bar{\Delta}_{xn}$

Fonte: adaptado [53]

A variável Zx ou Z é definida como a diferença entre a área sob a curva de resposta a qualquer distância e a área do total desenvolvida a partir da resposta média total do projeto à mesma distância, ao ser plotada como função da distância ao longo do projeto, os limites da unidade ocorrem no local onde o sinal de mudança das inclinações [53].

Portanto, de forma simplificada a sequência do método utilizado será [54]; [55]:

- cálculo do valor médio da resposta do pavimento em todo o trecho de estudo;
- cálculo dos desvios em relação à média para cada ponto de medição da resposta do pavimento;
- soma dos desvios acumulados;
- plotagem de gráficos, nas abcissas os pontos de ensaio e nas ordenadas os valores dos desvios acumulados.

A expressão dos resultados em gráfico facilita a determinação das subseções homogêneas de modo que ao verificar nenhuma mudança de inclinação na reta, significa que há comportamento semelhante neste trecho e os pontos onde ocorre a alteração da inclinação, correspondem a alteração do comportamento homogêneo do pavimento, correspondendo ao início/fim de um sub trecho.

Com a delimitação das subseções homogêneas é de grande importância determinar os valores representativos de cada zona delimitada. Cada subseção apresenta características diferentes, sendo por isso necessário eleger os valores característicos com uma determinada probabilidade de ocorrência [54].

Para o atual trabalho, opta-se por percentil 85%. O percentil 85% corresponde a uma probabilidade da resposta do pavimento considerada ser ultrapassada de 15% (valor

conservativo), e leva em consideração a distribuição de Gauss, que obtém o valor de 1,04 para cálculo. Por meio da Equação 5 pode então determinar o valor característico (K) [56].

$$K = m + 1,04 * s \quad (5)$$

onde,  $m$  é a média aritmética e  $s$  é o desvio padrão.

Para cada subseção delimitada determina-se a resposta representativa do pavimento. E, portanto, deve se selecionar o local cujo valor de resposta do pavimento se aproxima dos obtidos para o percentil 85%. Para relacionar os valores será utilizado o Erro Médio Quadrático, em porcentagem (*Root Mean Square Deviation* - RMS), que é frequentemente usado para medir as diferenças entre os valores preditos por um modelo ou um estimador e os valores observados (Equação 6) [57]; [58].

$$RMS = \left[ \sqrt{\frac{1}{n} * \sum_{i=1}^n \left( \frac{d_i^c - d_i^m}{d_i^m} \right)^2} \right] * 100 \quad (6)$$

onde,  $d_i^c$  é o valor calculado no ponto  $i$ ;  $d_i^m$  é o valor medido no ponto  $i$  e o  $n$  é o número de pontos utilizados.

E então, qual o RMS for menor no intervalo de valores, será realizado nesse ponto os demais ensaios e análises.

Foram selecionados 31 pontos nos 3 km de extensão da estrada. Para o caso em estudo, será medida a resposta do pavimento por meio de dois ensaios:

- Ensaio de Carga em Placa com base na Norma NF P94-117-1 [41] que resulta no módulo de deformabilidade no 2 ciclo de carga (EV2);
- Ensaio de Penetrômetro Dinâmico Ligeiro com base na Norma EN ISSO 22476-2 [38];

Em conjunto com estes ensaios, o ensaio de Controle da Compactação com Célula Radioativa (gamadensímetro) com base na Norma ASTM D-2922-01 [59] foi executado para comparação com os resultados dos demais ensaios em campo e em laboratório.

Estes ensaios foram escolhidos devido a serem procedimentos de caracterização geotécnica, práticos e relativamente rápidos por estar avaliando uma grande área.

Foi realizado os ensaios a cada 100 m, e alternados no rodado direito e no rodado esquerdo (direito do outro sentido), por ser pista simples de 5 m de largura aproximadamente.

Além disso, para representar onde há o maior centro de pressões na estrada, selecionou-se a largura do veículo mais pesado. De acordo com a AASHTO existem quatro tipos básicos de veículos de projeto como representados na Figura 5. Esses veículos são denominados de VP, que corresponde a veículos de passeio leves; CO, que são veículos comerciais rígidos (caminhões e ônibus convencionais); SR, veículos comerciais articulados, compostos normalmente de unidade tratora simples e semirreboque; O, que representa os veículos comerciais rígidos de maiores dimensões que o veículo CO básico (ônibus de longo percurso e de turismo, e caminhões longos) [60].

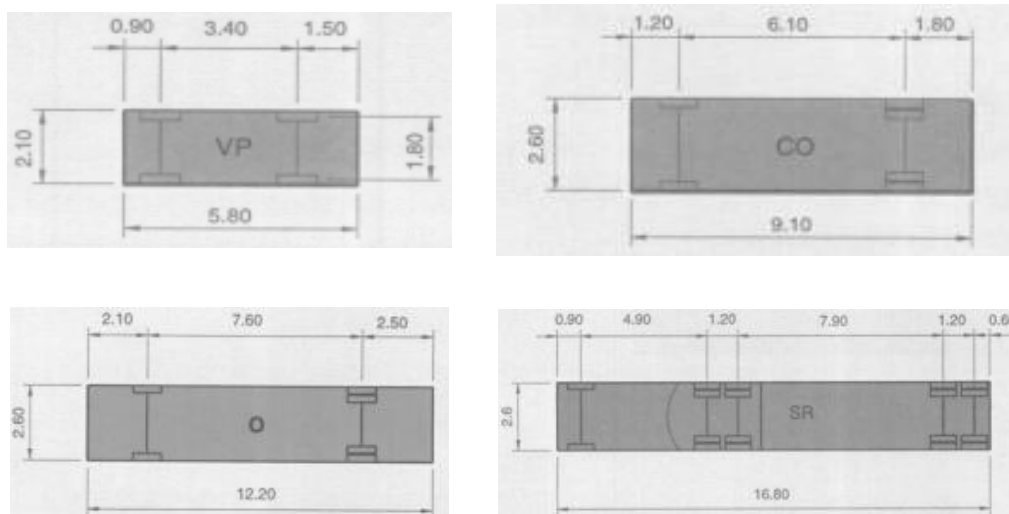


Figura 16. Dimensões básicas dos veículos de projeto (em metros).

Fonte: [60]

Portanto, uma largura de 2,6 m foi adotada e também foi utilizado as dimensões de um eixo-padrão de 80 kN, do Método da Shell referido por Claessen *et al.* em 1977 [61], de  $L = 105$  mm (distância entre rodas) e  $r = 105$  mm (raio circular da roda), como mostra a Figura 17.

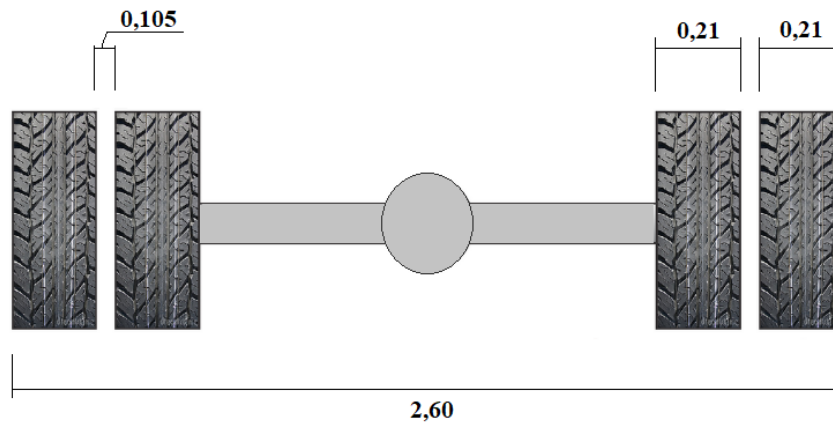


Figura 17. Largura e eixo-padrão adotados. (sem escala)(em metros).  
Fonte: Própria.

A partir das dimensões citadas acima, tanto da largura dos veículos, quanto da dimensão da roda de um eixo-padrão, a localização dos postos de ensaios foi definida e representada na Figura 18.

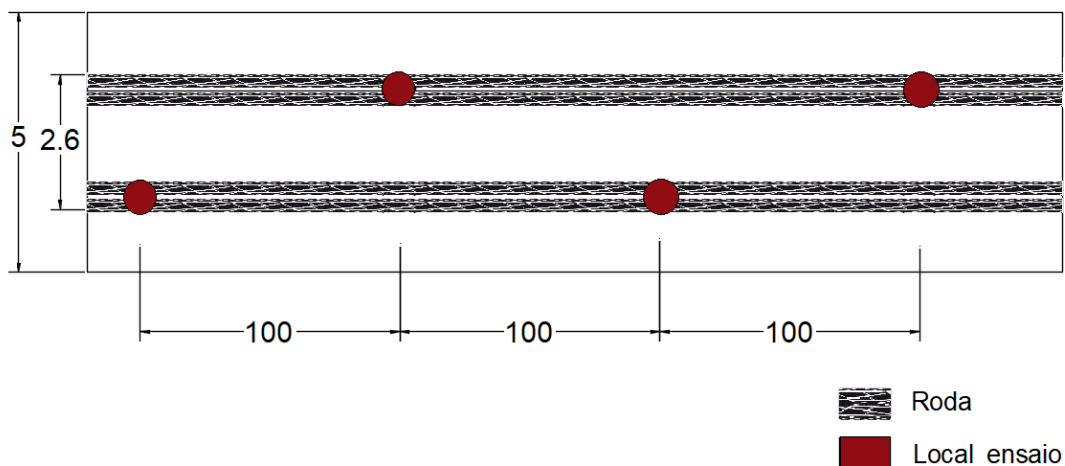


Figura 18. Exemplificação da localização dos pontos dos ensaios (sem escala)(em metros).  
Fonte: Própria.

### 3.4. Ensaios de caracterização geotécnica e avaliação estrutural

Os equipamentos de ensaios, tanto dos ensaios *in situ* como ensaios de laboratório pertencem ao laboratório de geotecnia do Instituto Politécnico de Bragança (IPB). No entanto, para a realização de dois ensaios de campo, o ensaio de carga em placa e o ensaio CBR *in situ*, foram necessários um caminhão da Câmara Municipal de Bragança e de um trator com respectivo reboque da escola Superior Agrária do IPB, respectivamente. Estes

equipamentos foram necessários para dar reação suficiente aos dois equipamentos de ensaios referidos.

Para a localização dos pontos onde se irá realizar a caracterização geotécnica foi utilizado um equipamento de *GPS* não topográfico com sistema de referência em WGS84.

Nos pontos representativos das seções homogêneas, explicado no item 3.3, serão colhidas amostras, para realizar ensaios de identificação e caracterização geotécnica no Laboratório de Geotecnia do Instituto Politécnico de Bragança. Os ensaios realizados são:

- Ensaio de composição granulométrica do solo (Peneiração e/ou Sedimentação) – Norma LNEC E 239 – 1970 [62];
- Ensaio de Proctor normal – Norma ASTM D-698-07 [63];
- Ensaio de CBR – Norma ASTM D-1883-07 [36].

Por meio destes ensaios é possível classificar os solos pela Classificação Unificada – Norma ASTM 2487-85-01 [32] e a Classificação HRB para fins rodoviários [33].

Posteriormente foi realizado o ensaio de CBR *in situ* ou *in place* com base na Norma BS 1377:9 [44].

A realização deste ensaio permite avaliar as características que se encontram em pavimentos de baixo volume de tráfego, e assim proporcionar alternativas de melhoria, caso não estejam em condições de funcionalidade e estrutural.

O dimensionamento da estrada em estudo é descrito no Item 2.3, de acordo com o Manual ERA [12] de estradas não pavimentadas.

## APRESENTAÇÃO DE RESULTADOS E ANÁLISE DA ESTRADA

Este capítulo apresenta e discute os resultados das avaliações funcional e estrutural. As correlações entre ensaios *in situ* e laboratoriais e a proposta de dimensionamento para estrada não pavimentada também são apresentadas.

### 4.1. Observação do estado da superfície do pavimento em estudo

A avaliação funcional foi realizada nos mesmos pontos de ensaios para avaliação estrutural, para poder correlacionar as degradações com as características do subsolo em questão. Foram, portanto, 31 seções de estudo, na qual visualizam-se partes que estão com grandes anomalias como mostra a Figura 19.



(a) Vala inexistente, conseqüente erosão.



(b) Afundamento trilho de roda.



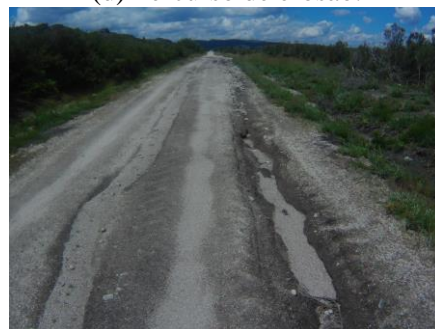
(c) Acostamento elevado.



(d) Percurso de erosão.



(e) Buracos.



(f) Afundamentos.

Figura 19. Anomalias na estrada.

Com a contagem das degradações e das inadequações contidas na estrada em estudo, as Tabelas 20 e 21 contêm o valor final de IGG desta estrada. A avaliação funcional, área a área, está contida no APÊNDICE 1 - Avaliação Funcional.

Tabela 20. Índice de Gravidade Global (IGG) em relação à degradação.

Item	Degradação	Frequência absoluta	Frequência relativa	Fator de ponderação	IGI	
1	Ondulações	baixo	2	6,45	0,70	4,52
		médio	1	3,23	0,85	2,74
		elevado	2	6,45	1,00	6,45
2	Buracos	baixo	18	58,06	0,70	40,65
		médio	6	19,35	0,85	16,45
		elevado	4	12,90	1,00	12,90
3	Afundamentos	baixo	21	67,74	0,70	47,42
		médio	12	38,71	0,85	32,90
		elevado	3	9,68	1,00	9,68
4	Percurso de Erosão	baixo	18	58,06	0,70	40,65
		médio	0	0,00	0,85	0,00
		elevado	3	9,68	1,00	9,68
5	Cascalho Solto/Perda de Agregados	baixo	7	22,58	0,50	11,29
		médio	0	0,00	0,75	0,00
		elevado	2	6,45	0,80	5,16
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>nº total de estações</b>		31	<b><math>\sum</math>IGI = IGG</b>		240,48	

Tabela 21. Índice de Gravidade Global em relação ao inadequado sistema de drenagem.

Item	Inadequado sistema de drenagem	Frequência absoluta	Frequência relativa	Fator de ponderação	IGI	
1	Inclinação Transversal Incorreta	8	25,81	1,00	25,81	
2	Acostamentos e Berma Elevados	baixo	10	32,26	0,50	16,13
		médio	16	51,61	0,75	38,71
		elevado	5	16,13	1,00	16,13
3	Bueiros/Galerias/Aquedutos Inexistentes	1	3,23	1,00	3,23	
4	Valas Inexistentes	10	32,26	1,00	32,26	
5	Crescimento da Vegetação/ Sedimentos na Vala	baixo	17	54,84	0,20	10,97
		médio	13	41,94	0,60	25,16
		elevado	30	96,77	0,80	77,42
<b>nº total de estações</b>		31	<b><math>\sum</math>IGI = IGG</b>		245,81	

Nota-se que a existência de defeitos relacionados à degradação são essencialmente buracos, afundamentos e percurso de erosão. Os buracos e afundamentos podem ser decorrentes da má compactação e da baixa resistência das camadas de solo que constituem a estrutura do pavimento. Já o percurso de erosão é devido ao inadequado sistema de drenagem.

A Tabela 21 apresenta um IGG alto, contendo várias inadequações no sistema de drenagem nessa estrada. Ressalta-se que em estradas não pavimentadas, o sistema de drenagem deve ser bem mais elaborado do que estradas pavimentadas que possuem camada de revestimento. Além disso, manutenções de rotina/preventiva devem ser realizadas, para manter a estrada em pleno funcionamento.

Ao correlacionar os resultados das Tabelas 20 e 21 com a Tabela 9, conclui-se que o estado da estrada em estudo se encontra em mau estado de conservação.

#### **4.2. Seções homogêneas**

Nesta seção são apresentadas as seções homogêneas determinadas por meio dos resultados dos ensaios de PDL (APÊNDICE 2 - Ensaio PDL) e de carga em placa (APÊNDICE 3 - Ensaio carga em placa) e os pontos representativos de cada seção.

##### **4.2.1. Penetrômetro Dinâmico Ligeiro - PDL**

O ensaio de penetrômetro dinâmico ligeiro mede a resistência à penetração do solo. O equipamento utiliza uma ponta cônica para penetrar o solo, por meio de golpes até alcançar um determinado comprimento, como mostra a Figura 20. O número de golpes quando registrado de 0,1 em 0,1 m é determinado por N10. No caso em estudo, o N10 foi realizado até à profundidade de 1m.



(a) Equipamento PDL.



(b) Gerador para fornecer energia ao equipamento.

Figura 20. Equipamento destinado à realização de ensaios PDL.

Por meio dos resultados do ensaio PDL, realizou-se a análise de seções homogêneas da AASHTO (APÊNDICE 4 - Seções homogêneas). A Figura 21 apresenta os resultados das diferenças acumuladas (números “Z”), para todos os N10 do ensaio de PDL.

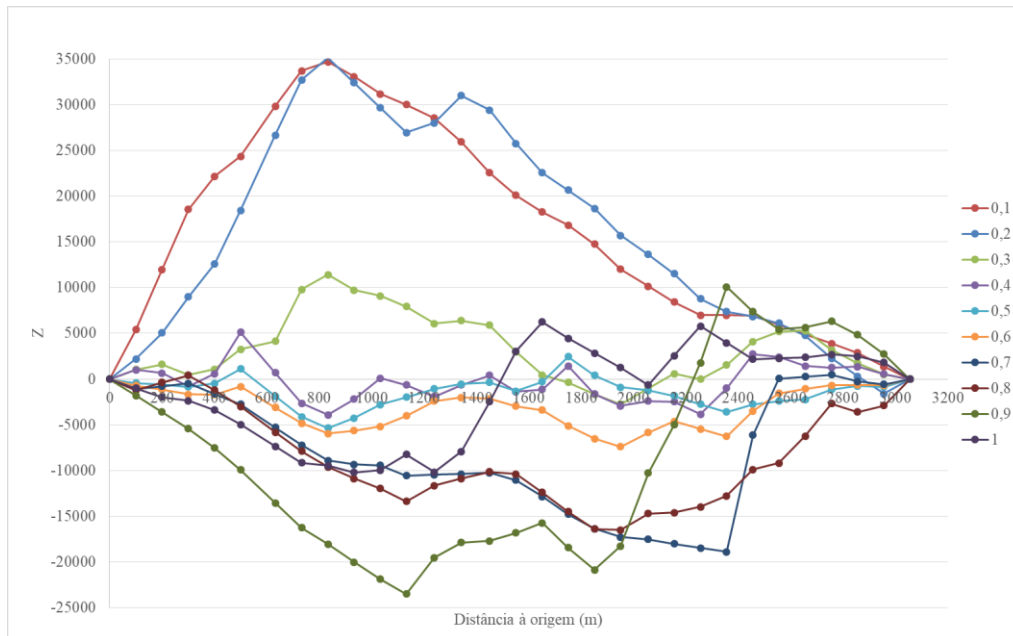


Figura 21. Diferenças acumuladas (Z), do ensaio PDL.

Desta análise foi possível separar as seções por meio da inclinação das retas. Na Figura 22 pode notar que foram determinadas seis seções homogêneas, por meio do ensaio de PDL.

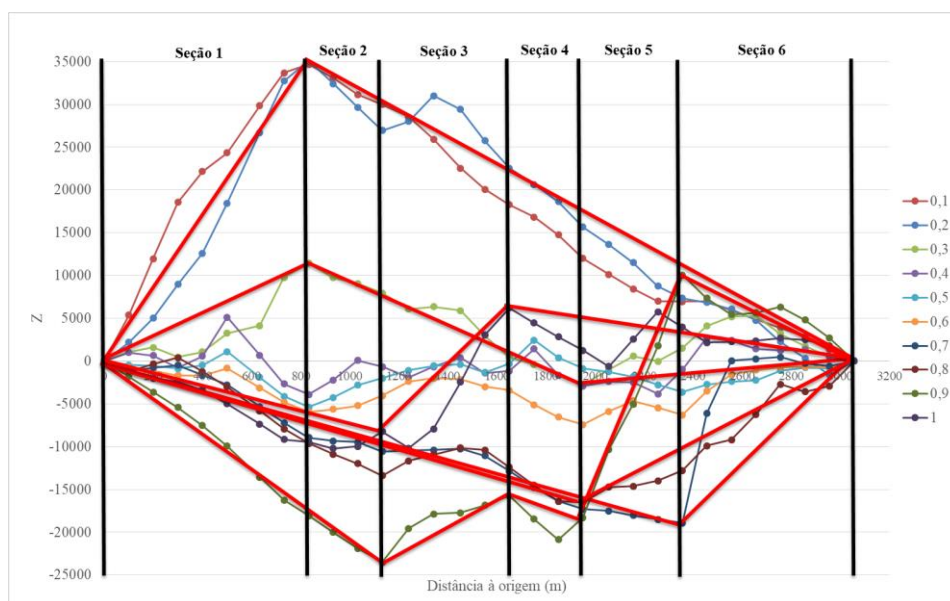


Figura 22. Delimitação das seções homogêneas, por meio dos resultados do ensaio PDL.

A partir das seções homogêneas obtidas, podem ser determinados os valores característicos de N10 de cada camada para cada seção, e por meio do RMS determinar o ponto representativo da seção, na qual será utilizada para realizar os restantes ensaios e análises (Figura 23).

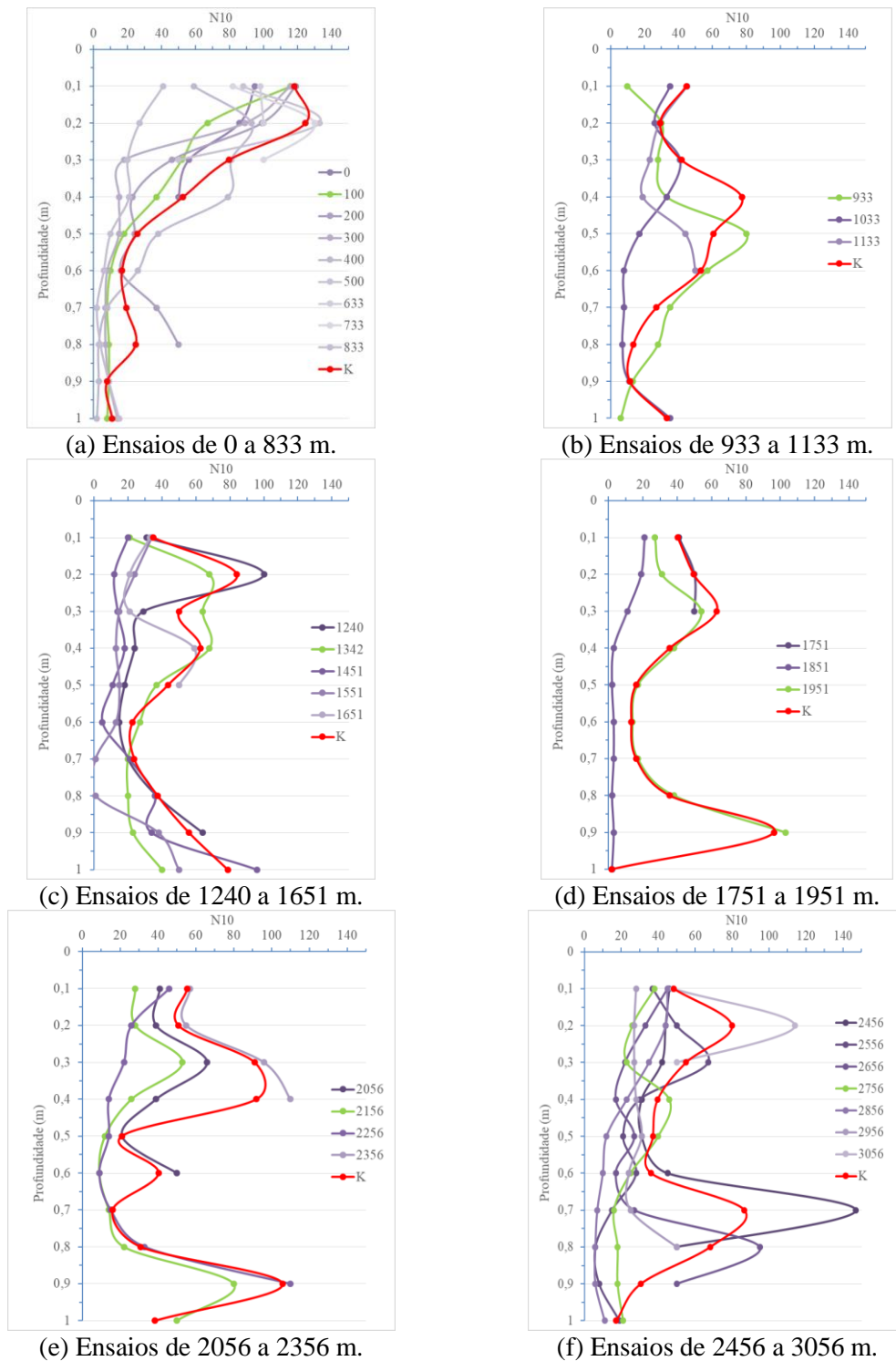


Figura 23. Resultados dos valores característicos de cada seção (K em vermelho) e pontos que mais se aproximam deste valor (verde), referentes ao ensaio PDL.

Assim, tendo em conta os dados obtidos, os pontos selecionados para a recolha de amostras são o 2, 10, 14, 20, 22 e 28, que obtiveram os valores RMS de 38,88%, 34,22%, 34,18%, 35,97%, 46,56% e 48,86%, respectivamente.

Como exposto, cada ponto obteve até 10 camadas que resultam de golpes de 0,1 em 0,1 m, ou seja, 10 valores de N10. Alguns pontos, devido à resistência do solo, não foram possíveis continuar até atingir 1 m de profundidade, e por consequência menos camadas foram determinadas. Ao correlacionar tantos resultados em um ponto somente, os valores de RMS deram altos, pois houve dispersão dos resultados em função das camadas interceptadas.

#### 4.2.2. Carga em Placa

O ensaio de carga em placa foi executado com base na norma NF P94-117-1 [41]. O procedimento de ensaio resulta em aplicar uma carga vertical em uma placa de 0,6 m e medir a penetração para determinar o módulo de deformabilidade.

Como mostra a Figura 24, um macaco hidráulico e um caminhão para dar reação são necessários para aplicar a carga vertical e a deflexão resultante da superfície resulta da leitura de três pontos, distribuída em 120 graus dos deflectômetros. Com a média da deflexão, o módulo de deformabilidade é calculado.



(a) Placa.



(b) Nível para deflectômetros.



(c) Deflectômetros digitais.



(d) Macaco hidráulico.

Figura 24. Equipamentos ensaio Carga em Placa.

Tendo em conta os resultados obtidos do ensaio de carga em placa, realizou-se a análise de seções homogêneas da AASHTO (APÊNDICE 4 - Seções homogêneas). A Figura 25 apresenta a diferença acumulada (número Z), realizado para os módulos de deformabilidade calculados por meio do ensaio.

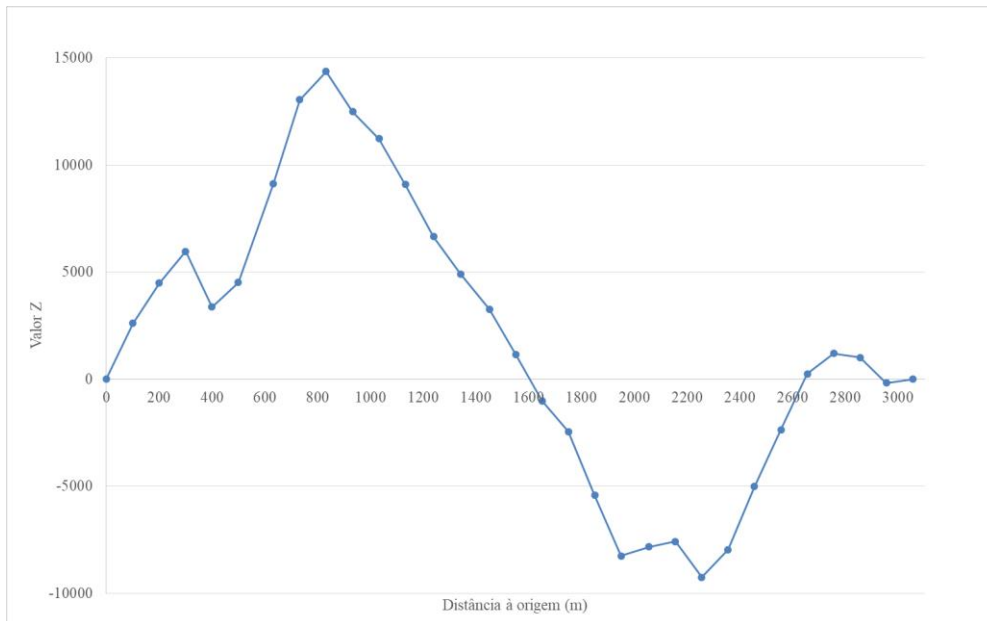


Figura 25. Diferença acumulada (Z), do ensaio de carga em placa.

A partir desta análise foi possível separar as seções por meio da alteração da inclinação das retas. Na Figura 26 nota-se que foram obtidas três seções homogêneas, por meio dos resultados do ensaio de carga em placa.

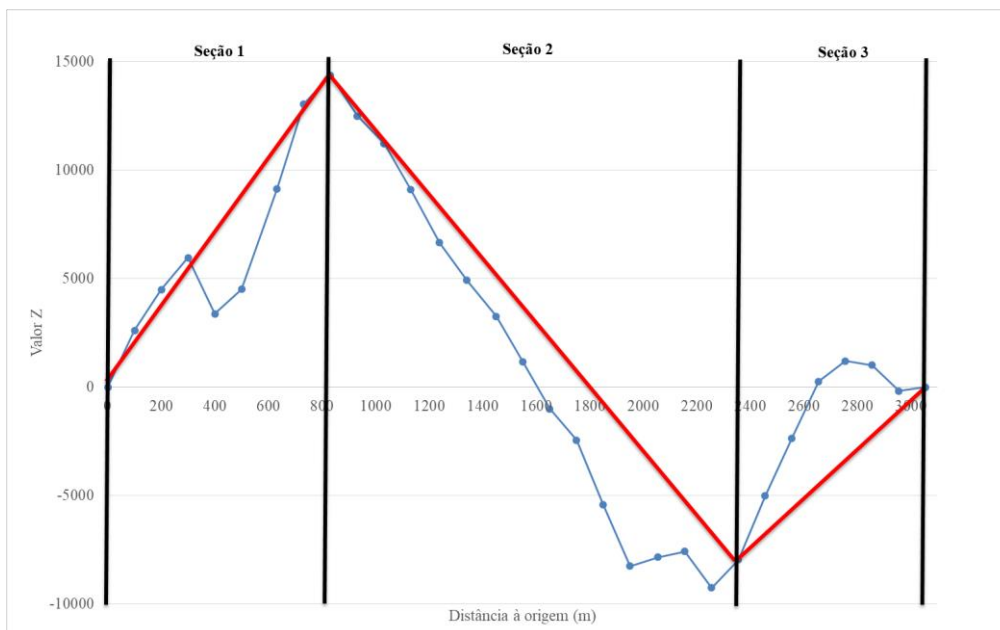


Figura 26. Delimitação das seções homogêneas, por meio do ensaio de carga em placa.

Assim como no ensaio PDL, o ponto representativo de cada seção com os resultados de EV2 do ensaio de carga em placa, é determinado a partir dos valores característicos de EV2, e conseqüentemente, por meio do RMS define-se o ponto representativo da seção (Figura 27).

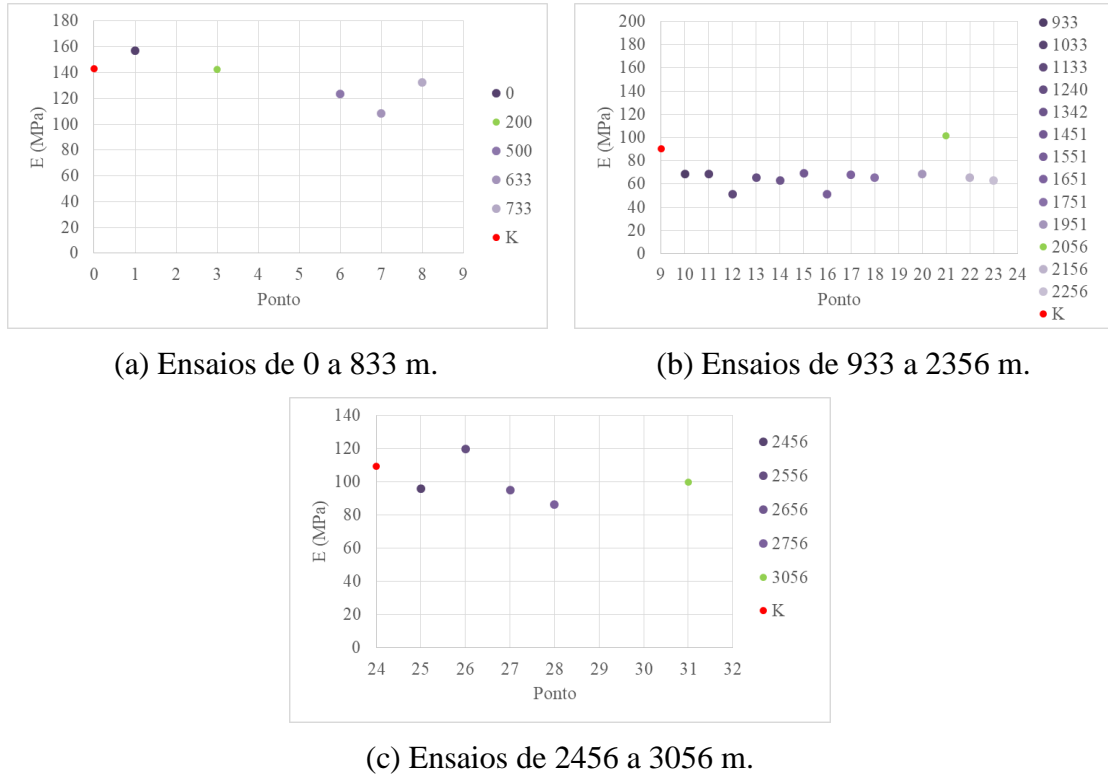


Figura 27. Resultados dos valores característicos de cada seção (K em vermelho) e pontos que mais se aproximam deste valor (verde), dos resultados do ensaio de carga em placa.

Assim, tendo em conta os dados obtidos, os pontos selecionados para a recolha de amostras são os pontos 3 (300m), 21 (2056m) e 31 (3056m) que obtiveram os valores RMS de 0,31%, 12,62% e 8,91%, respectivamente. Os baixos valores de erro se devem a ter apenas uma variável de comparação.

#### 4.2.3. Considerações

Apesar das seções homogêneas dos dois ensaios (PDL e carga em placa) apresentarem seções iguais nas distâncias de 0 a 833 metros e de 2456 a 3056 metros, os pontos representativos obtidos com os resultados de cada ensaio, são diferentes. Entende-se que, como são ensaios diferentes não se pode somar os erros (RMS) e o que der menor um menor valor de erro, realizar a recolha das amostras e os demais ensaios. Optou-se, então, por realizar os pontos de recolha de amostras nos 9 pontos selecionados, sendo seis

pontos obtidos por meio do ensaio PDL (2 (100m), 10 (933m), 14 (1342m), 20 (1951m), 22 (2156m) e 28 (2756m)) e três do ensaio carga em placa (3 (300m), 21 (2056m) e 31 (3056m)).

Entretanto, para recolha das amostras do solo, só foi possível recolher solo até uma profundidade de 0,4m, devido ao local pertencer a uma reserva natural e não ser possível usar equipamento pesado (tipo retroescavadeira) para obter solo a maior profundidade. Devido a esta limitação, foi necessário reavaliar as seções homogêneas para os resultados obtidos no ensaio PDL e considerar para o estudo apenas os resultados até aos 0,4 metros do ensaio. Na Figura 28 verifica-se que foram obtidas três seções homogêneas quando se considera apenas os resultados do ensaio PDL até aos 0,4 m de profundidade.

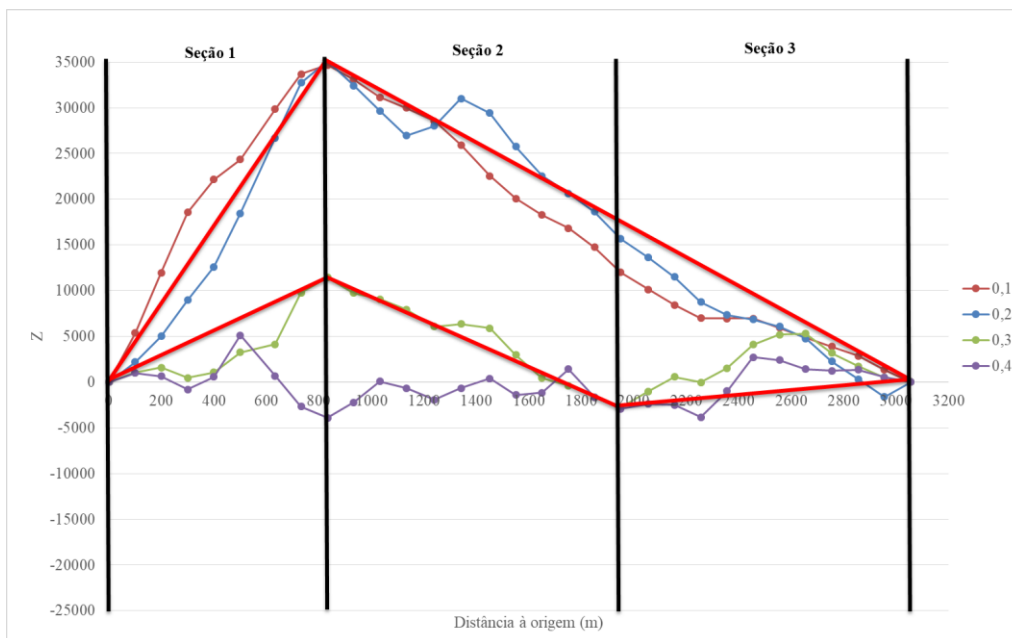
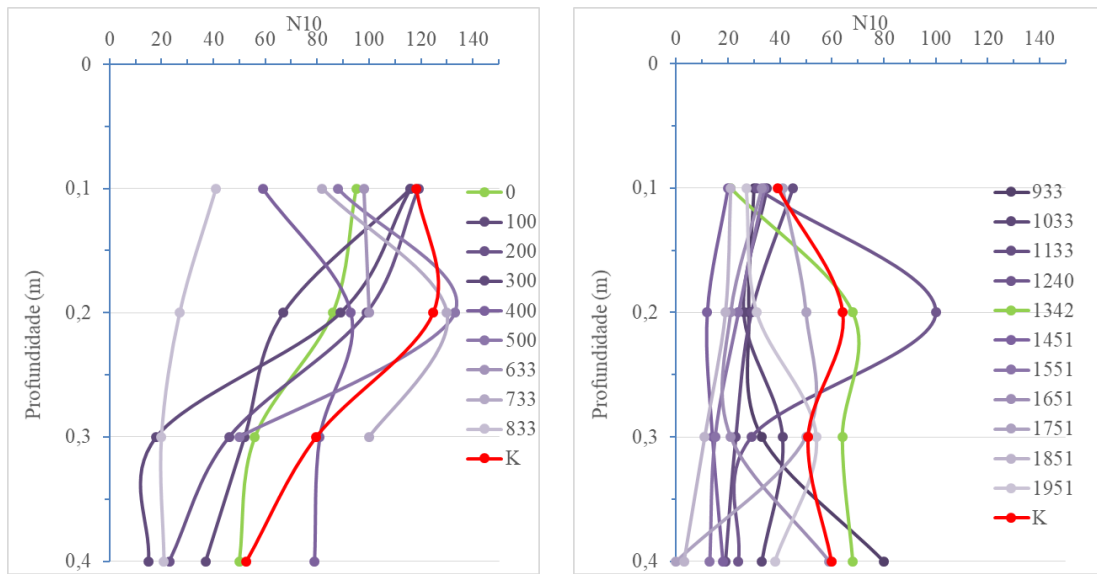


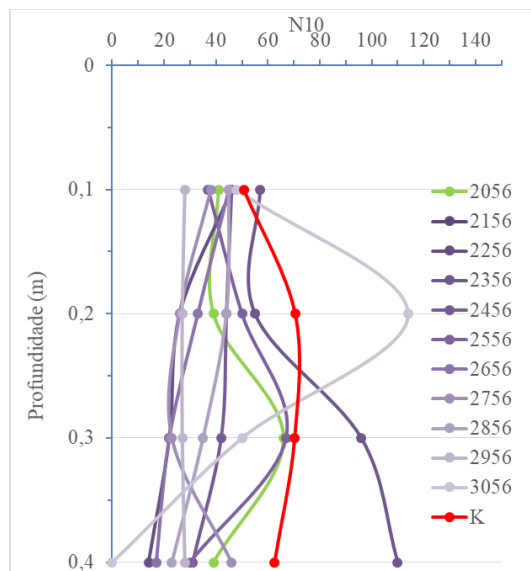
Figura 28. Delimitação das seções homogêneas, por meio do ensaio de PDL nos 0,4 primeiros metros.

Desta forma, os valores característicos em cada seção mudam, e por meio do RMS determina-se os novos pontos representativos referentes aos resultados de N10 (Figura 29).



(a) Ensaios de 0 a 833 m.

(b) Ensaios de 933 a 1951 m.



(c) Ensaios de 1951 a 3056 m.

Figura 29. Resultados dos valores característicos de cada seção (K em vermelho) e pontos que mais se aproximam deste valor (verde), resultados do ensaio PDL para os primeiros 0,4m.

Assim, tendo em conta os dados obtidos, os pontos seleccionados para a recolha de amostras são os pontos 1 (0m), 14 (1342m) e 21 (2056m) que obtiveram os valores RMS de 0,31%, 12,62% e 8,91%, respectivamente. Os baixos valores de erro se deve a ter menos variáveis de comparação.

Portanto, no total foram seleccionados cinco pontos para recolha de amostras que representam as seções homogêneas, são eles: pontos 1 (0m), 3 (300m), 14 (1342m), 21 (2056m) e 31 (3056m) (distância à origem).

### 4.3. Amostragem

A recolha da amostra na estrada foi realizada com uma enxada e uma pá e colocada em um saco para transporte, como mostra a Figura 30.



Figura 30. Modo de recolha das amostras.

Nos cinco pontos seleccionados para a colheita de amostra, foram obtidos 35 kg de solo até uma profundidade de 0,4 m para posteriormente realizar os ensaios em laboratório. Ao escavar o subsolo, notou-se a existência de distintas camadas de solo (Figura 31) e por isso, optou-se pela separação das amostras para realização dos ensaios previstos neste trabalho.

As amostras apresentavam visualmente diferenças, porém poucas, nas cores e na quantidade de grossos. O material retirado chegou ao laboratório e foi separado uma parte para o ensaio de granulometria e a outra parte para Proctor normal e CBR.

Para o ensaio Proctor normal e CBR, o solo foi dividido em duas partes, solos finos e grossos a partir da peneira nº 4. As Figuras 32 e 33 mostram as amostras de cada ponto e cada camada com o material separado para a realização desses ensaios. Em ambas as figuras, percebe-se que a quantidade de material fino é consideravelmente maior que a de grossos. Apesar disto, material grosso exposto pode ser encontrado no local facilmente.

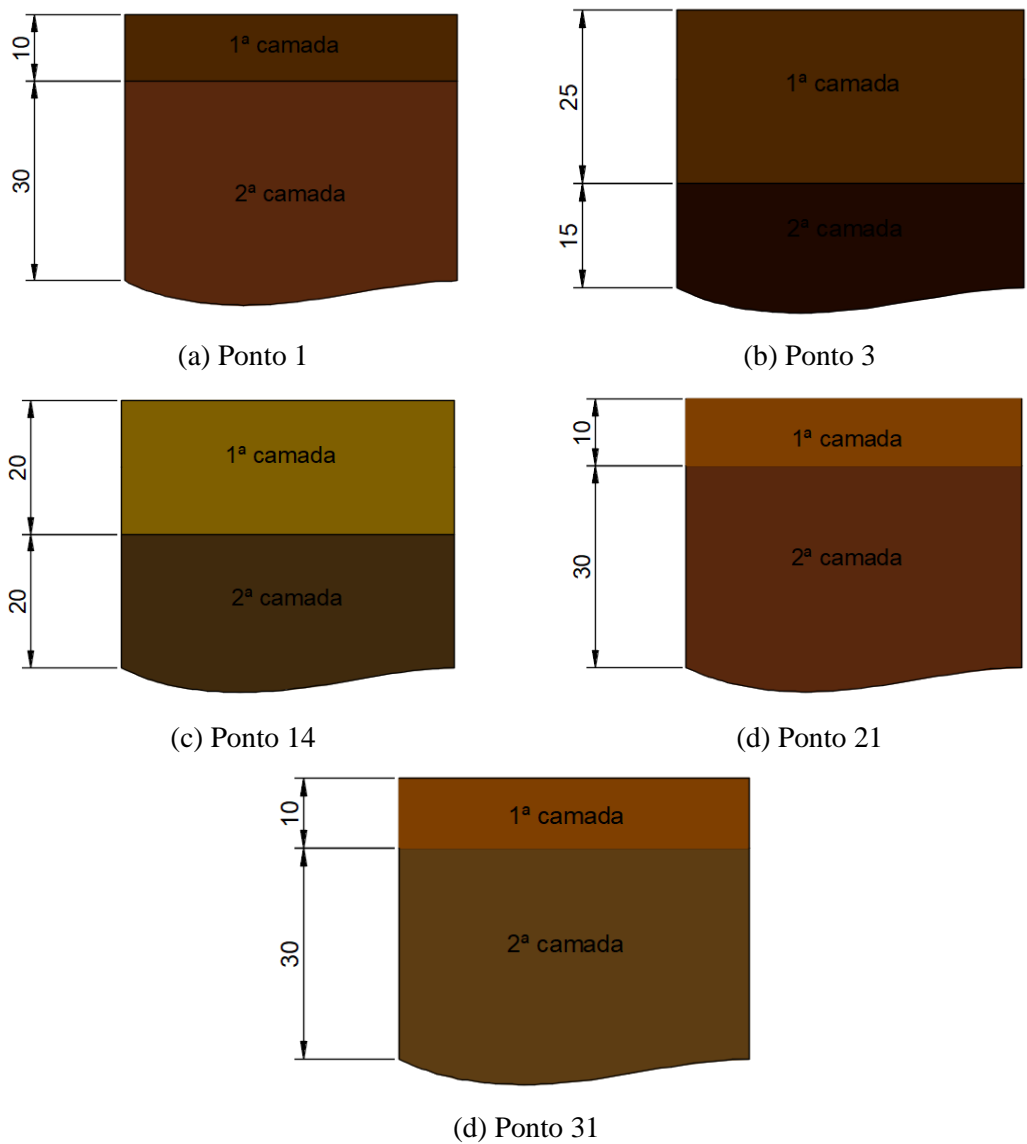


Figura 31. Perfil geotécnico dos pontos onde as amostras foram coletadas. (dimensões em cm).



(a) Ponto 1 (1 camada).



(b) Ponto 3 (1) sem a parte retida na peneira nº 4.



(c) Ponto 14 (1).



(d) Ponto 21 (1).



(e) Ponto 31 (1).

Figura 32. Amostras de solos coletadas na 1ª camada, em distintos pontos.



(a) Ponto 1 (2ª camada).



(b) Ponto 3 (2) sem a parte retida na peneira nº 4.



Ponto 14 (2).



Ponto 21 (2).



Ponto 31 (2).

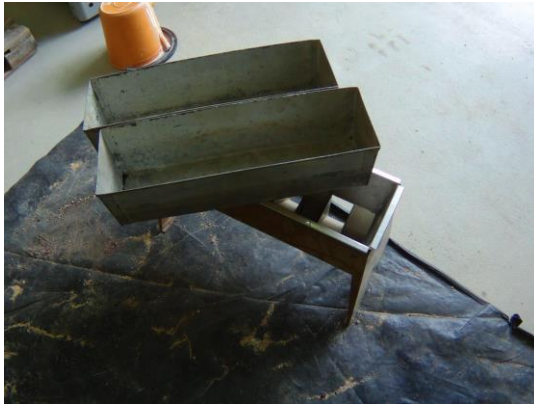
Figura 33. Amostras de solos coletadas na 2ª camada, em distintos pontos.

#### 4.4. Ensaio em laboratório

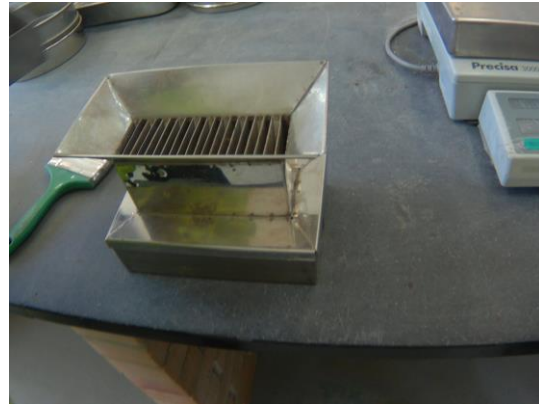
Nesta seção os resultados dos ensaios de análise granulométrica, Proctor normal e CBR, são apresentados e discutidos.

#### 4.4.1. Análise granulométrica

A análise granulométrica foi realizada para cada camada (1 e 2) das cinco amostras recolhidas. Para separar pequenas amostras “homogêneas” de uma grande quantidade de solo, foram utilizados os equipamentos apresentados na Figura 34.



(a) Repartidor de amostras para solos grossos.



(b) Repartidor de amostras para solos finos.

Figura 34. Repartidor de amostras.

O ensaio foi realizado segundo norma LNEC E 239 – 1970 [62] e utilizou a série de peneiras apresentada na Figura 35.



(a) Peneiras para fração retida na peneira de 2,00 mm (nº10)



(b) Peneiras para fração passada na peneira de 2,00 mm (nº10)

Figura 35. Peneiras utilizadas para realização da análise granulométrica.

Os resultados obtidos do ensaio de granulometria, para posteriormente identificação do tipo de solo, estão no APÊNDICE 5 - Análise granulométrica deste trabalho. A Figura 36 apresenta as curvas granulométricas de todas as amostras de solo analisados.

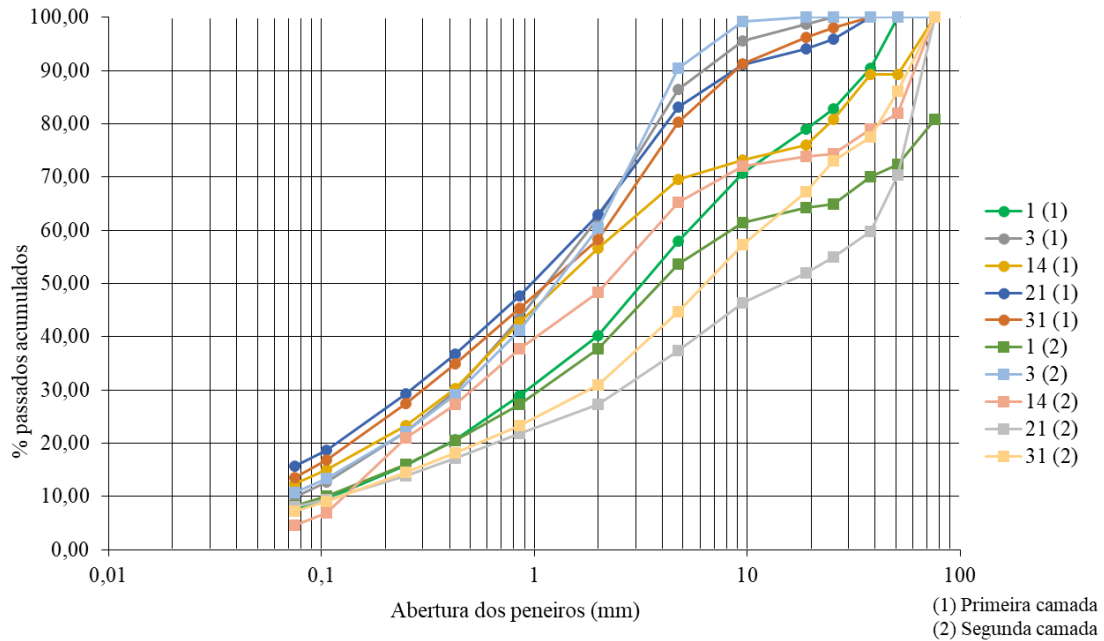


Figura 36. Curva granulométrica da camada 1 e 2 de cada ponto.

Os solos das diferentes camadas foram posteriormente classificados, primeiro pelo sistema unificado de classificação de solos (SUCS), normatizado pela ASTM D 2487 – 85 [32] e em seguida pela classificação HRB para fins rodoviários [33] e os índices usados para tal análise. Assim:

**Ponto 1 (0m):**

- 1.<sup>a</sup> camada: é uma areia bem graduada com silte e pedregulho (SW-SM) – (SUCS), cujo 42 % e 92% são retidos acumulados nas peneiras número 4 e 200 respectivamente, e com diâmetro efetivo  $D_{10} = 0,11$  mm;  $D_{30} = 0,90$  mm e  $D_{60} = 4,76$  mm, sendo o coeficiente de curvatura  $C_c = 1,6$  e  $C_u = 44,9$ . Na classificação HBR, este solo predomina pedra e pedregulho com ligante sem areia fina (A1a), o solo tem cerca de 40%, 21% e 8% de passantes acumulados nas peneiras 10, 40 e 200, respectivamente.

- 2.<sup>a</sup> camada: trata-se de um pedregulho bem graduado com silte e areia (GW-GM) – (SUCS), o solo tem cerca de 46 % e 92% retidos acumulados nos peneiros número 4 e 200 respectivamente,  $D_{10} = 0,10$  mm;  $D_{30} = 1,00$  mm;  $D_{60} = 9,51$  mm,  $C_c = 1,1$  e  $C_u = 95,1$ . Na classificação HBR, este solo é classificado da mesma maneira que a 1.<sup>a</sup> camada (A1a), o solo tem cerca de 38%, 20% e 8% de passantes acumulados nos peneiros 10, 40 e 200, respectivamente.

**Ponto 3 (300 m):**

- 1.<sup>a</sup> camada: o solo classifica-se como areia bem graduada com silte (SW-SM) – (SUCS), cujo 13% e 90% são retidos acumulados nos peneiros número 4 e 200 respectivamente,  $D_{10} = 0,08$  mm;  $D_{30} = 0,43$  mm;  $D_{60} = 1,90$  mm,  $C_c = 1,3$  e  $C_u = 25,3$ . Já na classificação HBR, este solo predomina areia média com ou sem ligante, bem graduado (A1b), o solo tem cerca de 62%, 30% e 10% de passantes acumulados nos peneiros 10, 40 e 200, respectivamente.
- 2.<sup>a</sup> camada: é uma areia mal graduada com silte (SP-SM) – (SUCS), o solo tem cerca de 35% e 95% retidos acumulados nos peneiros número 4 e 200 respectivamente,  $D_{10} = 0,12$  mm;  $D_{30} = 0,50$  mm;  $D_{60} = 3,75$  mm,  $C_c = 0,6$  e  $C_u = 31,3$ . Na classificação HBR, este solo é classificado da mesma maneira que a 1.<sup>a</sup> camada (A1b), o solo tem cerca de 61%, 29% e 11% de passantes acumulados nos peneiros 10, 40 e 200, respectivamente.

**Ponto 14 (1342 m):**

- 1.<sup>a</sup> camada: trata-se de uma areia siltosa com pedregulho (SW-SM) – (SUCS), cujo 30 % e 88% são retidos acumulados nos peneiros número 4 e 200 respectivamente, e com diâmetro efetivo  $D_{10} = 0$  mm;  $D_{30} = 0,43$  mm e  $D_{60} = 2,50$  mm. Na classificação HBR, este solo predomina areia média com ou sem ligante, bem graduado (A1b), o solo tem cerca de 57%, 30 % e 21% de passantes acumulados nos peneiros 10, 40 e 200, respectivamente.
- 2.<sup>a</sup> camada: é uma areia mal graduada com pedregulho (SP) – (SUCS), o solo tem cerca de 35% e 95% retidos acumulados nos peneiros número 4

e 200 respectivamente,  $D_{10} = 0,12$  mm;  $D_{30} = 0,50$  mm;  $D_{60} = 3,75$  mm,  $C_c = 0,6$  e  $C_u = 31,3$ . Já na classificação HBR, este solo predomina pedra e pedregulho com ligante sem areia fina (A1a), o solo tem cerca de 48 %, 27% e 5% de passantes acumulados nos peneiros 10, 40 e 200, respectivamente.

**Ponto 21 (2056 m):**

- 1.<sup>a</sup> camada: o solo classifica-se como areia siltosa (SM) – (SUCS), cujo 17% e 84% são retidos acumulados nos peneiros número 4 e 200 respectivamente. Já na classificação HBR, este solo predomina areia média com ou sem ligante, bem graduado (A1b), o solo tem cerca de 63%, 37% e 16% de passantes acumulados nos peneiros 10, 40 e 200, respectivamente.
- 2.<sup>a</sup> camada: trata-se de um pedregulho bem graduado com silte e areia (GW-GM) – (SUCS), o solo tem cerca de 63% e 92% retidos acumulados nos peneiros número 4 e 200 respectivamente,  $D_{10} = 0,10$  mm;  $D_{30} = 2,70$  mm;  $D_{60} = 38,10$  mm,  $C_c = 1,9$  e  $C_u = 381$ . Já na classificação HBR, este solo predomina pedra e pedregulho com ligante sem areia fina (A1a), o solo tem cerca de 28%, 17% e 8% de passantes acumulados nos peneiros 10, 40 e 200, respectivamente.

**Ponto 31 (3056 m):**

- 1.<sup>a</sup> camada: é uma areia siltosa (SM) – (SUCS), cujo 20% e 86% são retidos acumulados nos peneiros número 4 e 200 respectivamente. Na classificação HBR, este solo predomina areia média com ou sem ligante, bem graduado (A1b), o solo tem cerca de 58%, 35% e 14% de passantes acumulados nos peneiros 10, 40 e 200, respectivamente.
- 2.<sup>a</sup> camada: o solo classifica-se como um Pedregulho mal graduado com silte e areia (GP-GM) – (SUCS), o solo tem cerca de 55% e 93% retidos acumulados nos peneiros número 4 e 200 respectivamente,  $D_{10} = 0,11$  mm;  $D_{30} = 1,95$  mm;  $D_{60} = 10,10$  mm;  $C_c = 3,4$  e  $C_u = 91,8$ . Na classificação HBR, este solo predomina pedra e pedregulho com ligante sem areia fina (A1a),

o solo tem cerca de 31%, 18% e 7% de passantes acumulados nos peneiros 10, 40 e 200, respectivamente.

A Tabela 22 apresenta, de forma resumida, as classificações dos solos segundo os dois sistemas de classificação usados.

Tabela 22. Resumo da classificação dos solos.

Pontos	Camada	Sistema de classificação	
		S.U.C.S.	H.R.B
1	1.º	SW-SM a	A1a
	2.º	GW-GM	A1a
3	1.º	SW-SM	A1b
	2.º	SP-SM	A1b
14	1.º	SM a	A1b
	2.º	SP	A1a
21	1.º	SM	A1b
	2.º	GW-GM	A1a
31	1.º	SM	A1b
	2.º	GP-GM	A1a

Ressalta-se que os solos colhidos nos cinco pontos de amostragem não apresentaram índice de plasticidade (IP). Durante a realização dos ensaios de identificação não foi possível determinar os limites de consistência, portanto, partiu-se do princípio que os solos são não plásticos (NP).

Conclui-se que os solos encontrados em todos os pontos de amostragem são adequados para uso em camadas que constituem o pavimento (sub-base). Por mais que o sistema HBR cite que o solo funciona como sub-base, esta norma refere-se a pavimentos asfálticos e/ou de concreto. As normas referentes a estradas não pavimentadas fazem a relação por meio do CBR, se o solo é propício para ser utilizado em camadas de base e sub-base.

#### **4.4.2. Proctor normal**

Foram realizados ensaios Proctor normal segunda a norma ASTM D-698-07 [63], como mostra a Figura 37.

O ensaio de Proctor centra-se em compactar o solo em um cilindro com volume específico e variar a umidade de forma a obter a umidade ótima de compactação. O cilindro utilizado foi o grande e solo não obteve reuso para o ensaio CBR.



(a) Processo de preparação da amostra para ensaio de compactação.



(b) Incorporação de água às partículas do solo.



(c) Adição de solos em camadas para compactação automática.



(d) Ajuste do colarinho.



(e) Pesagem do cilindro de compactação + solo úmido.



(f) Extração do corpo de prova de solo compactado.



(g) Separação da amostra.



(h) Materiais a serem secos na estufa.

Figura 37. Ensaio Proctor normal.

Por meio dos ensaios, foram obtidos os teores ótimos de umidade de cada solo, assim como suas respectivas massas específicas aparentemente secas. A Figura 38 mostra as curvas de compactação obtidas para cada amostra de solo coletada.

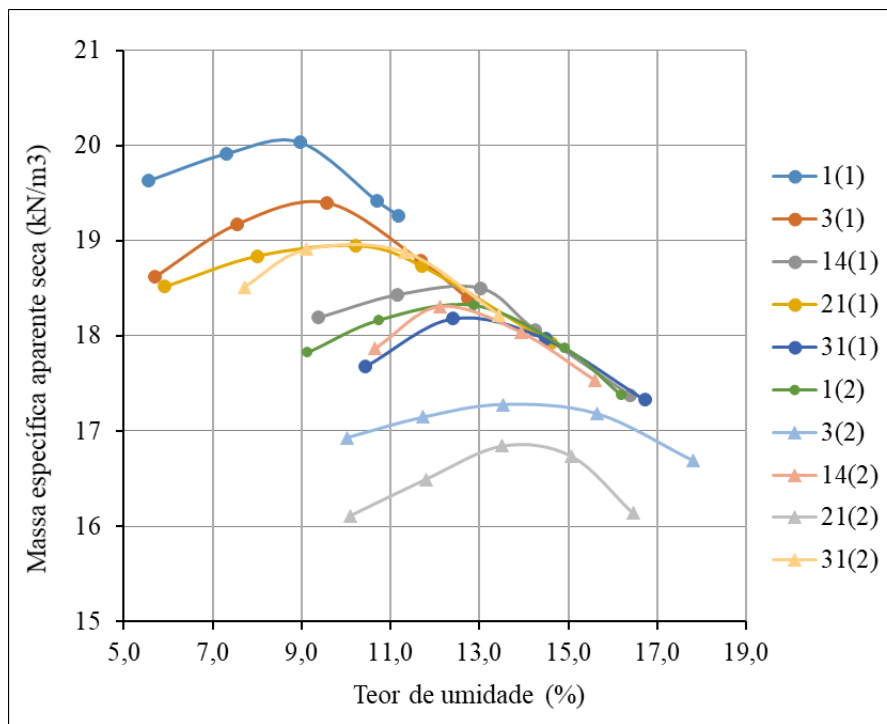


Figura 38. Resultado do ensaio proctor normal dos pontos de ensaio selecionados.

A Tabela 23 apresenta os valores de teor de umidade ótimo de cada camada dos pontos selecionados para o ensaio. Este ensaio foi realizado com o intuito de ser a base para o ensaio CBR em laboratório, como também, conhecer a quantidade de água necessária para obter uma ótima compactação do solo.

Tabela 23. Teor de umidade ótimo das amostras.

Pontos	Camada	Massa específica aparente seca ótima (kN/m³)	Teor ótimo (%)
1	1. <sup>a</sup>	20,1	9,2
	2. <sup>a</sup>	18,2	13,0
3	1. <sup>a</sup>	19,3	9,7
	2. <sup>a</sup>	17,3	14,0
14	1. <sup>a</sup>	18,6	13,5
	2. <sup>a</sup>	18,2	12,5
21	1. <sup>a</sup>	19,0	10,5
	2. <sup>a</sup>	17,0	14,0
31	1. <sup>a</sup>	18,2	13,0
	2. <sup>a</sup>	18,9	10,2

Os resultados obtidos a partir de análises de dados de ensaios foram, em sua grande maioria, valores parecidos tanto da massa específica aparente seca quanto do teor de umidade ótimo. Isto demonstra que as amostras apresentam comportamentos similares. Os valores individuais de cada solo estão no APÊNDICE 6 - Ensaio de Proctor.

#### 4.4.3. *California Bearing Ratio - CBR*

O ensaio de *California Bearing Ratio* (CBR) foi realizado segundo norma ASTM D-1883-07 [36], na Figura 39 mostra algumas fases da realização do ensaio.



(a) Solo com teor ótimo de água.



(b) Compactação.



(c) Imersão dos corpos de prova de solo compactado em água.



(d) Equipamento do ensaio CBR.

Figura 39. Procedimentos laboratoriais do ensaio CBR.

A Tabela 24 apresenta os valores de CBR obtidos para cada camada de solo nos pontos selecionados para ensaio.

O valor do CBR obtido é para 95% do grau de compactação ótimo. Observa-se que os valores de CBR no Ponto 1 e 3 são próximos e apresentam valores altos de resistência. Enquanto, no Ponto 14, na primeira camada, o resultado obtido de CBR é o

menor apresentado. Nos pontos 21 e 31, os resultados obtidos de CBR, na primeira camada também são próximos e confere a uma boa resistência do solo.

Tabela 24. CBR do solo nos pontos selecionados.

Pontos	Camada	CBR (%)
1	1.º	38,79
	2.º	29,97
3	1.º	36,84
	2.º	23,37
14	1.º	17,62
	2.º	37,78
21	1.º	29,33
	2.º	20,94
31	1.º	30,14
	2.º	40,20

#### 4.5. Ensaios in situ

Nesta seção os resultados dos ensaios de penetrômetro dinâmico ligeiro, carga em placa, célula de carga radioativa e CBR *in situ*, são apresentados e discutidos.

##### 4.5.1. Penetrômetro dinâmico ligeiro PDL e ensaio de Carga em Placa nos pontos representativos

A Figura 40 apresenta o resultado do ensaio de PDL dos pontos selecionados. Nota-se que na maioria dos pontos como no 1, 3, 21 e 31 o solo é tão resistente que terminou o ensaio antes de atingir 1 m, quando não apresentava penetração do cone após 50 golpes do ensaio (N10=50).

Entretanto o Ponto 14 mostra que o número de pancadas para atingir 1 m de profundidade é baixo, de modo a indicar baixa resistência do solo, isto é também observado na Tabela 25, onde estão representados os resultados obtidos do módulo de deformabilidade do solo a partir do ensaio de carga em placa.

Tabela 25. Resultado do ensaio de carga em placa nos pontos selecionados.

Pontos	EV1 (MPa)	EV2 (MPa)	EV2/EV1
1	108,6	157,2	1,448
3	124,9	142,6	1,142
14	37,9	63,0	1,663
21	124,5	101,8	0,818
31	67,1	99,6	1,485

Por meio dos resultados, de uma forma geral, a estrada apresentou uma boa compactidade (razão EV2/EV1 < 2 [43]).

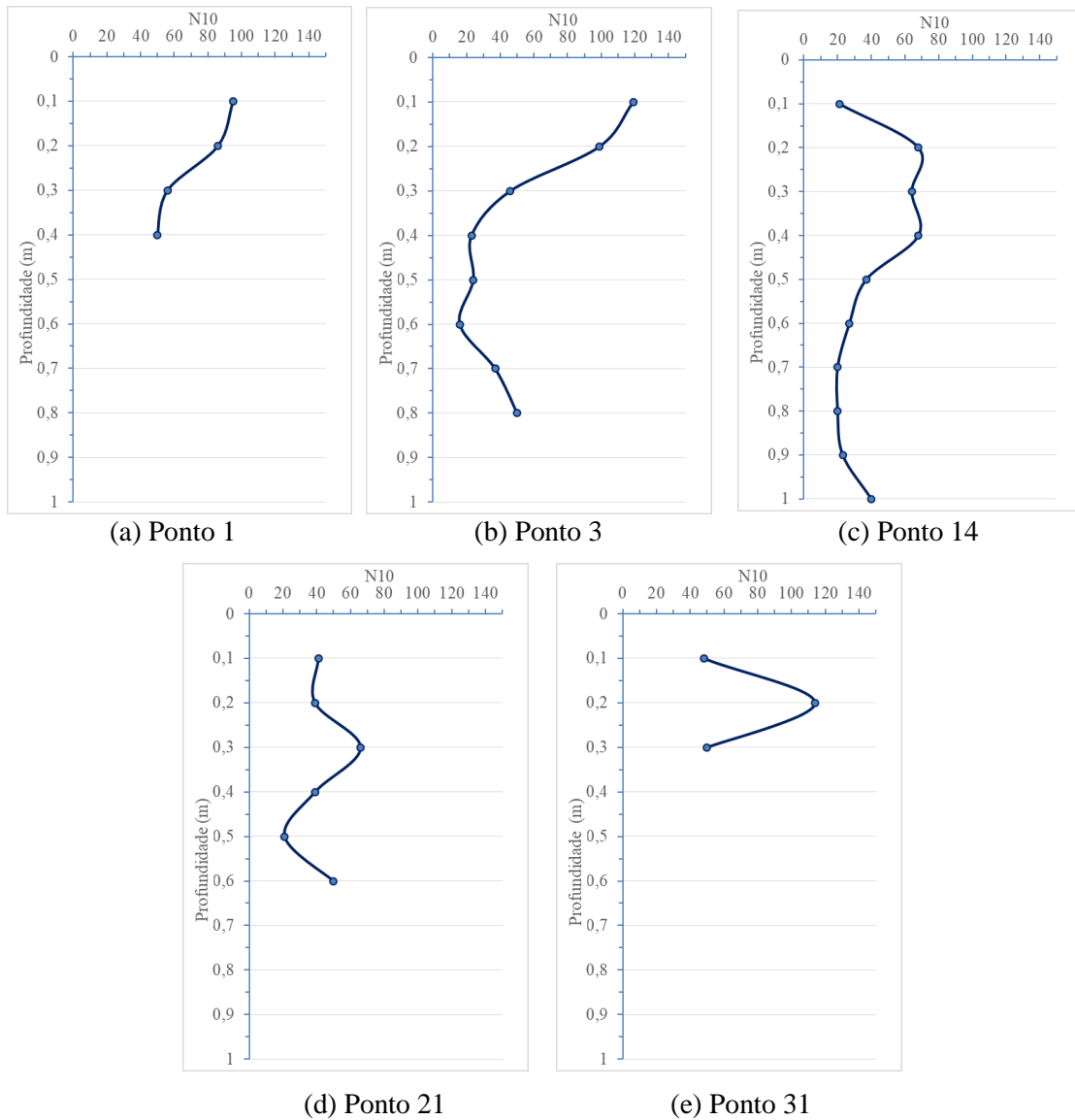


Figura 40. Resultado dos ensaios de PDL nos pontos selecionados.

#### 4.5.2. Determinação da compactação com célula radioativa (gamadensímetro)

A determinação da compactação com célula radioativa foi realizada com base na Norma ASTM D-2922-01 [59], e o equipamento utilizado é o apresentado na Figura 41.



Figura 41. Célula de carga radioativa.

O ensaio foi realizado com haste entre 0,1 e 0,15 m de profundidade e por meio dele, os valores de massa específica seca ( $\gamma_d$ ), úmida ( $\gamma_{úmido}$ ) e teor de umidade ( $w$ ) foram adquiridos. A Tabela 26 apresenta os resultados de ensaio em cada ponto.

Tabela 26. Resultados de massa específica seca, úmida e teor de umidade obtidos por meio do ensaio da célula de carga radioativa.

Ponto	$\gamma_d$ (kN/m <sup>3</sup> )	$\gamma_{úmido}$ (kN/m <sup>3</sup> )	w (%)	Ponto	$\gamma_d$ (kN/m <sup>3</sup> )	$\gamma_{úmido}$ (kN/m <sup>3</sup> )	w (%)
<b>1</b>	<b>20,3</b>	<b>21,5</b>	<b>5,8</b>	17	18,5	20,5	10,7
2	20,4	21,3	5,6	18	17,3	19,9	15,2
<b>3</b>	<b>20,5</b>	<b>21,6</b>	<b>5,7</b>	19	15,5	18,6	20,2
4	20,0	21,1	5,3	20	18,1	19,8	9,3
5	20,2	21,6	6,9	<b>21</b>	<b>18,1</b>	<b>20,1</b>	<b>11,0</b>
6	20,1	21,5	7,2	22	17,7	20,0	13,3
7	19,6	20,9	6,9	23	18,5	20,1	8,5
8	20,0	21,7	8,1	24	18,2	19,8	9,0
9	21,0	22,2	5,7	25	18,3	20,0	9,3
10	17,6	20,0	13,6	26	18,6	20,4	9,5
11	19,2	21,1	10,1	27	18,6	20,2	8,8
12	17,1	19,6	14,3	28	18,5	20,0	8,3
13	17,7	19,6	10,5	29	18,3	19,7	8,0
<b>14</b>	<b>18,4</b>	<b>20,1</b>	<b>9,2</b>	30	17,6	20,0	13,8
15	18,4	20,1	9,4	<b>31</b>	<b>17,7</b>	<b>19,9</b>	<b>12,2</b>
16	17,5	20,0	14,7				

A massa específica determinada por meio da célula de carga radioativa e determinada em laboratório deram valores semelhantes, como apresentada na Tabela 27.

Tabela 27. Grau de compactação dos solos em estudo.

Pontos	Massa específica aparente seca lab (kN/m <sup>3</sup> )	Massa específica seca in situ (kN/m <sup>3</sup> )	Grau de compactação (%)	w (%)
1	20,1	20,3	100,98	5,8
3	19,3	20,5	105,89	5,7
14	18,6	18,4	98,63	9,2
21	19,0	18,1	94,95	11,0
31	18,2	17,7	97,04	12,2

O grau de compactação foi determinado por meio da razão entre a massa específica obtida *in situ* e da obtida em laboratório (primeira camada). Portanto, com estes resultados, o solo do local encontra-se bem compactado.

#### 4.5.3. CBR *in situ*

O ensaio de CBR *in situ* foi realizado segundo a norma BS 1377:9 [44] e algumas fases de ensaio são representadas na Figura 42.



(a) Fixação do equipamento no veículo de reação.



(b) Equipamento pronto para realização do ensaio.



(c) Aparelho de medição da força axial e penetração do pistão.



(d) Apresentação do solo após ensaio.

Figura 42. Ensaio CBR *in situ*.

A Tabela 28 apresenta os valores de CBR *in situ* para os pontos representativos das seções homogêneas.

Tabela 28. CBR *in situ* dos pontos representativos.

<b>Pontos</b>	<b>CBR (%)</b>
<b>1</b>	37,33
<b>3</b>	39,95
<b>14</b>	23,72
<b>21</b>	30,79
<b>31</b>	28,41

Assim como no ensaio de CBR em laboratório, observa-se que os valores de CBR no ponto 1 e 3 são idênticos e apresentam valores altos de resistência. Enquanto que no ponto 14, o valor obtido é o mais baixo dos 5 ensaios.

Os resultados obtidos em campo, estão na mesma escala que os em laboratório, quando comparada a primeira camada realizada em laboratório e os resultados *in situ*.

#### **4.6. Dimensionamento da estrada não pavimentada**

O método utilizado para dimensionamento escolhido foi o contido no Manual ERA [12], relativo a EBVT não pavimentada. Isto devido a estrada em questão não poder receber nenhum tratamento betuminoso ou de concreto em sua superfície, por se tratar de um parque natural.

O dimensionamento é realizado por método empírico (ver item 2.3), que correlaciona a classe de tráfego com a resistência do subleito (resultado de CBR, em %), que resulta na espessura da camada de base que será necessária para um bom funcionamento da estrada.

Durante realização dos demais ensaios em campo, notou-se pouco tráfego na estrada em estudo por este motivo, o tipo de tráfego considerado é o LV1, menor classe de tráfego do manual. Em relação a resistência do subleito, para dimensionamento utilizou-se do menor valor determinado em laboratório de CBR, no caso, do ponto 14 com 17,62%. Segundo o Manual ERA [12], para este valor é considerado uma classe de subleito S5, classe com alta resistência. Com estes dados adquiriu a configuração apresentada na Figura 43.

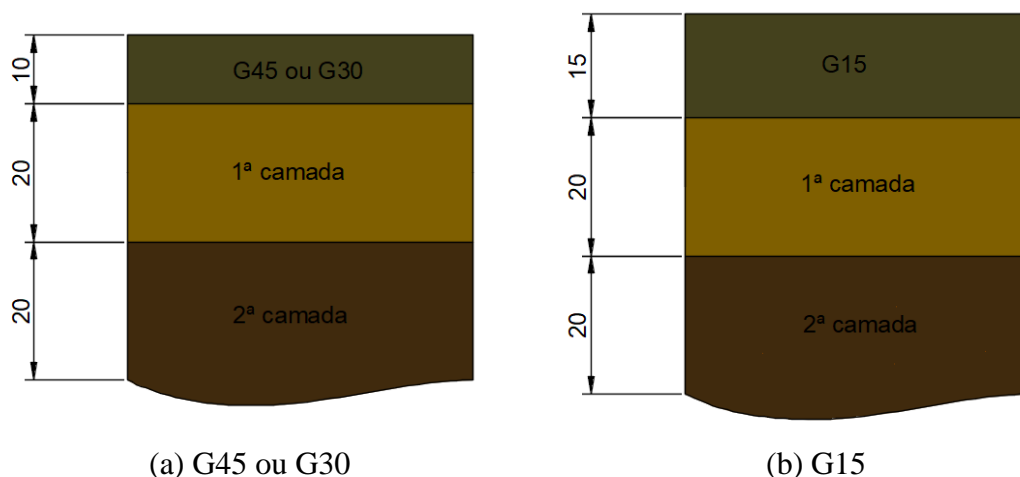


Figura 43. Dimensionamento para base tipo G45, G30 e G15. (dimensões em cm) (sem escala)

O tipo de base G45 e G30 são cascalhos naturais que apresentam valores de CBR entre 45% e 30%, respectivamente. Enquanto o G15 é um solo/brita que possui um CBR de 15%.

Como se percebe, os valores de CBR são os mesmos encontrados no local, com isso, pode utilizar o próprio material existente no local, necessitando apenas de ser recompactado tendo atenção a drenagem do pavimento e seu formato (design da estrada).

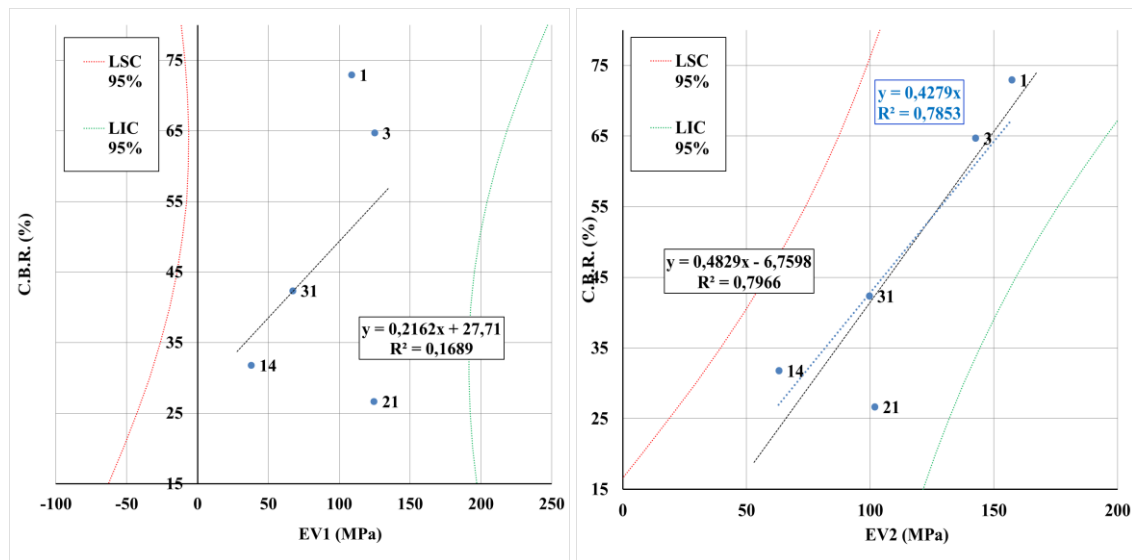
#### 4.7. Correlações entre os resultados dos ensaios realizados

Nesta seção pretende estabelecer uma comparação entre os resultados obtidos entre os diferentes tipos de ensaios realizados ao longo do trabalho. As correlações que serão apresentadas neste subcapítulo são: CBR em laboratório para o mesmo grau de compactação *in situ* vs carga em placa (EV1 e EV2); CBR em laboratório para o mesmo grau de compactação *in situ* vs PDL ( $q_d$ ); carga em placa (EV1 e EV2) vs PDL ( $q_d$ ); CBR *in situ* vs carga em placa (EV1 e EV2); CBR *in situ* vs PDL ( $q_d$ ) e CBR *in situ* vs CBR em laboratório para o mesmo grau de compactação *in situ*. Pretende-se assim, perceber se existe alguma correlação entre resultados destes ensaios, para base de dados existentes na instituição. Uma vez que há poucos resultados e as condições existentes no local são adversas, não servem, portanto, como referencial para outros trabalhos. A obtenção das correlações entre os resultados dos ensaios está explicada no APÊNDICE 9 - Correlações.

As correlações mais comumente utilizadas entre os ensaios são aquelas desenvolvidas a partir de funções lineares, como as apresentadas a seguir, foram

representados os limites inferiores e superiores de confiança a 95% (LIC 95% e LSC 95%, respectivamente), determinados por meio da distribuição de probabilidade *T-Student*. Esta distribuição foi utilizada devido ser adequada para amostras limitadas, como é o caso. O intervalo de confiança é o intervalo com 95% de probabilidade de ocorrer a situação desejada.

A Figura 44 apresenta a não correlação de CBR em laboratório para o mesmo grau de compactação *in situ*, versus resultados do ensaio de carga em placa (EV1 e EV2 em MPa) obtida utilizando os dados dos ensaios nos pontos selecionados das seções homogêneas. O EV1 é o módulo de deformabilidade do primeiro ciclo de carga referente ao ensaio de carga em placa e o EV2 é o módulo de deformabilidade do segundo ciclo de carga do ensaio de carga em placa.



(a) CBR laboratório vs EV1

(b) CBR laboratório vs EV2

Figura 44. Correlação entre CBR em laboratório e carga em placa (EV1 e EV2).

A Figura 44a mostra a correlação de CBR em laboratório para o mesmo grau de compactação *in situ*, versus EV1 obtida utilizando os dados dos ensaios nos pontos selecionados das seções homogêneas. A Figura 44a é também apresentado coeficiente de correlação linear ( $R^2$ ). Quanto mais próximo de 1 for o valor de  $R^2$ , mais justa é a curva de tendências. Na Figura 44a o valor de  $R^2$  é de apenas 0,1689; este valor é muito baixo. Convém salientar que os limites de confiança se aproximam na zona onde há resultados de correlação, afastando-se rapidamente assim que nos afastamos dessa zona ótima. Dos resultados obtidos pode referir que não há correlação entre estes dois parâmetros em análise.

A Figura 44b mostra a correlação de CBR em laboratório para o mesmo grau de compactação *in situ*, versus EV2 obtida utilizando os dados dos ensaios nos pontos selecionados das seções homogêneas. O valor de  $R^2$  sem passar pela origem é de 0,7966, maior que o valor obtido na correlação anterior (CBR vs EV1). No entanto a correlação entre os dois parâmetros não é ótima. Mais uma vez, as curvas que definem os limites de confiança a 95% afastam-se rapidamente dos pontos da obtidos.

A Figura 45 apresenta a correlação possível entre os resultados do CBR em laboratório para o mesmo grau de compactação *in situ*, versus  $q_d$  obtidas utilizando os dados de ensaio selecionados (para a camada 1 e 2).  $q_d$  é a resistência de ponta em MPa obtida a partir do ensaio do penetrômetro dinâmico ligeiro. Como é possível observar, não há correlação entre os resultados dos dois tipos de ensaios. O coeficiente de correlação linear é muito baixo (0,1281).

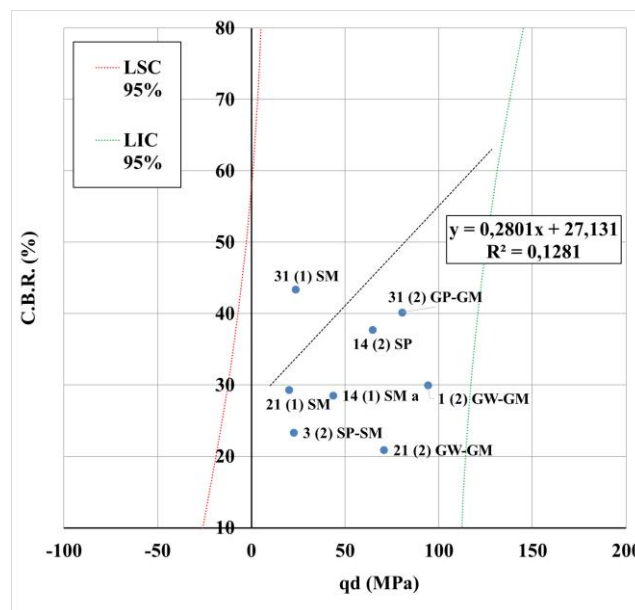
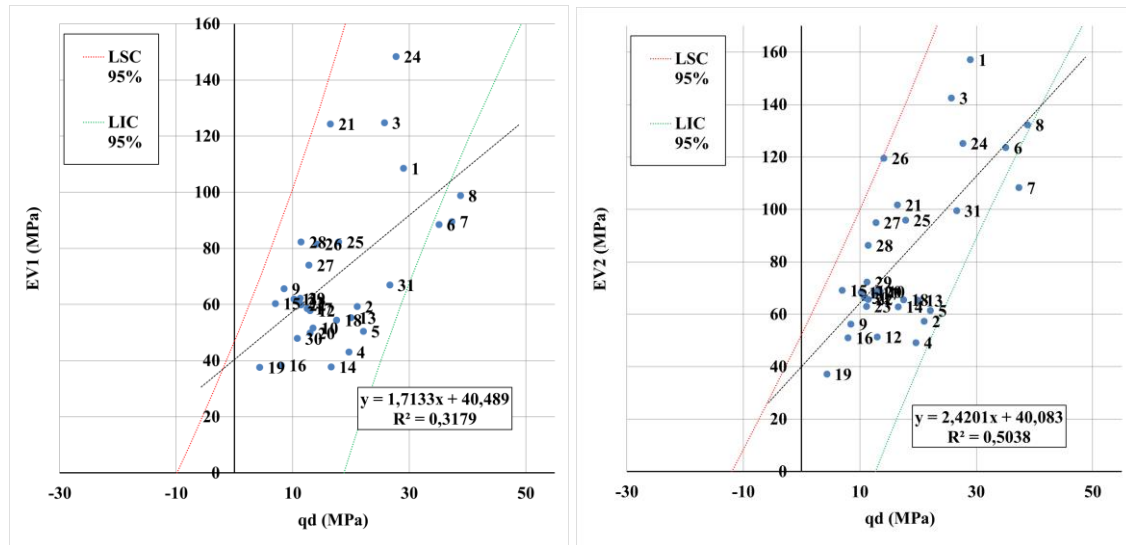


Figura 45. Correlação entre CBR em laboratório e  $q_d$  (PDL).

Apresenta-se, na Figura 46, a correlação entre os resultados de ensaio de carga em placa (EV1 e EV2) versus  $q_d$  (PDL) obtida utilizando os dados dos 31 pontos de ensaios. Na Figura 46a, a correlação entre os resultados de ensaio EV1 (em MPa) versus  $q_d$  (em MPa) mais uma vez parece não haver correlação ente os resultados dos dois parâmetros analisados. O coeficiente de correlação linear é de apenas 0,3179, apesar das curvas definidoras dos limites inferior e superior de confiança estarem, para este caso, bem definidas.

A Figura 46b apresenta a correlação de EV2 *versus* q<sub>d</sub> obtida utilizando os dados dos dois tipos de ensaio para todos os pontos avaliados. Obteve-se um coeficiente de correlação linear igual a 0,5038 e as curvas definidoras dos limites inferior e superior de confiança a 95% estão também bem definidas, assim como na anterior.



(a) EV1 vs q<sub>d</sub>

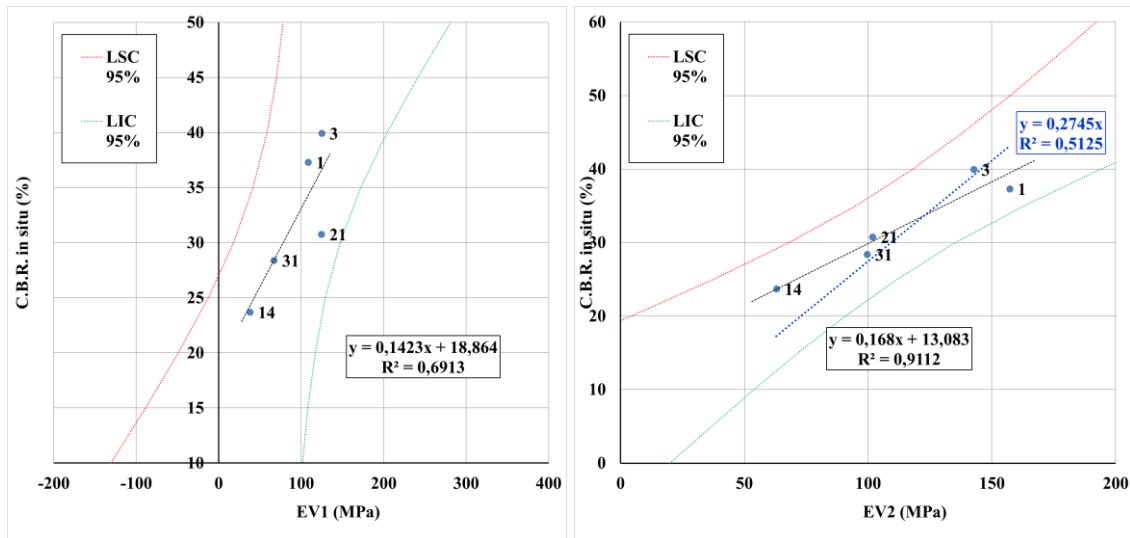
(b) EV2 vs q<sub>d</sub>

Figura 46. Correlação entre carga em placa (EV1 e EV2) e PDL (q<sub>d</sub>).

Na Figura 47, é apresentada a correlação dos valores de capacidade de suporte dos solos obtidos por meio do ensaio CBR *in situ*, *versus* os valores de carga em placa (EV1 e EV2 em MPa) nos pontos representativos das seções homogêneas.

Na Figura 47a, obteve-se um coeficiente de correlação igual a 0,6913, não sendo ótimo, é possível, determinar o módulo de deformabilidade do solo do primeiro ciclo de carga (EV1), por meio do ensaio CBR *in situ*. As curvas do limite inferior e superior de confiança a 95% estão, também neste caso, razoavelmente bem definidas e com a orientação idêntica à da correlação linear obtida.

A correlação dos valores de capacidade de suporte dos solos obtidos por meio do ensaio CBR *in situ*, *versus* os valores de EV2 (em MPa) do ensaio de carga em placa nos pontos representativos das seções homogêneas é apresentada na Figura 47b. Obteve-se um coeficiente de correlação igual a 0,9112, sendo possível, portanto, concluir a boa correlação linear entre estes dois parâmetros. As curvas correspondentes aos limites inferior e superior de confiança a 95% estão também, bastante próximos dos pontos obtidos.



(a) CBR *in situ* vs EV1

(b) CBR *in situ* vs EV2

Figura 47. Correlação entre CBR *in situ* e carga em placa.

A Figura 48 mostra a correlação de CBR *in situ* versus  $q_d$  do ensaio de PDL obtida utilizando os dados dos resultados de ensaios nos pontos representativos das seções homogêneas. Obteve-se um coeficiente de correlação igual a 0,6308, no entanto, pela forma com a correlação se apresenta, com declive pouco pronunciado, e devido também às curvas definidoras do limite inferior e superior de confiança a 95% estarem bastante afastados dos resultados dos ensaios, a correlação entre estes dois parâmetros é fraca e pouco evidente.

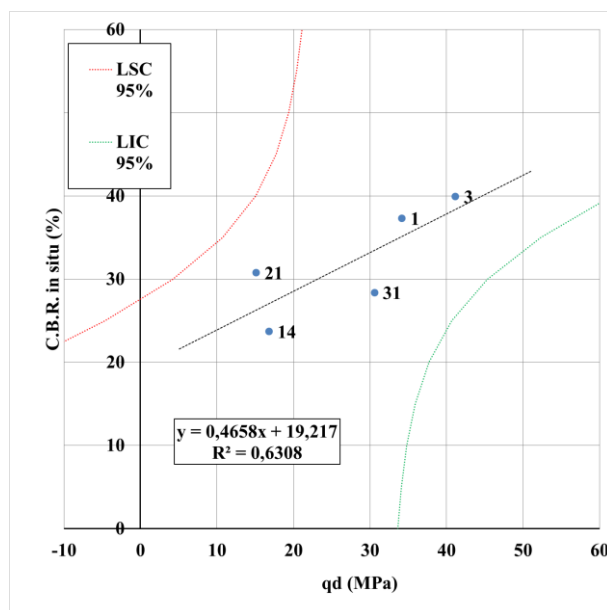


Figura 48. Correlação entre CBR *in situ* e  $q_d$  (PDL).

A correlação dos valores obtidos por meio do ensaio CBR *in situ*, versus os valores de capacidade de suporte dos solos do ensaio de CBR em laboratório para o mesmo grau de compactação *in situ* nos pontos representativos das seções homogêneas estão apresentados na Figura 49. Obteve-se um coeficiente de correlação linear igual a 0,8217. Esta correlação é de interesse prático, pois permite estimar o valor do CBR em laboratório para o mesmo grau de compactação do CBR determinado *in situ*. Dos resultados obtidos é possível verificar que há correlação linear entre os dois parâmetros obtidos (em laboratório e em campo). Os limites inferior e superior de confiança a 95%, estão também próximos dos resultados obtidos.

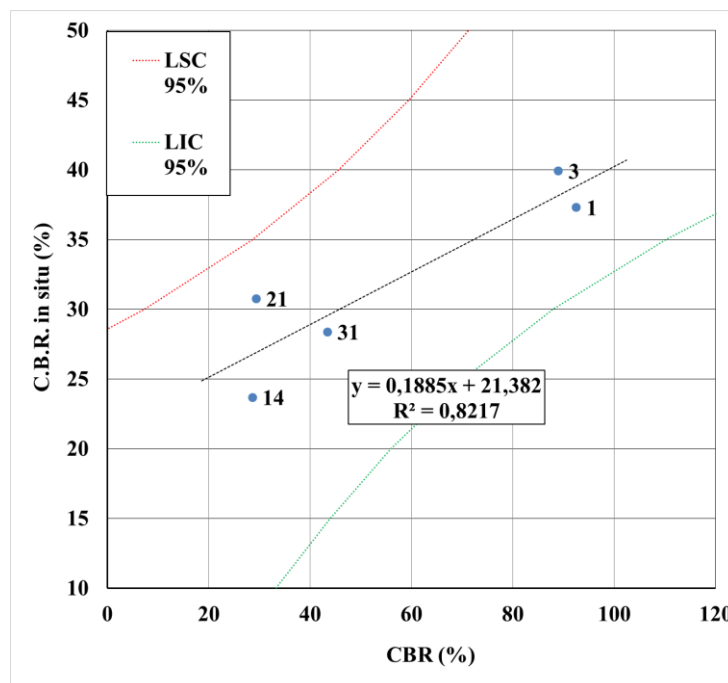


Figura 49. Correlação entre CBR *in situ* e CBR em laboratório.

Como nota final pode referir, que de todas as correlações realizadas, a correlação com melhor resultado obtido foi a resultante do CBR *in situ* versus EV2 (em MPa) do ensaio de carga em placa, exibindo um valor de coeficiente de correlação linear igual a 0,9112. A correlação referente ao CBR *in situ* vs CBR em laboratório para o mesmo grau de compactação *in situ* também obteve uma boa correlação linear, traduzida por um valor do coeficiente de correlação de 0,8217.

## 5

# CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Neste trabalho pretendeu realizar um estudo do estado estrutural e funcional de uma estrada EBVT não pavimentada. Ensaios de caracterização geotécnica foram realizados, como de granulometria, ensaio de Proctor, de *California Bearing Ratio* (CBR), penetrômetro dinâmico ligeiro (PDL), carga em placa, gamadensímetro e CBR *in situ*, além destes ensaios, foi avaliada a superfície da estrada, o perfil transversal e o sistema de drenagem. Estes métodos serviram para estabelecer parâmetros fundamentais para devida manutenção e/ou reabilitação da estrada em estudo.

Como principais conclusões pode referir que as avaliações funcionais e estruturais em conjunto apresentam melhor base para elaborar um plano de manutenção e/ou reabilitação adequados.

No caso em estudo, a estrada não pavimentada de baixo volume de tráfego possui um solo com boa capacidade resistente e segundo a classificação de solos HBR (*Highway Research Board*) tem uma excelente função como sub-base.

No dimensionamento proposto, o resultado obtido foi o esperado, o material existente no local serve como material de base da estrada. Aliás, estradas de baixo volume de tráfego apresentam a característica de utilizar materiais locais, o qual reduz o custo do mesmo. Como proposta da avaliação estrutural, deve adicionar o solo correspondente ao CBR dimensionado na espessura específica e compactá-lo de forma adequada.

No presente estudo realizou-se uma avaliação funcional da estrada e obtiveram-se as seguintes conclusões: ausência do sistema de drenagem; a superficial da estrada apresenta-se bastante degradada e com desempenho funcional comprometido pela existência de várias formas de degradações; é notório a ausência de manutenções preventivas e corretivas.

Com os resultados obtidos e em uma perspectiva de funcionalidade do mesmo, conclui-se que a estrada encontra-se muito degradada, o que afeta diretamente as condições de desempenho, segurança e conforto ao circular. Portanto, é necessário a intervenção do gestor municipal, por meio da adoção de uma política de conservação e

conscientização, junto com uma atividade de manutenção periódica, restabelecendo desta forma as condições adequadas, o que proporcionará o aumento da vida útil da estrada.

Desta maneira, conclui-se que a estrada precisa de uma manutenção/reabilitação para melhor funcionamento e ser conservada seguindo os planos de manutenção expostos no Item 2.7 deste documento.

Aproveitou-se este estudo para contribuir para o enriquecimento de correlações existentes na instituição entre vários parâmetros do solo, como módulo de deformabilidade (para o primeiro e segundo ciclos de carga), resistência de ponta, capacidade de suporte dos solos realizados em laboratório para o mesmo grau de compactação *in situ* e diretamente *in situ*.

Em termos de trabalhos futuros, recomenda-se:

- Seccionar outros pontos da estrada e realizar as avaliações para constatar que toda a estrada realmente foi bem representada pelas seções homogêneas deste trabalho;
- Utilizar outros métodos, como do CUSUM (método africano), para a determinação das seções homogêneas;
- Realizar outros tipos de ensaios, como DCP (*Dynamic Cone Penetrometer*) e o LFWD (*Light Falling Weight Deflectometer*), para avaliação mecânica da estrada e assim comparar o presente trabalho com outros métodos de dimensionamentos que levam em consideração os resultados destes ensaios;
- Realizar um levantamento de custo de reabilitação e manutenções de rotina da estrada.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Baptista, S. & Coelho, R., *Reforço de Abastecimento de Água a Bragança: Estudo de Impacte Ambiental - Resumo não técnico*, vol. 1, Águas de Trás-os-Montes e Alto Douro. AgriPro Ambientes, Consultores, SA., 2011.
- [2] Nunes, A. J., *Construção do Sistema do Alto Sabor/Veiguinhas : Síntese dos principais momentos Construção do Sistema do Alto Sabor/Veiguinhas*, Bragança: Gabinete de Apoio - Relações Externas. Câmara Municipal de Bragança, 2013.
- [3] Bernucci, L. B.; Motta, L. M. G. da.; Ceratti, J. A. P. & Soares, J. B., *Pavimentação asfáltica : formação básica para engenheiros*, Rio de Janeiro: PET ROBRAS: ABEDA, 2006.
- [4] ICNF - Instituto da Conservação da Natureza e das Florestas, “Áreas Protegidas - Parque Natural de Montesinho,” [Online]. Available: <http://www2.icnf.pt/portal/ap/pnat/pnm>. [Acesso em 18 Abril 2018].
- [5] Beckemeyer, C. A., *Rural Road Condition Survey Guide (No. SD95-16-G1)*, 1995.
- [6] Alzubaidi, H., *Operation and maintenance of gravel roads: a literature study*, Linköping: Swedish National Road and Transport Research Institute (VTI), Bulletin No. 852A, 1999.
- [7] Berkshire Regional Planning Commission, *The Massachusetts Unpaved Roads BMP Manual: A Guidebook on How to Improve Water Quality While Addressing Common Problems*, Prepared for the Massachusetts Department of Environmental Protection, Bureau of Resource Protection, 2001.
- [8] Ferreira, F. M., *Uma aplicação comparativa de métodos de avaliação das condições superficiais de estrada não pavimentada*, Campinas-SP: Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, 2004.
- [9] Machado, C. C.; Lopes, E.; Pereira, R. S. & Sant'Anna, G. L., “Caracterização geotécnica de solos para pavimentos de estradas florestais: estudo de caso,” em *Simpósio Brasileiro sobre Colheita e Transporte Florestal*, 2005.
- [10] Alves, M. A. N., *Características Geotécnicas de Estradas Não-pavimentadas do Município de Bauru/SP*, Campinas: Dissertação de Mestrado. UNICAMP - Faculdade de Engenharia Civil, 2009.
- [11] Silva, T. O. da; Carvalho, C. A. B. de; Lima, D. C. de; Calijuri, M. L.; Machado, C. C. & Oliveira, T. M. de, *Avaliação do subleito de rodovias vicinais de baixo volume de tráfego por meio de ensaios geotécnicos*, 4 ed., vol. 35, Viçosa-MG: Revista Árvore, 2011, pp. 825-833.
- [12] ERA -Ethiopian Roads Authority, *Design Manual For Low Volume Roads, Part A, Part B and Part C.*, Ethiopia, 2011.
- [13] Marques, D. M. A. C., *Controlo de qualidade de estradas de baixo volume de tráfego*, Lisboa: Dissertação de Mestrado. Universidade Nova de Lisboa, 2015.
- [14] U.S. Department of Transportation, *Gravel Roads - Construction and Maintenance Guide*, Federal Highway Administration, 2015.
- [15] Emmert, F & Perreira, R. S., “Caracterização geotécnica e classificação de solos para estradas florestais: estudo de caso,” *Ciência Florestal*, vol. 26, nº 2, pp. 601-613, 2016.


- [16] Martins, J. M. G., *Avaliação de técnicas de reabilitação sustentáveis de pavimentos rodoviários de baixo volume de tráfego*, Minho: Dissertação de Mestrado. Universidade do Minho - Escola de Engenharia, 2016.
- [17] Quevedo, J. C. & Tapahuasco, W. F. C., *Classificações Geotécnicas Aplicadas a solos da região de Alegrete/RS para construção de estradas de terra*, 4 ed., vol. 8, U. F. d. Pampa, Ed., Anais do Salão Internacional de Ensino, Pesquisa e Extensão, 2017.
- [18] Fernandes, A. C. M., *Pavimentos para estradas de baixo tráfego*, Lisboa, 2016.
- [19] Jorge, L. da C. D. L., *Constituição, dimensionamento e conservação de pavimentos para baixos volumes de tráfego*, Coimbra: ISEC - Dissertações de Mestrado. Instituto Superior de Engenharia de Coimbra, 2014.
- [20] MTPW - Ministry of Transport and Public Works, *Design Manual for Low Volume Sealed Roads Using the DCP Design Method*, República do Malawi, 2013.
- [21] SATCC, *Guideline Low-Volume Sealed Roads*, Botswana: Southern Africa Transport and Communications Commission, 2003.
- [22] EP-JAE, *Manual de Concepção de Pavimentos para a Rede Rodoviária Nacional - MACOPAV*, Lisboa: Estradas de Portugal S.A., 1995.
- [23] Mota, M. V. F., *Pavimento de baixo volume de tráfego: Estudo comparativo da vida útil estimada e após abertura ao tráfego*, Ouro Preto - MG: Núcleo de Geotecnia da Escola de Minas da Universidade Federal de Ouro Preto, 2009.
- [24] Benevides, S. A. de Sá e, *Modelos de desempenho de pavimentos asfálticos para um sistema de gestão de rodovias estaduais do Ceará*, Rio de Janeiro-Brasil: Tese – Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE, 2006.
- [25] Seid, K. A. , *Assessing Ethiopian Roads Authority (ERA) : Pavement Management System (PMS)*, Ethiopia: Addis Ababa University, 2016.
- [26] DNIT - Departamento Nacional de Infra-Estutura de Transportes, *Manual de restauração de pavimentos asfálticos*, 2ª ed., Rio de Janeiro: Instituto de Pesquisas Rodoviárias, 2006.
- [27] Brooks, C.; Colling, T.; Kueber, M. J.; Roussi, C.; & Endsley, A., *Characterization of Unpaved Road Condition Through the Use of Remote Sensing*, Michigan Technological University, 2011.
- [28] Alzubaidi, H. & Magnusson, R., *Deterioration and Rating of Gravel Roads*, Road Materials and Pavement Design, 3:3, 2002, pp. 235-260.
- [29] DNIT - Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes, *DNIT 006/2003 – PRO: Avaliação objetiva da superfície de pavimentos flexíveis e semirrígidos: Procedimento*, Rio de Janeiro: IPR, 2003.
- [30] Cabette, M. M.; Ribeiro, A. B. & Fonseca, E. C. A. da, *Avaliação das condições da superfície e estimativa da solicitação de tráfego de uma via pavimentada no município de Campo Mourão, PR*, Florianópolis: 20ª Reunião de Pavimentação Urbana (RPU), 2017.
- [31] Smith, K. A. & Mullins, C. E. , *Soil and environmental analysis: physical methods*, 2 ed., New York: Marcel Dekker, 2000, pp. 281-287.
- [32] ASTM - American Society for Testing and Materials, *D 2487-85*, West Conshohocken: ASTM International, 1985.
- [33] AASHTO, M., *145—Standard Specification for Classification of Soils and Soil-Aggregate Mixtures for Highway Construction Purposes, (2004)*, Plan for Evaluation of HDPE (High Density Polyethylene) Thermoplastic Pipe. II Revised., 2009.

- [34] LNEC - Laboratório Nacional de Engenharia Civil, *E 240-1970*, Lisboa, 1970.
- [35] Decký, M.; Remišová, E.; Mečár, M.; Bartuška, L.; Lizbetin, J.; & Drevený, I., “In situ Determination of Load Bearing Capacity of Soils on the Airfields,” *Procedia Earth and Planetary Science*, vol. 15, pp. 11-18, 2015.
- [36] ASTM - American Society for Texting and Material, *D 1883-07*, Annual Book of ASTM Standards, 2007.
- [37] Wagner, L. E., Ambe, N. M., & Ding, D., “Estimating a Proctor density curve from intrinsic soil properties.,” *Transactions of the ASAE*, vol. 37, n° 4, pp. 1121-1125, 1994.
- [38] ISO, EN, *Investigación y ensayos geotécnicos. Parte2: Ensayo de penetración dinámica (ISO 22476-2:2005)*, Asociación Española de Normalización y Certificación, 2008.
- [39] Fernandes, M. de M., *Mecânica dos solos: Conceitos e princípios fundamentais*, vol. 1, Porto: FEUP edições, 2000.
- [40] Fernandes, M. de M., *Mecânica dos Solos: Introdução à Engenharia Geotécnica*, 2 ed., vol. 2, Porto: FEUP edições, 2015.
- [41] AFNOR, *NF P 94-117-1 Sols: reconnaissance et essais. Portance des plates-formes. Partie 1: Module sous chagement statique à la plaque (EV2)*, Paris: Association Française de Normalisation, 2000.
- [42] Martins, J. P.; Correia, A. G.; Caldeira, L.; Neves, E.; & Delgado, J. L., “Comparação de resultados de ensaios de carga com placa segundo as normas AFNOR NF P94-117-1 e DIN 18134,” *A geotecnia portuguesa e os desafios da globalização : actas do Congresso Nacional de Geotecnia*, vol. 1, pp. 251-256, 2008.
- [43] Monnet, J., *In situ tests in geotechnical engineering.*, London: John Wiley & Sons. ISTE Ltd, 2015.
- [44] BSI, *BS 1377-9 - Methods for test for soils for civil engineering purposes. In-situ tests*, British Standards Institution, 1990.
- [45] Powell, W. D., Potter, J. F., Mayhew, H. C., & Nunn, M. E., *The structural design of bituminous roads*, Wokingham, Berkshire - United Kingdom : Transport and Road Research Laboratory (TRRL), 1984.
- [46] Shell, *Shell Pavement Design Manual - Asphalt Pavements and Overlays for Road Traffic*, London: Shell International Petroleum, 1978.
- [47] Morais, H. M. M.; Minhoto, M. J. C. & Paula, A. M., “Relação entre módulo de deformabilidade e CBR para caracterização mecânica da fundação de pavimentos,” em *16CNG - 16º Congresso Nacional de Geotecnia*, 2018.
- [48] Haas, R., Ralph, H., & Norman, W., “Reinventing the (pavement management) wheel,” *5th Annual Conference on Managing Pavements*, 2001.
- [49] NRRDA, *Managing Maintenance of Rural Roads in India*, New Delhi: National Rural Roads Development Agency. Ministry of Rural Development. Government of India., 2015.
- [50] NATG - Normenausschuss Technische Grundlagen, F. T. S. C., *Instandhaltung - Begriffe der Instandhaltung; Dreisprachige Fassung EN 13306:2010*, DIN Deutsches Institut für Normung e. V., DIN German Institute for Standardization, 2010.
- [51] DER - Departamento de Estradas de Rodagem do Estado de São Paulo, *Manual Básico de Estradas e Rodovias Vicinais*, vol. I, São paulo, 2012.

- [52] Komoot, 2018. [Online]. Available: <https://www.komoot.com/>. [Acesso em 20 Maio 2018].
- [53] Transportation Officials, *AASHTO Guide for Design of Pavement Structures*, vol. 1, 1993.
- [54] Santos, M. J. L. dos, *Dimensionamento de camadas de reforço de pavimentos rodoviários flexíveis*, Aveiro: Departamento de Engenharia Civil. Universidade de Aveiro., 2009.
- [55] Antunes, M. de L. B. da C., *Avaliação da capacidade de carga de pavimentos utilizando ensaios dinâmicos*, Lisboa: Tese de doutoramento em Engenharia Civil. Universidade Técnica de Lisboa., 1993.
- [56] Jacinto, M., Ribeiro, J., & Azevedo, C., “Caracterização Estrutural de Pavimentos Rodoviários - Correlação entre a Deflexão Máxima e a Espessura de Reforço,” *V Jornadas Luso-Brasileiras de Pavimentos: Políticas e Tecnologias*, vol. 024, 5-7 Julho 2006.
- [57] Sangghaleh, A.; Pan, E.; Green, R.; Wang R., Liu, X. & Cai, Y., *Backcalculation of pavement layer elastic modulus and thickness with measurement errors*, 6 ed., vol. 15, *International Journal of Pavement Engineering*, 2014, p. 521–531.
- [58] Domingos, P. M. G., *Reforço de Pavimentos Rígidos: Modelação do Comportamento Estrutural*, Lisboa: Universidade Técnica de Lisboa; Laboratório Nacional de Engenharia Civil, 2007.
- [59] ASTM, *D 2922 - Standard test methods for density of soil and soil-aggregate in place by nuclear methods (shallow depth)*, 2001.
- [60] DNER, Departamento Nacional de Estradas de Rodagem, *Manual de Projeto Geométrico de Rodovias Rurais*, Rio de Janeiro, 1999.
- [61] Branco, F.; Pereira, P. & Santos, L. P., *Pavimentos Rodoviários*, 3 ed., Coimbra: Edições Almeida, 2008, p. 141.
- [62] LNEC, E. , *E 239–1970. Especificação LNEC: Análise Granulométrica por peneiração Húmida.*, Lisboa, Portugal: Laboratório Nacional de Engenharia Civil, 1970.
- [63] ASTM, *D 698 - Standard Test Methods for Laboratory Compaction Characteristics of Soil Using Standard Effort (12 400 ft-lbf/ft<sup>3</sup> (600 kN-m/m<sup>3</sup>))*, ASTM International, 2007.

## APÊNDICES


### 5.1. APÊNDICE 1 - Avaliação Funcional

		Avaliação funcional				
		Ponto n.º	1	GPS:	41° 57' 44" N	
		Data:	12/07/2018		6° 48' 28" W	
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	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>∑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	1	100	0,50	50
		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	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>∑IGI = IGG</b>		225,0	


## APÊNDICE 1 - Continuação

 <b>INSTITUTO POLITÉCNICO DE BRAGANÇA</b> Escola Superior de Tecnologia e Gestão		Avaliação funcional				
		Ponto n.º	2	GPS:	41° 57' 42" N	
		Data:	12/07/2018		6° 48' 30" W	
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	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	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>		225,00	

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	2	200	0,75	150
		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	2	200	0,80	160
<b>n total de estações</b>		1	<b>∑IGI = IGG</b>		310,0	


## APÊNDICE 1 - Continuação

 <b>INSTITUTO POLITÉCNICO DE BRAGANÇA</b> Escola Superior de Tecnologia e Gestão		Avaliação funcional				
		Ponto n.º	3	GPS:	41° 57' 39" N	
		Data:	12/07/2018		6° 48' 32" W	
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	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>		155,00	

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	2	200	0,80	160
<b>n total de estações</b>		1	<b>∑IGI = IGG</b>		160,0	


## APÊNDICE 1 - Continuação

 <b>INSTITUTO POLITÉCNICO DE BRAGANÇA</b> Escola Superior de Tecnologia e Gestão		Avaliação funcional				
		Ponto n.º	4	GPS:	41° 57' 36" N	
		Data:	12/07/2018		6° 48' 35" W	
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	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>		140,00	

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	2	200	0,80	160
<b>n total de estações</b>		1	<b>∑IGI = IGG</b>		160,0	


## APÊNDICE 1 - Continuação

 <b>INSTITUTO POLITÉCNICO DE BRAGANÇA</b> Escola Superior de Tecnologia e Gestão		Avaliação funcional				
		Ponto n.º	5	GPS:	41° 57' 32" N	
		Data:	12/07/2018		6° 48' 35" W	
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	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>		225,00	

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	1	100	1,00	100
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	2	200	0,80	160
<b>n total de estações</b>		1	<b>∑IGI = IGG</b>		335,0	


## APÊNDICE 1 - Continuação

 INSTITUTO POLITÉCNICO DE BRAGANÇA Escola Superior de Tecnologia e Gestão		Avaliação funcional				
		Ponto n.º	6	GPS:	41° 57' 29" N	
		Data:	12/07/2018		6° 48' 36" W	
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	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	1	100	0,50	50
		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	2	200	0,80	160
<b>n total de estações</b>		1	<b>∑IGI = IGG</b>		285,0	


## APÊNDICE 1 - Continuação

 <b>INSTITUTO POLITÉCNICO DE BRAGANÇA</b> Escola Superior de Tecnologia e Gestão		Avaliação funcional				
		Ponto n.º	7	GPS:	41° 57' 25" N	
		Data:	12/07/2018		6° 48' 37" W	
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	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>		140,00	

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	1	100	0,80	80
<b>n total de estações</b>		1	<b>∑IGI = IGG</b>		340,0	


## APÊNDICE 1 - Continuação

 <b>INSTITUTO POLITÉCNICO DE BRAGANÇA</b> Escola Superior de Tecnologia e Gestão		Avaliação funcional				
		Ponto n.º	8	GPS:	41° 57' 22" N	
		Data:	12/07/2018		6° 48' 37" W	
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	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	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	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	2	200	0,80	160
<b>n total de estações</b>		1	<b>∑IGI = IGG</b>		235,0	


## APÊNDICE 1 - Continuação

 <b>INSTITUTO POLITÉCNICO DE BRAGANÇA</b> Escola Superior de Tecnologia e Gestão		Avaliação funcional				
		Ponto n.º	9	GPS:	41° 57' 18" N	
		Data:	12/07/2018		6° 48' 36" W	
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	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	0	0,0	0,50	0
		médio	0	0,0	0,75	0
		elevado	1	100,0	0,80	80
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	1	100	1,00	100	
2	ACOSTAMENTOS /BERMA ELEVADOS	baixo	0	0	0,50	0
		médio	0	0	0,75	0
		elevado	2	200	1,00	200
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	1	100	0,60	60
		elevado	1	100	0,80	80
<b>n total de estações</b>		1	<b>∑IGI = IGG</b>		440,0	


## APÊNDICE 1 - Continuação

 <b>INSTITUTO POLITÉCNICO DE BRAGANÇA</b> Escola Superior de Tecnologia e Gestão		Avaliação funcional				
		Ponto n.º	10	GPS:	41° 57' 15" N	
		Data:	12/07/2018		6° 48' 39" W	
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	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	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	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>			420,00

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	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	2	200	0,60	120
		elevado	0	0	0,80	0
<b>n total de estações</b>		1	<b>∑IGI = IGG</b>			345,0


## APÊNDICE 1 - Continuação

 <b>INSTITUTO POLITÉCNICO DE BRAGANÇA</b> Escola Superior de Tecnologia e Gestão		Avaliação funcional				
		Ponto n.º	11	GPS:	41° 57' 12" N	
		Data:	12/07/2018		6° 48' 39" W	
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	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	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>		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	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	


## APÊNDICE 1 - Continuação

		Avaliação funcional				
		Ponto n.º	12	GPS:	41° 57' 8" N	
		Data:	12/07/2018		6° 48' 39" W	
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	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	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>		210,00	

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	


## APÊNDICE 1 - Continuação

		Avaliação funcional				
		Ponto n.º	13	GPS:	41° 57' 5" N	
		Data:	12/07/2018		6° 48' 37" W	
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	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	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>		260,00	

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	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>		115,0	


## APÊNDICE 1 - Continuação

 <b>INSTITUTO POLITÉCNICO DE BRAGANÇA</b> Escola Superior de Tecnologia e Gestão		Avaliação funcional				
		Ponto n.º	14	GPS:	41° 57' 2" N	
		Data:	12/07/2018		6° 48' 38" W	
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	2	200,0	1,00	200
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	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>		270,00	

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	0	0	1,00	0	
5	CRESCIMENTO DA VEGETAÇÃO/ SEDIMENTOS NA VALA	baixo	1	100	0,20	20
		médio	1	100	0,60	60
		elevado	0	0	0,80	0
<b>n total de estações</b>		1	<b>∑IGI = IGG</b>		180,0	


## APÊNDICE 1 - Continuação

 <b>INSTITUTO POLITÉCNICO DE BRAGANÇA</b> Escola Superior de Tecnologia e Gestão		Avaliação funcional				
		Ponto n.º	15	GPS:	41° 56' 59" N	
		Data:	12/07/2018		6° 48' 39" W	
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	1	100,0	1,00	100
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	0	0,0	0,70	0
		médio	0	0,0	0,85	0
		elevado	1	100,0	1,00	100
4	PERCURSO DE EROSÃO	baixo	1	100,0	0,70	70
		médio	0	0,0	0,85	0
		elevado	1	100,0	1,00	100
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>		680,00	

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	1	100	0,75	75
		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	1	100	0,60	60
		elevado	0	0	0,80	0
<b>n total de estações</b>		1	<b>∑IGI = IGG</b>		355,0	


## APÊNDICE 1 - Continuação

 <b>INSTITUTO POLITÉCNICO DE BRAGANÇA</b> Escola Superior de Tecnologia e Gestão		Avaliação funcional				
		Ponto n.º	16	GPS:	41° 56' 55" N	
		Data:	12/07/2018		6° 48' 40" W	
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	1	100,0	1,00	100
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 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>∑IGI = IGG</b>		270,00	

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	2	200	0,75	150
		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	2	200	0,80	160
<b>n total de estações</b>		1	<b>∑IGI = IGG</b>		410,0	


## APÊNDICE 1 - Continuação

 <b>INSTITUTO POLITÉCNICO DE BRAGANÇA</b> Escola Superior de Tecnologia e Gestão		Avaliação funcional				
		Ponto n.º	17	GPS:	41° 56' 52" N	
		Data:	12/07/2018		6° 48' 41" W	
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	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	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>		140,00	

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	1	100	1,00	100
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>		140,0	


## APÊNDICE 1 - Continuação

		Avaliação funcional				
		Ponto n.º	18	GPS:	41° 56' 49" N	
		Data:	12/07/2018		6° 48' 41" W	
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	1	100,0	1,00	100
2	BURACOS	baixo	1	100,0	0,70	70
		médio	1	100,0	0,85	85
		elevado	1	100,0	1,00	100
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	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>		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	1	100	0,75	75
		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	2	200	0,80	160
<b>n total de estações</b>		1	<b>∑IGI = IGG</b>		485,0	


## APÊNDICE 1 - Continuação

 <b>INSTITUTO POLITÉCNICO DE BRAGANÇA</b> Escola Superior de Tecnologia e Gestão		Avaliação funcional				
		Ponto n.º	19	GPS:	41° 56' 46" N	
		Data:	12/07/2018		6° 48' 42" W	
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	4	400,0	0,70	280
		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>		420,00	

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	2	200	0,80	160
<b>n total de estações</b>		1	<b>∑IGI = IGG</b>		210,0	


## APÊNDICE 1 - Continuação

		Avaliação funcional				
		Ponto n.º	20	GPS:	41° 56' 43" N	
		Data:	12/07/2018		6° 48' 43" W	
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	0	0,0	1,00	0
4	PERCURSO DE EROÇÃO	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>		360,00	

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	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	2	200	0,80	160
<b>n total de estações</b>		1	<b>∑IGI = IGG</b>		335,0	


## APÊNDICE 1 - Continuação

 <b>INSTITUTO POLITÉCNICO DE BRAGANÇA</b> Escola Superior de Tecnologia e Gestão		Avaliação funcional				
		Ponto n.º	21	GPS:	41° 56' 39" N	
		Data:	12/07/2018		6° 48' 43" W	
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	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>		155,00	

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	2	200	0,50	100
		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	1	100	0,80	80
<b>n total de estações</b>		1	<b>∑IGI = IGG</b>		300,0	


## APÊNDICE 1 - Continuação

		Avaliação funcional				
		Ponto n.º	22	GPS:	41° 56' 36" N	
		Data:	12/07/2018		6° 48' 44" W	
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 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>		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	2	200	0,50	100
		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	2	200	0,60	120
		elevado	0	0	0,80	0
<b>n total de estações</b>		1	<b>∑IGI = IGG</b>		220,0	


## APÊNDICE 1 - Continuação

 <b>INSTITUTO POLITÉCNICO DE BRAGANÇA</b> Escola Superior de Tecnologia e Gestão		Avaliação funcional				
		Ponto n.º	23	GPS:	41° 56' 32" N	
		Data:	12/07/2018		6° 48' 46" W	
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	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>		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	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	2	200	0,60	120
		elevado	0	0	0,80	0
<b>n total de estações</b>		1	<b>∑IGI = IGG</b>		195,0	


## APÊNDICE 1 - Continuação

 <b>INSTITUTO POLITÉCNICO DE BRAGANÇA</b> Escola Superior de Tecnologia e Gestão		Avaliação funcional				
		Ponto n.º	24	GPS:	41° 56' 30" N	
		Data:	12/07/2018		6° 48' 46" W	
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	3	300,0	0,70	210
		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>		260,00	

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	2	200	0,80	160
<b>n total de estações</b>		1	<b>∑IGI = IGG</b>		160,0	


## APÊNDICE 1 - Continuação

 <b>INSTITUTO POLITÉCNICO DE BRAGANÇA</b> Escola Superior de Tecnologia e Gestão		Avaliação funcional				
		Ponto n.º	25	GPS:	41° 56' 26" N	
		Data:	12/07/2018		6° 48' 47" W	
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	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>		225,00	

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	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>		190,0	


## APÊNDICE 1 - Continuação

 <b>INSTITUTO POLITÉCNICO DE BRAGANÇA</b> Escola Superior de Tecnologia e Gestão		Avaliação funcional				
		Ponto n.º	26	GPS:	41° 56' 24" N	
		Data:	12/07/2018		6° 48' 47" W	
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	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	1	100	1,00	100
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	2	200	0,80	160
<b>n total de estações</b>		1	<b>∑IGI = IGG</b>		360,0	


## APÊNDICE 1 - Continuação

		Avaliação funcional				
		Ponto n.º	27	GPS:	41° 56' 20" N	
		Data:	12/07/2018		6° 48' 48" W	
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	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	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	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	0	0	1,00	0	
5	CRESCIMENTO DA VEGETAÇÃO/ SEDIMENTOS NA VALA	baixo	0	0	0,20	0
		médio	1	100	0,60	60
		elevado	1	100	0,80	80
<b>n total de estações</b>		1	<b>∑IGI = IGG</b>		240,0	


## APÊNDICE 1 - Continuação

 <b>INSTITUTO POLITÉCNICO DE BRAGANÇA</b> Escola Superior de Tecnologia e Gestão		Avaliação funcional				
		Ponto n.º	28	GPS:	41° 56' 17" N	
		Data:	12/07/2018		6° 48' 47" W	
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	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>		0,00	

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	1	100	0,80	80
<b>n total de estações</b>		1	<b>∑IGI = IGG</b>		200,0	


## APÊNDICE 1 - Continuação

 <b>INSTITUTO POLITÉCNICO DE BRAGANÇA</b> Escola Superior de Tecnologia e Gestão		Avaliação funcional				
		Ponto n.º	29	GPS:	41° 56' 14" N	
		Data:	12/07/2018		6° 48' 49" W	
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	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>		0,00	

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	


## APÊNDICE 1 - Continuação

		Avaliação funcional				
		Ponto n.º	30	GPS:	41° 56' 10" N	
		Data:	12/07/2018		6° 48' 50" W	
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	1	100,0	1,00	100
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	1	100,0	1,00	100
5	CASCALHO SOLTO/PERDA DE AGREGADOS	baixo	0	0,0	0,50	0
		médio	0	0,0	0,75	0
		elevado	1	100,0	0,80	80
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	1	100	0,75	75
		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	2	200	0,60	120
		elevado	0	0	0,80	0
<b>n total de estações</b>		1	<b>∑IGI = IGG</b>		395,0	


## APÊNDICE 1 - Continuação

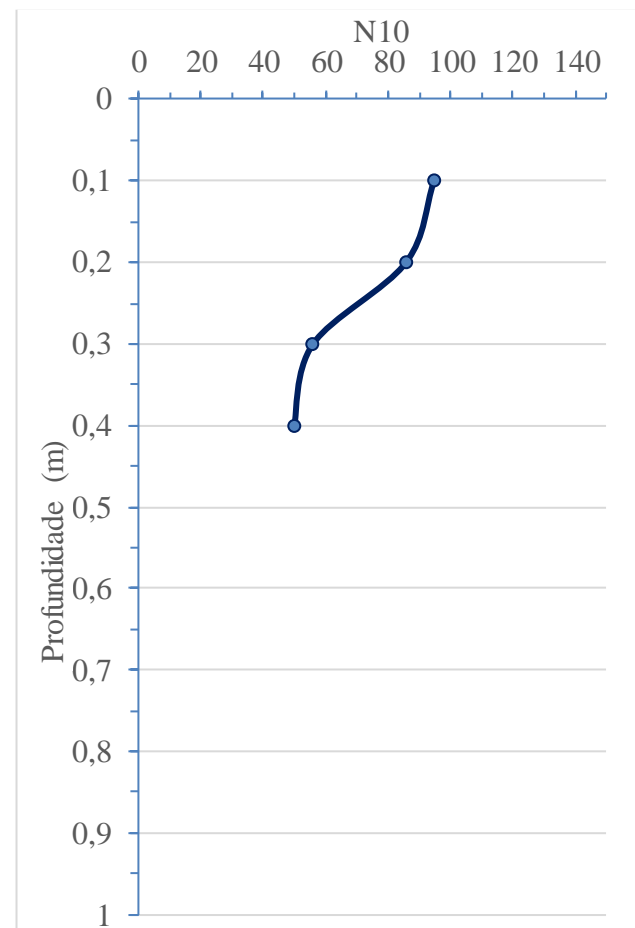
 <b>INSTITUTO POLITÉCNICO DE BRAGANÇA</b> Escola Superior de Tecnologia e Gestão		Avaliação funcional				
		Ponto n.º	31	GPS:	41° 56' 7" N	
		Data:	12/07/2018		6° 48' 50" W	
Item	Degradação	Frequência absoluta	Frequência relativa	Fator de ponderação	IGI	
1	ONDULAÇÕES	baixo	0	0,0	0,70	0
		médio	0	0,0	0,85	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	1	100,0	1,00	100
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	1	100,0	1,00	100
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>		200,00	


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	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	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>		215,0	

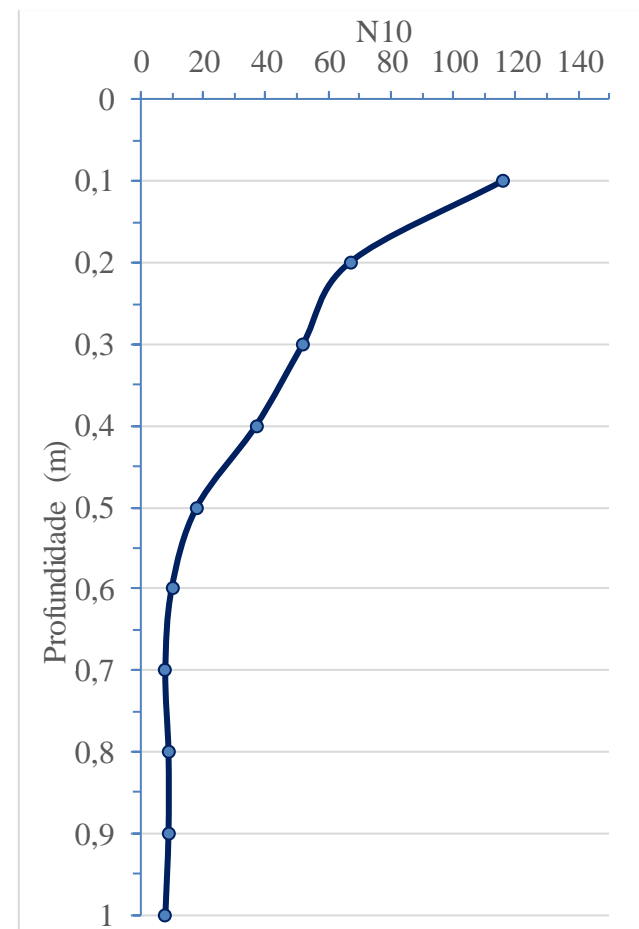
## 5.2. APÊNDICE 2 - Ensaio PDL

 <b>INSTITUTO POLITÉCNICO DE BRAGANÇA</b> Escola Superior de Tecnologia e Gestão		Ensaio de PDL				
		Ensaio n.º	1	GPS:	41° 57' 44" N	
		Data:	04/05/2018		6° 48' 28" W	
		E/D	Direita	Altitude	1314 m	
		Nível de água	não	Local:	Montesinho	
PDL	Z(m)	N10		Obs		
	0,1	95				
	0,2	86				
	0,3	56				
	0,4	50		NEGA		
	0,5					
	0,6					
	0,7					
	0,8					
	0,9					
1						
Ensaio de Controlo de Compactação com Célula Radioativa						
in situ	Y <sub>d</sub> (kg/m <sup>3</sup> )	2070	Y úmido (kg/m <sup>3</sup> )	2190	W (%)	5,8
<b>Observações:</b>					Árvore ao lado da estrada de terra (referência).	




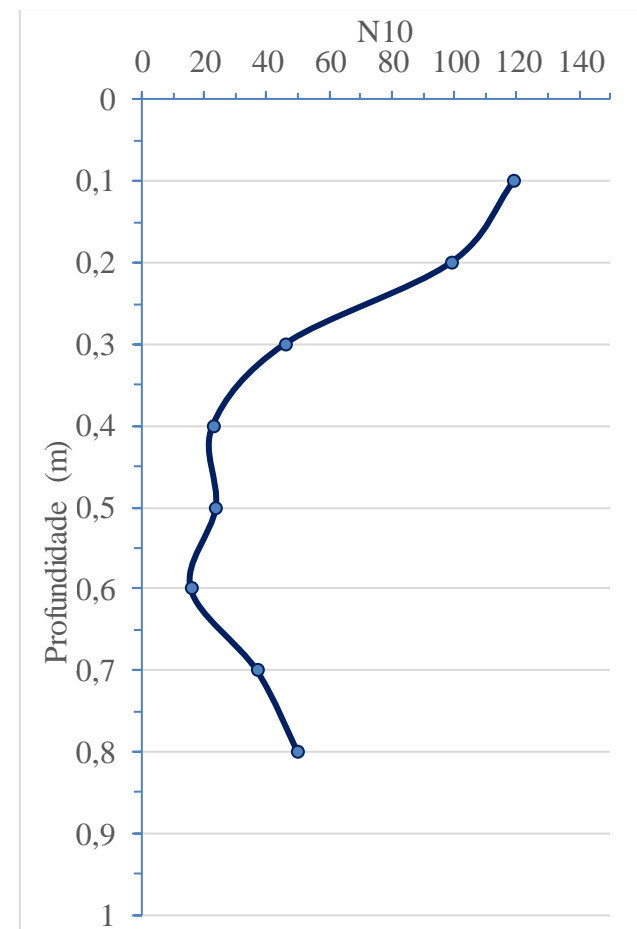
## APÊNDICE 2 - Continuação

 <b>INSTITUTO POLITÉCNICO DE BRAGANÇA</b> Escola Superior de Tecnologia e Gestão		Ensaio de PDL				
		Ensaio n.º	2	GPS:	41° 57' 42" N	
		Data:	04/05/2018		6° 48' 30" W	
		E/D	Esquerda	Altitude	1284 m	
		Nível de água	sim	Local:	Montesinho	
PDL	Z(m)	N10		Obs		
	0,1	116				
	0,2	67				
	0,3	52				
	0,4	37				
	0,5	18				
	0,6	10				
	0,7	8				
	0,8	9				
	0,9	9				
1	8					
Ensaio de Controlo de Compactação com Célula Radioativa						
in situ	Yd (kg/m3)	2077	Y úmido (kg/m3)	2172	W (%)	5,6
Observações:						




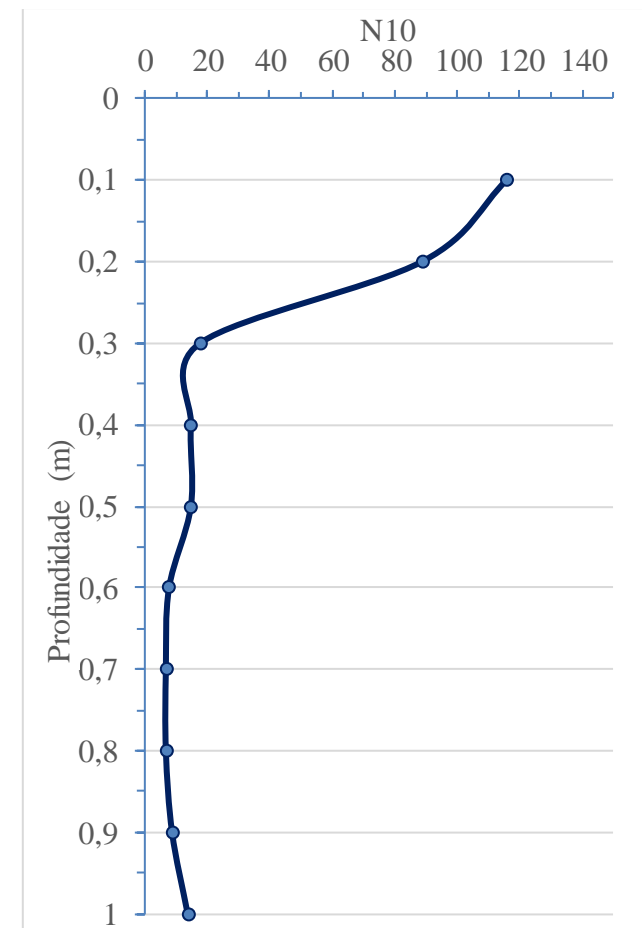
## APÊNDICE 2 - Continuação

 <b>INSTITUTO POLITÉCNICO DE BRAGANÇA</b> Escola Superior de Tecnologia e Gestão		Ensaio de PDL				
		Ensaio n.º	3	GPS:	41° 57' 39" N	
		Data:	04/05/2018		6° 48' 32" W	
		E/D	Direita	Altitude	1296 m	
		Nível de água	sim	Local:	Montesinho	
PDL		Z(m)	N10	Obs		
		0,1	119			
		0,2	99			
		0,3	46			
		0,4	23			
		0,5	24			
		0,6	16			
		0,7	37			
		0,8	50	NEGA		
		0,9				
		1				
Ensaio de Controlo de Compactação com Célula Radioativa						
in situ	Y <sub>d</sub> (kg/m <sup>3</sup> )	2086	Y úmido (kg/m <sup>3</sup> )	2206	W (%)	5,7
<b>Observações:</b>						




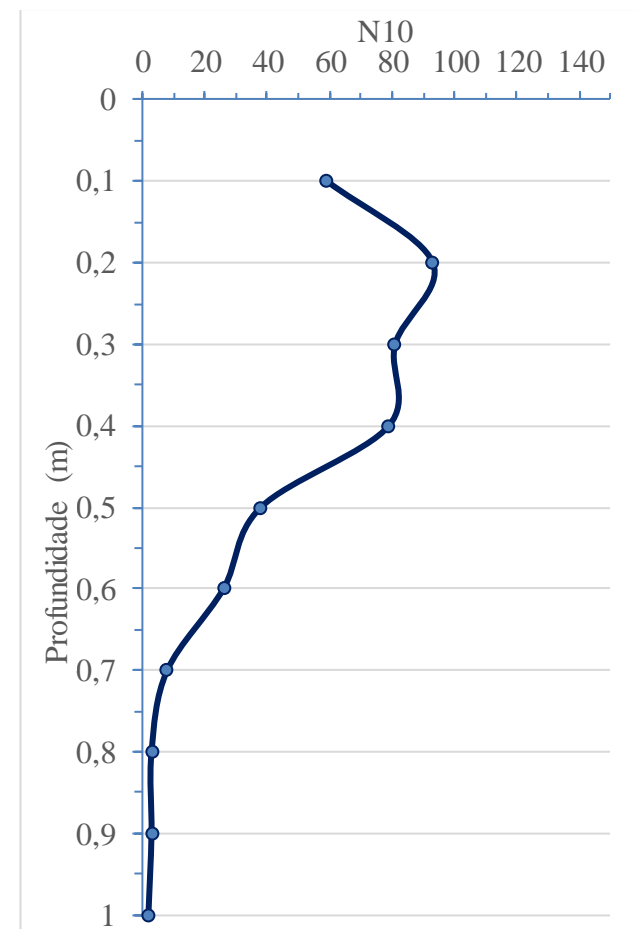
## APÊNDICE 2 - Continuação

 <b>INSTITUTO POLITÉCNICO DE BRAGANÇA</b> Escola Superior de Tecnologia e Gestão		Ensaio de PDL				
		Ensaio n.º	4	GPS:	41° 57' 36" N	
		Data:	04/05/2018		6° 48' 35" W	
		E/D	Esquerda	Altitude	1294 m	
		Nível de água	sim	Local:	Montesinho	
PDL		Z(m)	N10	Obs		
		0,1	116			
		0,2	89			
		0,3	18			
		0,4	15			
		0,5	15			
		0,6	8			
		0,7	7			
		0,8	7			
		0,9	9			
		1	14			
Ensaio de Controlo de Compactação com Célula Radioativa						
in situ	Y <sub>d</sub> (kg/m <sup>3</sup> )	2042	Y úmido (kg/m <sup>3</sup> )	2151	W (%)	5,3
<b>Observações:</b>						




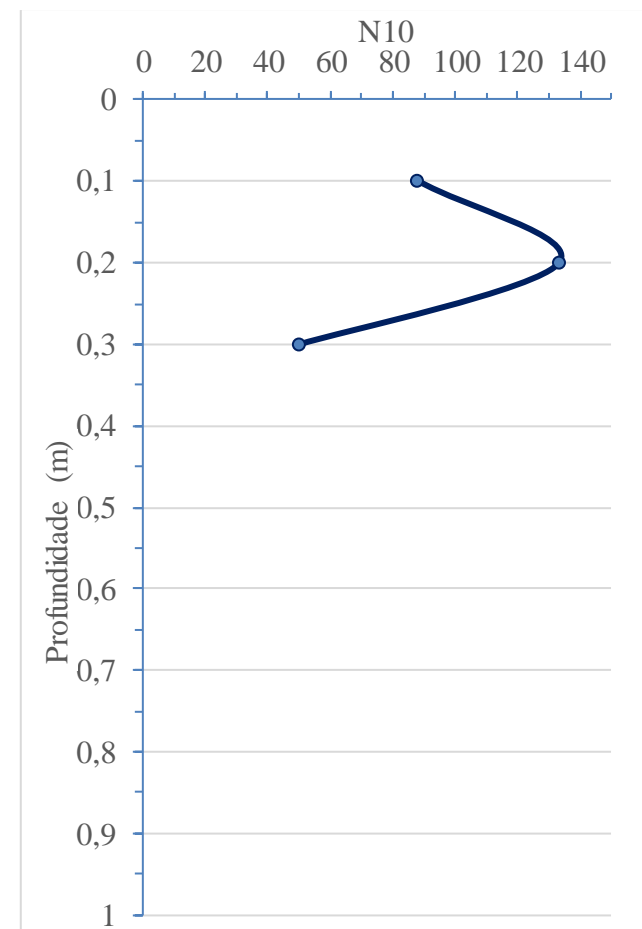
## APÊNDICE 2 - Continuação

 <b>INSTITUTO POLITÉCNICO DE BRAGANÇA</b> Escola Superior de Tecnologia e Gestão		Ensaio de PDL				
		Ensaio n.º	5	GPS:	41° 57' 32" N	
		Data:	04/05/2018		6° 48' 35" W	
		E/D	Direita	Altitude	1294 m	
		Nível de água	sim	Local:	Montesinho	
PDL	Z(m)	N10		Obs		
	0,1	59				
	0,2	93				
	0,3	81				
	0,4	79				
	0,5	38				
	0,6	26				
	0,7	8				
	0,8	3				
	0,9	3				
1	2					
Ensaio de Controlo de Compactação com Célula Radioativa						
in situ	Y <sub>d</sub> (kg/m <sup>3</sup> )	2060	Y úmido (kg/m <sup>3</sup> )	2202	W (%)	6,9
Observações:		Após o 1,2 m de profundidade constatou que o solo estava rígido novamente.				




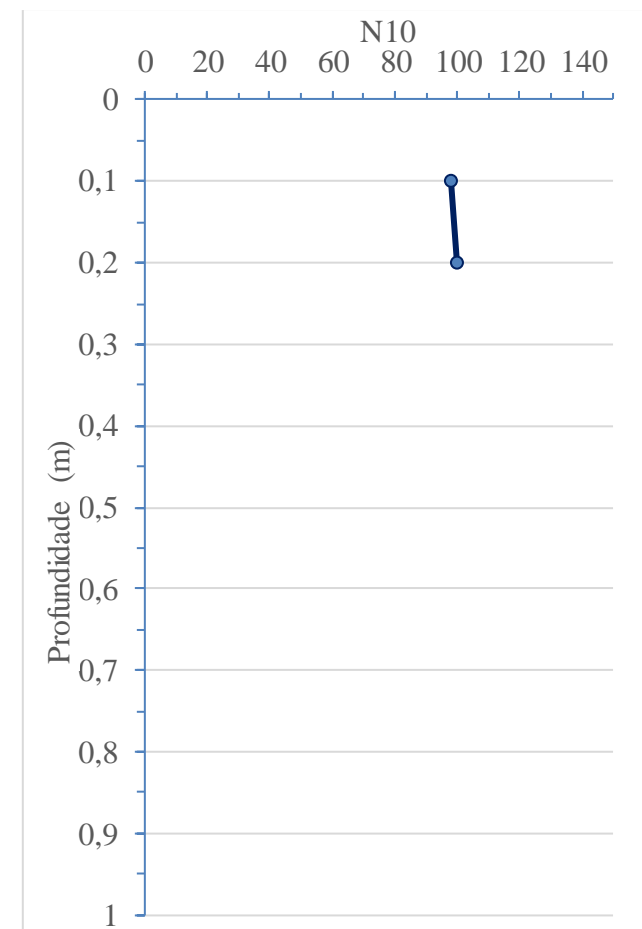
## APÊNDICE 2 - Continuação

 <b>INSTITUTO POLITÉCNICO DE BRAGANÇA</b> Escola Superior de Tecnologia e Gestão		Ensaio de PDL				
		Ensaio n.º	6	GPS:	41° 57' 29" N	
		Data:	04/05/2018		6° 48' 36" W	
		E/D	Esquerda	Altitude	1291 m	
		Nível de água	não	Local:	Montesinho	
Z(m)		N10		Obs		
PDL	0,1	88				
	0,2	133				
	0,3	50		NEGA		
	0,4					
	0,5					
	0,6					
	0,7					
	0,8					
	0,9					
	1					
Ensaio de Controlo de Compactação com Célula Radioativa						
in situ	Y <sub>d</sub> (kg/m <sup>3</sup> )	2046	Y úmido (kg/m <sup>3</sup> )	2194	W (%)	7,2
<b>Observações:</b>		O ensaio foi realizado em outro ponto próximo e deu o mesmo resultado.				




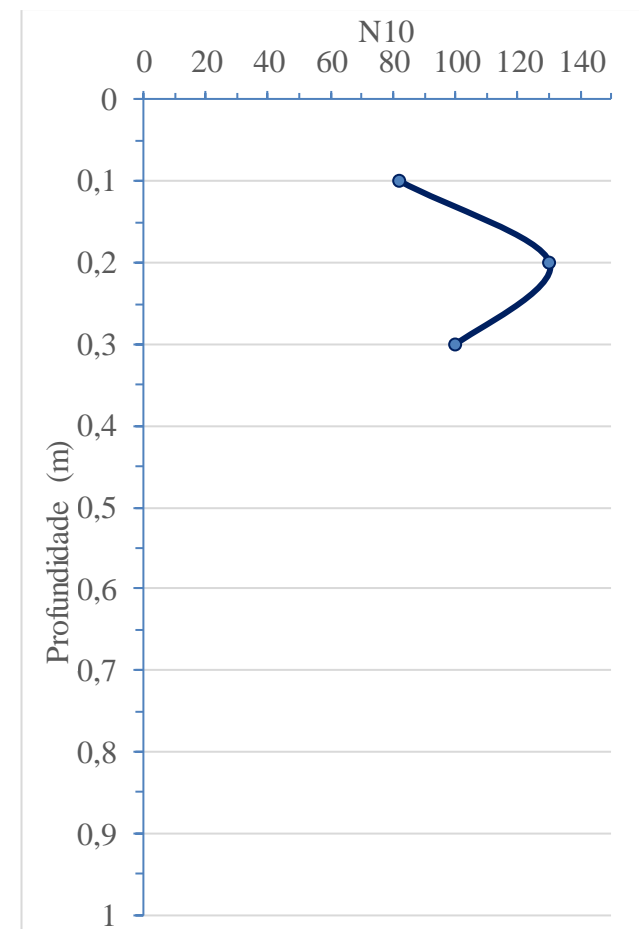
## APÊNDICE 2 - Continuação

 INSTITUTO POLITÉCNICO DE BRAGANÇA Escola Superior de Tecnologia e Gestão		Ensaio de PDL				
		Ensaio n.º	7	GPS:	41° 57' 25" N	
		Data:	04/05/2018		6° 48' 37" W	
		E/D	Direita	Altitude	1299 m	
		Nível de água	não	Local:	Montesinho	
PDL		Z(m)	N10	Obs		
		0,1	98			
		0,2	100	NEGA		
		0,3				
		0,4				
		0,5				
		0,6				
		0,7				
		0,8				
		0,9				
		1				
Ensaio de Controlo de Compactação com Célula Radioativa						
in situ	Y <sub>d</sub> (kg/m <sup>3</sup> )	1994	Y úmido (kg/m <sup>3</sup> )	2131	W (%)	6,9
<b>Observações:</b> Ponto ensaiado a 133m do ponto anterior, devido o terreno não estar em uma área plana.						




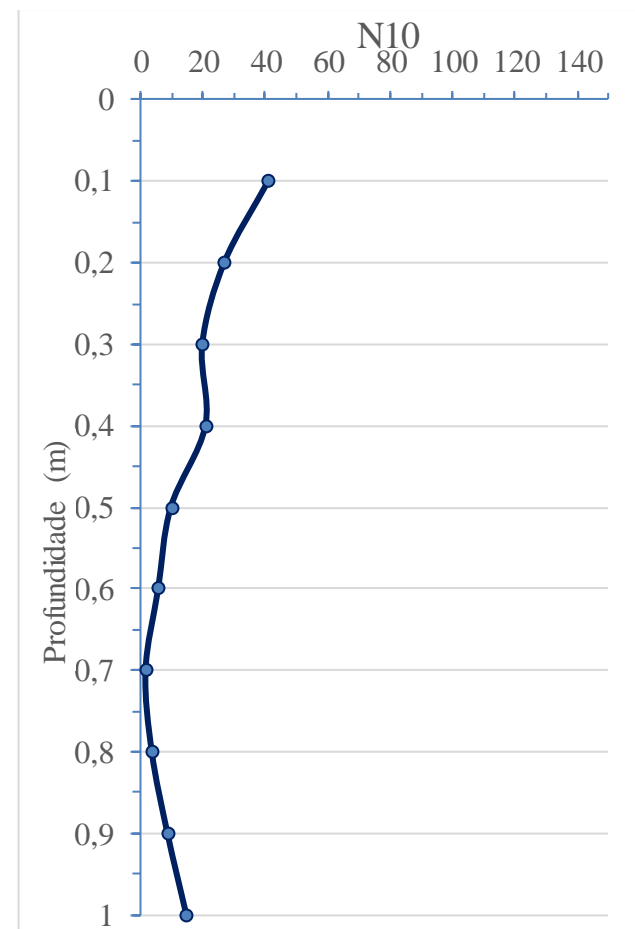
## APÊNDICE 2 - Continuação

 <b>INSTITUTO POLITÉCNICO DE BRAGANÇA</b> Escola Superior de Tecnologia e Gestão		Ensaio de PDL				
		Ensaio n.º	8	GPS:	41° 57' 22" N	
		Data:	04/05/2018		6° 48' 37" W	
		E/D	Esquerda	Altitude	1303 m	
		Nível de água	não	Local:	Montesinho	
PDL		Z(m)	N10	Obs		
		0,1	82			
		0,2	130			
		0,3	100	NEGA		
		0,4				
		0,5				
		0,6				
		0,7				
		0,8				
		0,9				
		1				
Ensaio de Controlo de Compactação com Célula Radioativa						
in situ	Yd (kg/m3)	2044	Y úmido (kg/m3)	2210	W (%)	8,1
<b>Observações:</b>						




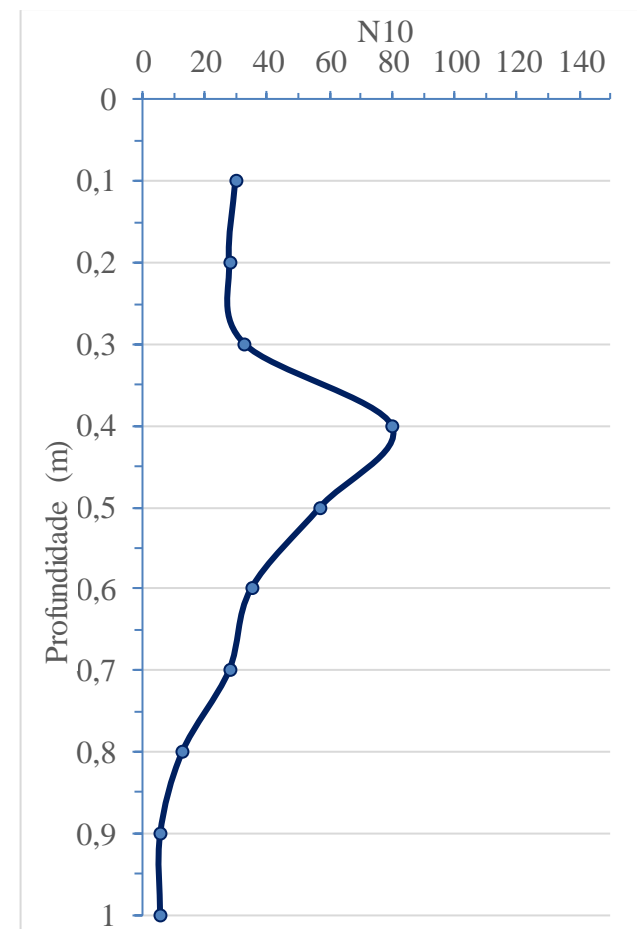
## APÊNDICE 2 - Continuação

 <b>INSTITUTO POLITÉCNICO DE BRAGANÇA</b> Escola Superior de Tecnologia e Gestão		Ensaio de PDL				
		Ensaio n.º	9	GPS:	41° 57' 18" N	
		Data:	04/05/2018		6° 48' 36" W	
		E/D	Direita <th>Altitude</th> <td>1297 m</td>	Altitude	1297 m	
		Nível de água	sim	Local:	Montesinho	
PDL		Z(m)	N10	Obs		
		0,1	41			
		0,2	27			
		0,3	20			
		0,4	21			
		0,5	10			
		0,6	6			
		0,7	2			
		0,8	4			
		0,9	9			
		1	15			
Ensaio de Controlo de Compactação com Célula Radioativa						
in situ	Yd (kg/m3)	2139	Y úmido (kg/m3)	2260	W (%)	5,7
<b>Observações:</b>		Ponto antes da barragem e da passagem de água (referência).				




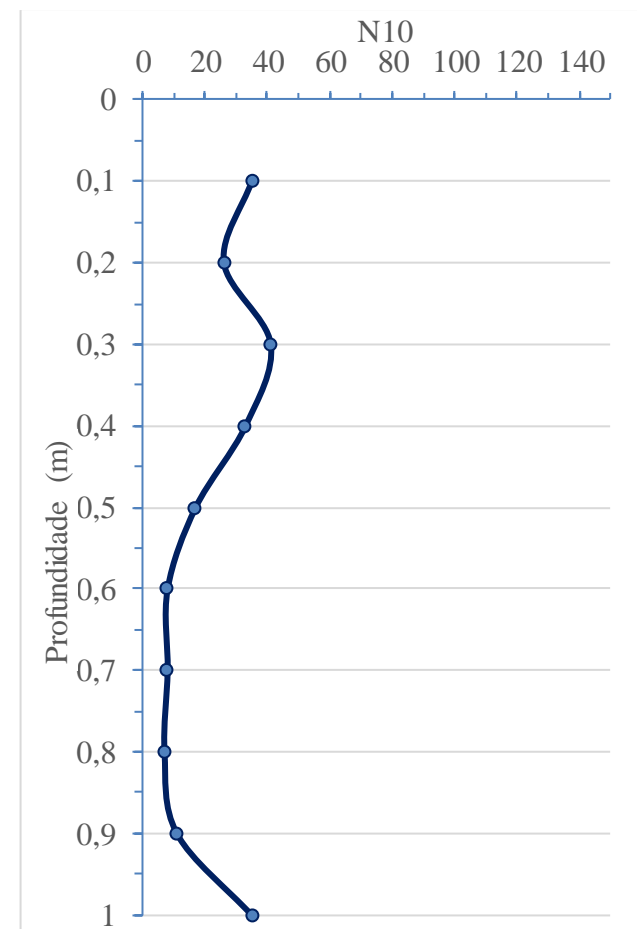
## APÊNDICE 2 - Continuação

 <b>INSTITUTO POLITÉCNICO DE BRAGANÇA</b> Escola Superior de Tecnologia e Gestão		Ensaio de PDL				
		Ensaio n.º	10	GPS:	41° 57' 15" N	
		Data:	04/05/2018		6° 48' 39" W	
		E/D	Esquerda	Altitude	1302 m	
		Nível de água	sim	Local:	Montesinho	
PDL		Z(m)	N10	Obs		
		0,1	30			
		0,2	28			
		0,3	33			
		0,4	80			
		0,5	57			
		0,6	35			
		0,7	28			
		0,8	13			
		0,9	6			
		1	6			
Ensaio de Controlo de Compactação com Célula Radioativa						
in situ	Yd (kg/m <sup>3</sup> )	1795	Y úmido (kg/m <sup>3</sup> )	2039	W (%)	13,6
<b>Observações:</b>						




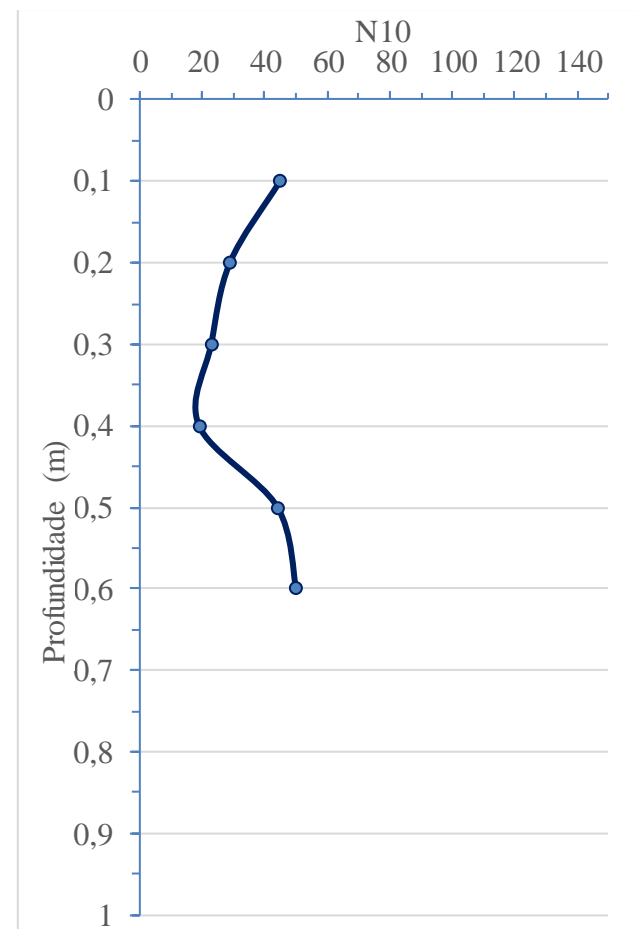
## APÊNDICE 2 - Continuação

 <b>INSTITUTO POLITÉCNICO DE BRAGANÇA</b> Escola Superior de Tecnologia e Gestão		Ensaio de PDL				
		Ensaio n.º	11	GPS:	41° 57' 12" N	
		Data:	04/05/2018		6° 48' 39" W	
		E/D	Direita	Altitude	1299 m	
		Nível de água	sim	Local:	Montesinho	
PDL		Z(m)	N10	Obs		
		0,1	35			
		0,2	26			
		0,3	41			
		0,4	33			
		0,5	17			
		0,6	8			
		0,7	8			
		0,8	7			
		0,9	11			
		1	35			
Ensaio de Controlo de Compactação com Célula Radioativa						
in situ	Yd (kg/m3)	1956	Y úmido (kg/m3)	2153	W (%)	10,1
Observações:						




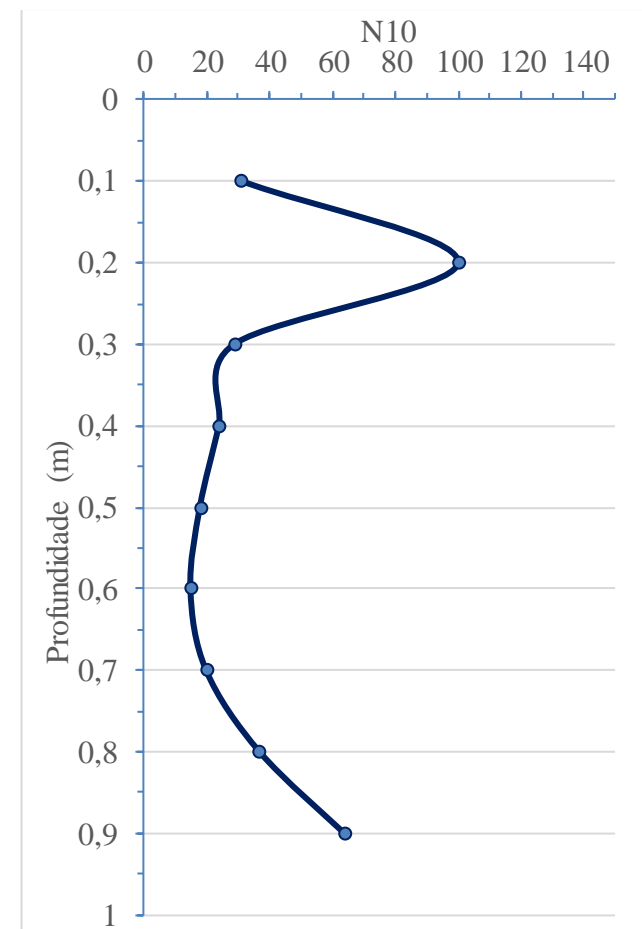
## APÊNDICE 2 - Continuação

 <b>INSTITUTO POLITÉCNICO DE BRAGANÇA</b> Escola Superior de Tecnologia e Gestão		Ensaio de PDL				
		Ensaio n.º	12	GPS:	41° 57' 8" N	
		Data:	04/05/2018		6° 48' 39" W	
		E/D	Esquerda	Altitude	1305 m	
		Nível de água	sim	Local:	Montesinho	
PDL	Z(m)	N10		Obs		
	0,1	45				
	0,2	29				
	0,3	23				
	0,4	19				
	0,5	44				
	0,6	50		NEGA		
	0,7					
	0,8					
	0,9					
1						
Ensaio de Controlo de Compactação com Célula Radioativa						
in situ	Yd (kg/m3)	1746	Y úmido (kg/m3)	1996	W (%)	14,3
Observações:		Na proximidade do ponto se localizavam rochas a superfície.				




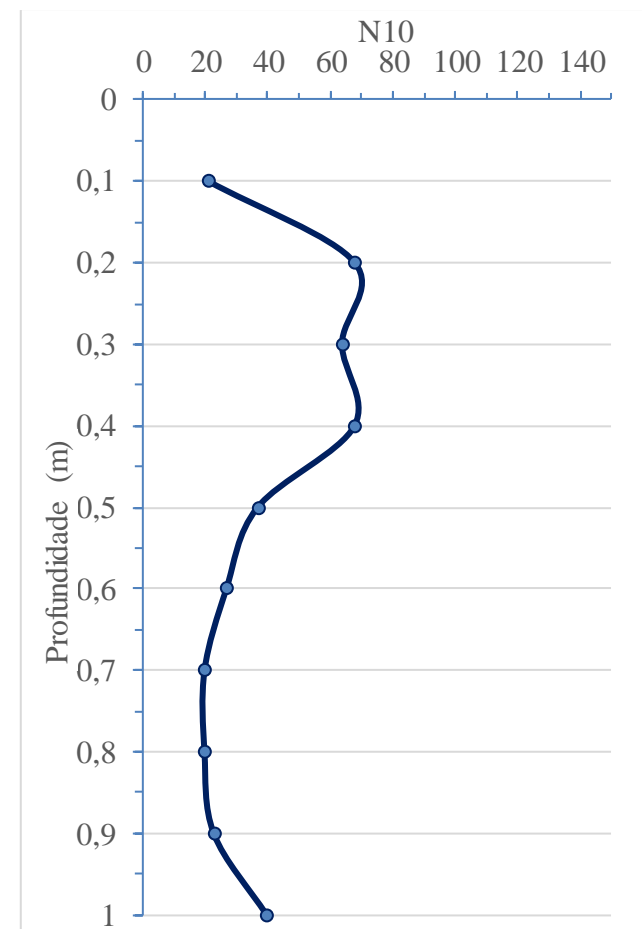
## APÊNDICE 2 - Continuação

 <b>INSTITUTO POLITÉCNICO DE BRAGANÇA</b> Escola Superior de Tecnologia e Gestão		Ensaio de PDL				
		Ensaio n.º	13	GPS:	41° 57' 5" N	
		Data:	04/05/2018		6° 48' 37" W	
		E/D	Direita	Altitude	1297 m	
		Nível de água	não	Local:	Montesinho	
PDL		Z(m)	N10	Obs		
		0,1	31			
		0,2	100			
		0,3	29			
		0,4	24			
		0,5	18			
		0,6	15			
		0,7	20			
		0,8	37			
		0,9	64	NEGA		
		1				
Ensaio de Controlo de Compactação com Célula Radioativa						
in situ	Yd (kg/m3)	1806	Y úmido (kg/m3)	1996	W (%)	10,5
<b>Observações:</b> Ponto ensaiado a 107m do ponto anterior, devido o terreno não estar em uma área plana.						




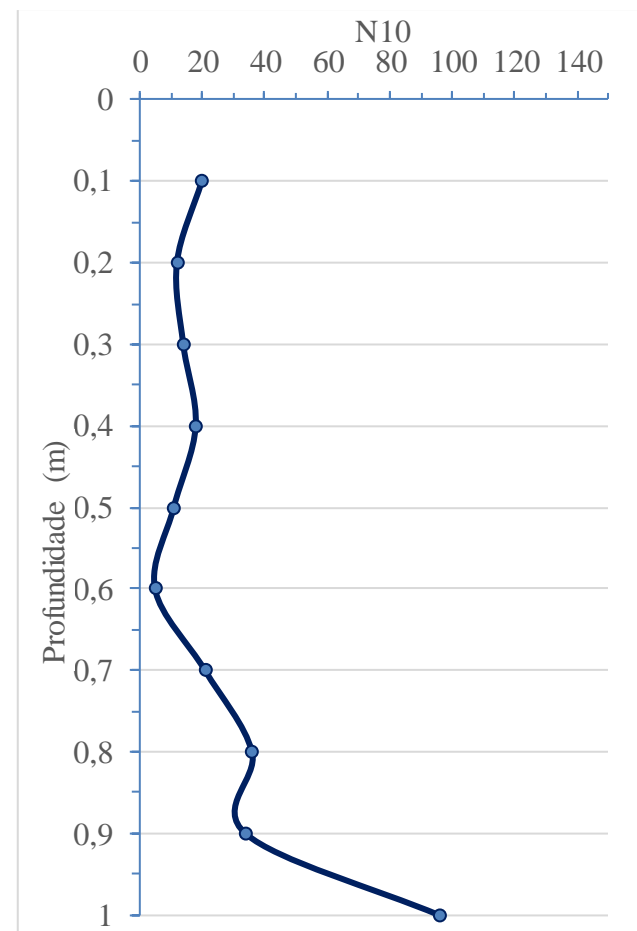
## APÊNDICE 2 - Continuação

 <b>INSTITUTO POLITÉCNICO DE BRAGANÇA</b> Escola Superior de Tecnologia e Gestão		Ensaio de DPL				
		Ensaio n.º	14	GPS:	41° 57' 2" N	
		Data:	04/05/2018		6° 48' 38" W	
		E/D	Esquerda	Altitude	1299 m	
		Nível de água	sim	Local:	Montesinho	
DPL		Z(m)	N10	Obs		
		0,1	21			
		0,2	68			
		0,3	64			
		0,4	68			
		0,5	37			
		0,6	27			
		0,7	20			
		0,8	20			
		0,9	23			
		1	40			
Ensaio de Controlo de Compactação com Célula Radioativa						
in situ	Yd (kg/m3)	1874	Y úmido (kg/m3)	2047	W (%)	9,2
<b>Observações:</b>		Ponto ensaiado a 102m do ponto anterior, devido o terreno apresentar mau estado, possui afundamentos (deterioração).				




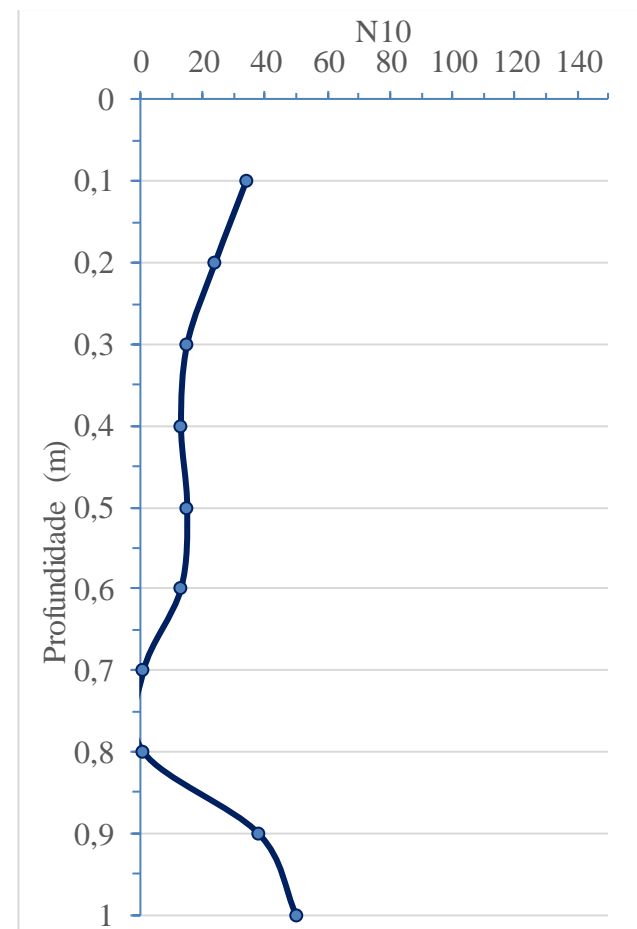
## APÊNDICE 2 - Continuação

 <b>INSTITUTO POLITÉCNICO DE BRAGANÇA</b> Escola Superior de Tecnologia e Gestão		Ensaio de PDL				
		Ensaio n.º	15	GPS:	41° 56' 59" N	
		Data:	04/05/2018		6° 48' 39" W	
		E/D	Direita	Altitude	1288 m	
		Nível de água	não	Local:	Montesinho	
PDL		Z(m)	N10	Obs		
		0,1	20			
		0,2	12			
		0,3	14			
		0,4	18			
		0,5	11			
		0,6	5			
		0,7	21			
		0,8	36			
		0,9	34			
		1	96			
Ensaio de Controlo de Compactação com Célula Radioativa						
in situ	Y <sub>d</sub> (kg/m <sup>3</sup> )	1874	Y úmido (kg/m <sup>3</sup> )	2050	W (%)	9,4
<b>Observações:</b> Ponto ensaiado a 109m do ponto anterior, devido o terreno apresentar defeitos.						




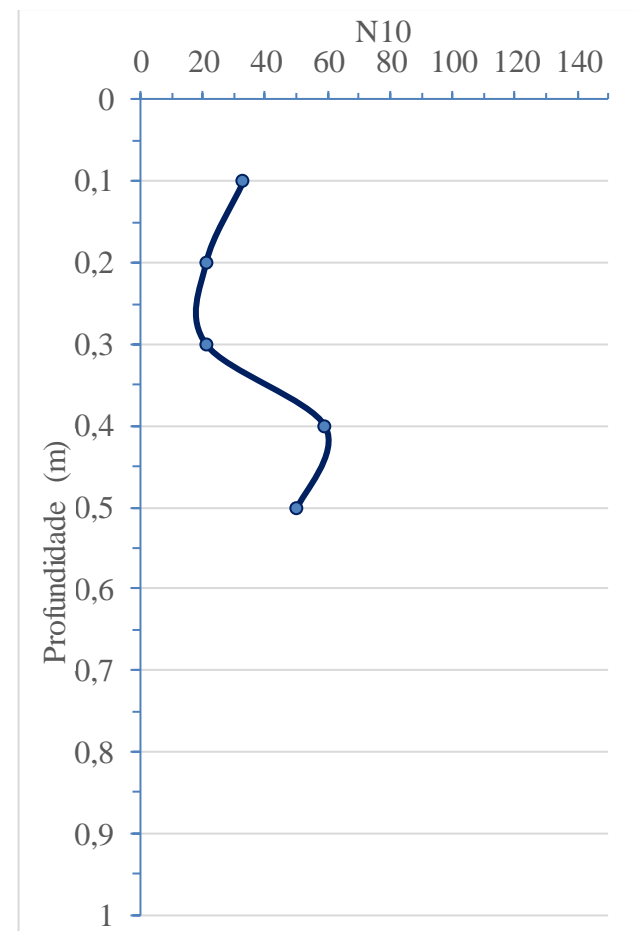
## APÊNDICE 2 - Continuação

 <b>INSTITUTO POLITÉCNICO DE BRAGANÇA</b> Escola Superior de Tecnologia e Gestão		Ensaio de PDL				
		Ensaio n.º	16	GPS:	41° 56' 55" N	
		Data:	04/05/2018		6° 48' 40" W	
		E/D	Esquerda	Altitude	1291 m	
		Nível de água	sim	Local:	Montesinho	
PDL	Z(m)	N10		Obs		
	0,1	34				
	0,2	24				
	0,3	15				
	0,4	13				
	0,5	15				
	0,6	13				
	0,7	1				
	0,8	1				
	0,9	38				
1	50		NEGA			
Ensaio de Controlo de Compactação com Célula Radioativa						
in situ	Y <sub>d</sub> (kg/m <sup>3</sup> )	1782	Y úmido (kg/m <sup>3</sup> )	2044	W (%)	14,7
Observações:						




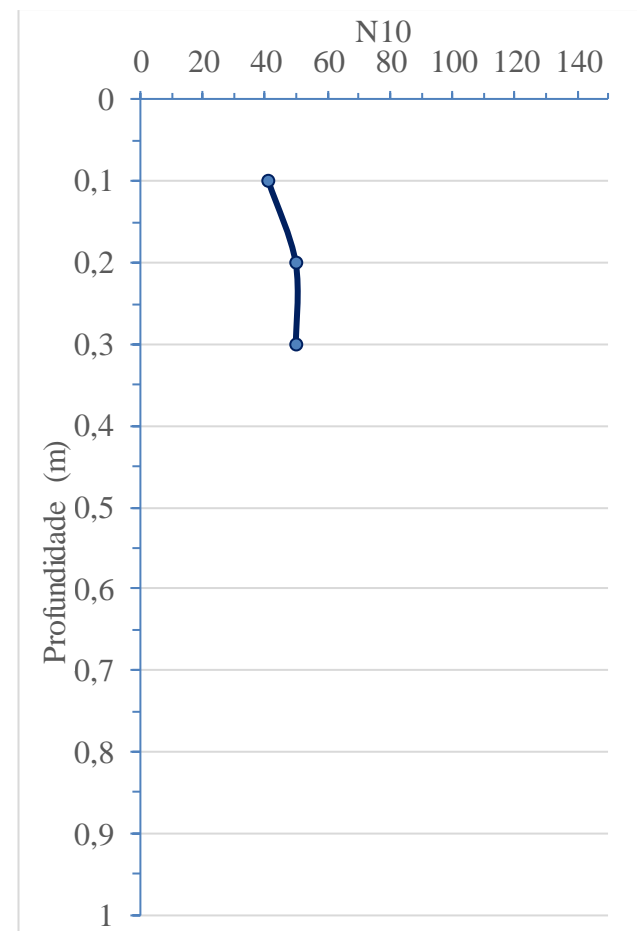
## APÊNDICE 2 - Continuação

 <b>INSTITUTO POLITÉCNICO DE BRAGANÇA</b> Escola Superior de Tecnologia e Gestão		Ensaio de PDL				
		Ensaio n.º	17	GPS:	41° 56' 52" N	
		Data:	04/05/2018		6° 48' 41" W	
		E/D	Direita	Altitude	1293 m	
		Nível de água	não	Local:	Montesinho	
PDL	Z(m)	N10		Obs		
	0,1	33				
	0,2	21				
	0,3	21				
	0,4	59				
	0,5	50		NEGA		
	0,6					
	0,7					
	0,8					
	0,9					
1						
Ensaio de Controlo de Compactação com Célula Radioativa						
in situ	Y <sub>d</sub> (kg/m <sup>3</sup> )	1889	Y úmido (kg/m <sup>3</sup> )	2092	W (%)	10,7
Observações:						




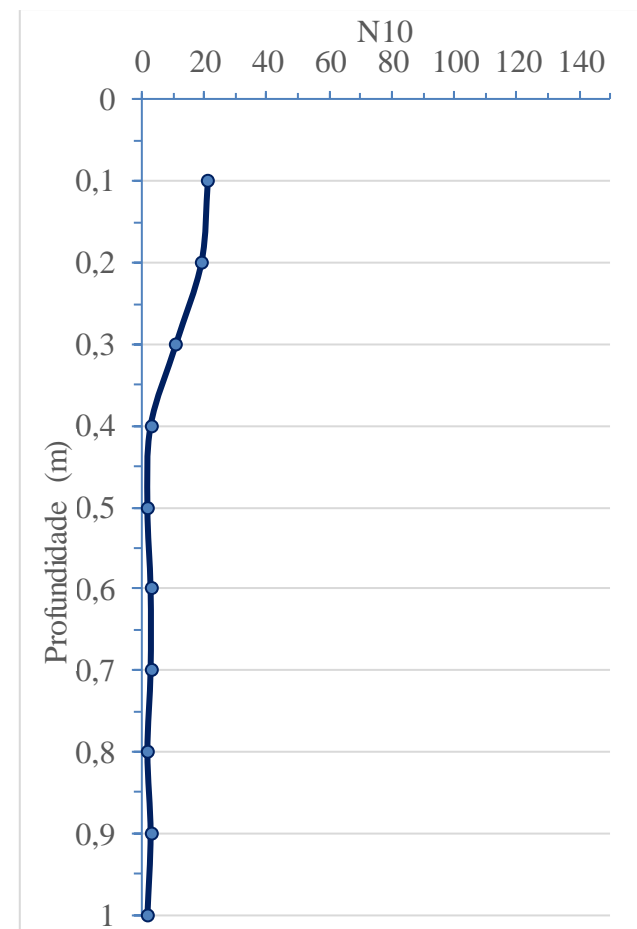
## APÊNDICE 2 - Continuação

 <b>INSTITUTO POLITÉCNICO DE BRAGANÇA</b> Escola Superior de Tecnologia e Gestão		Ensaio de PDL				
		Ensaio n.º	18	GPS:	41° 56' 49" N	
		Data:	04/05/2018		6° 48' 41" W	
		E/D	Esquerda	Altitude	1292 m	
		Nível de água	não	Local:	Montesinho	
PDL	Z(m)	N10		Obs		
	0,1	41				
	0,2	50				
	0,3	50		NEGA		
	0,4					
	0,5					
	0,6					
	0,7					
	0,8					
	0,9					
1						
Ensaio de Controlo de Compactação com Célula Radioativa						
in situ	Y <sub>d</sub> (kg/m <sup>3</sup> )	1762	Y úmido (kg/m <sup>3</sup> )	2031	W (%)	15.2
Observações:						




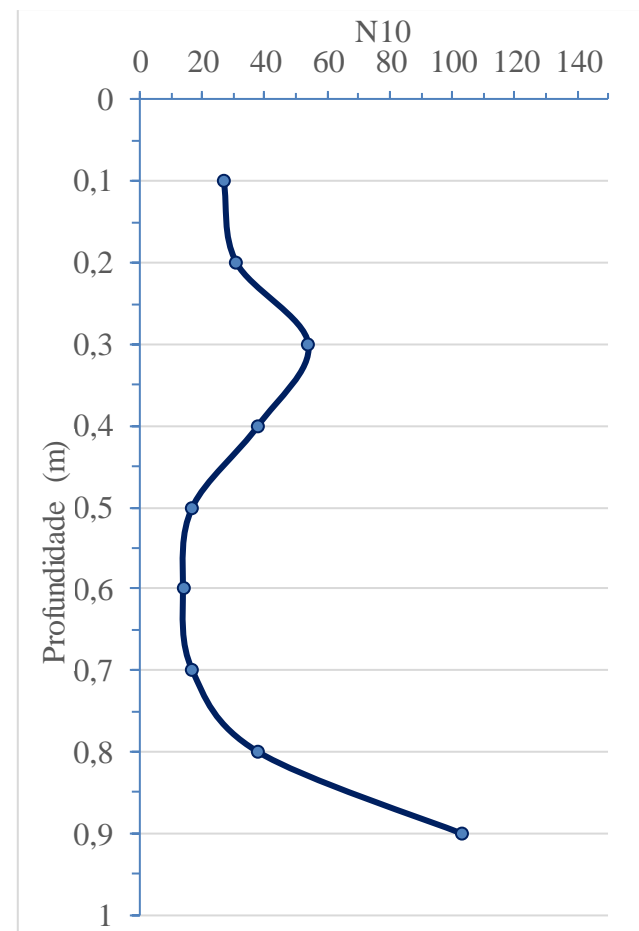
## APÊNDICE 2 - Continuação

 <b>INSTITUTO POLITÉCNICO DE BRAGANÇA</b> Escola Superior de Tecnologia e Gestão		Ensaio de PDL				
		Ensaio n.º	19	GPS:	41° 56' 46" N	
		Data:	04/05/2018		6° 48' 42" W	
		E/D	Direita	Altitude	1297 m	
		Nível de água	sim	Local:	Montesinho	
PDL		Z(m)	N10	Obs		
		0,1	21			
		0,2	19			
		0,3	11			
		0,4	3			
		0,5	2			
		0,6	3			
		0,7	3			
		0,8	2			
		0,9	3			
		1	2			
Ensaio de Controlo de Compactação com Célula Radioativa						
in situ	Y <sub>d</sub> (kg/m <sup>3</sup> )	1580	Y úmido (kg/m <sup>3</sup> )	1900	W (%)	20,2
<b>Observações:</b>						




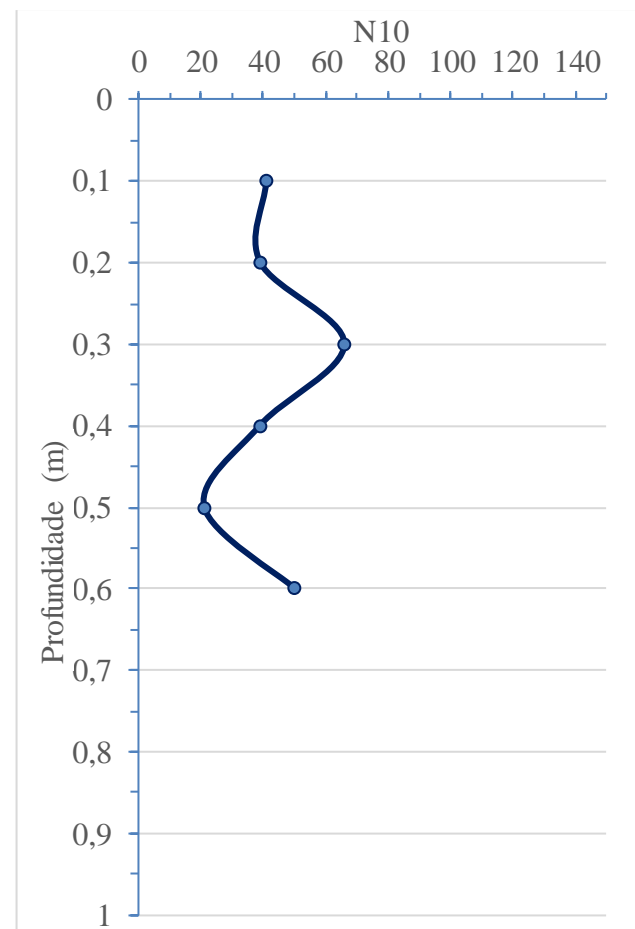
## APÊNDICE 2 - Continuação

 <b>INSTITUTO POLITÉCNICO DE BRAGANÇA</b> Escola Superior de Tecnologia e Gestão		Ensaio de PDL				
		Ensaio n.º	20	GPS:	41° 56' 43" N	
		Data:	04/05/2018		6° 48' 43" W	
		E/D	Esquerda	Altitude	1291 m	
		Nível de água	não	Local:	Montesinho	
PDL		Z(m)	N10	Obs		
		0,1	27			
		0,2	31			
		0,3	54			
		0,4	38			
		0,5	17			
		0,6	14			
		0,7	17			
		0,8	38			
		0,9	103	NEGA		
		1				
Ensaio de Controlo de Compactação com Célula Radioativa						
in situ	Y <sub>d</sub> (kg/m <sup>3</sup> )	1848	Y úmido (kg/m <sup>3</sup> )	2020	W (%)	9,3
<b>Observações:</b>						




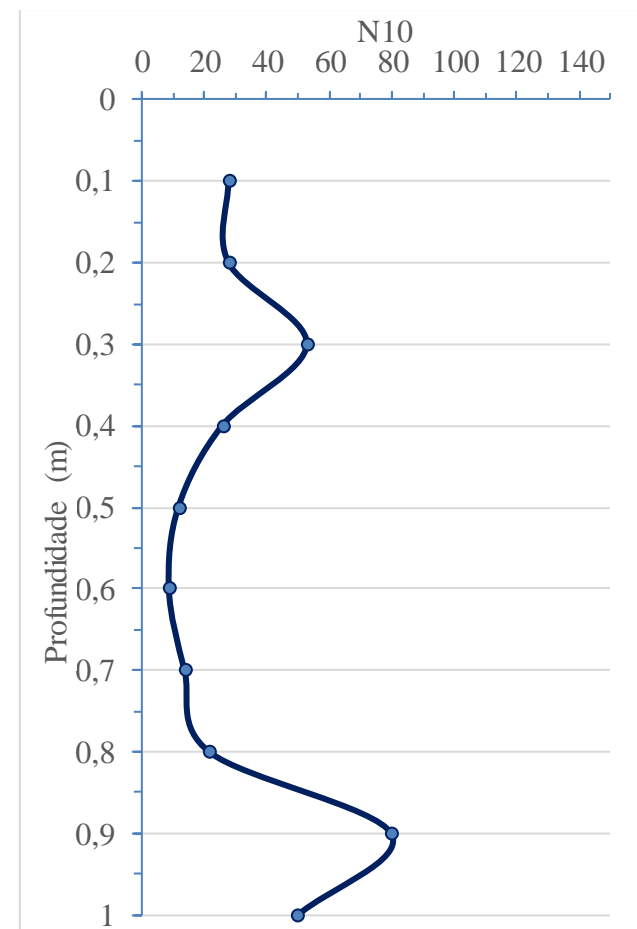
## APÊNDICE 2 - Continuação

 <b>INSTITUTO POLITÉCNICO DE BRAGANÇA</b> Escola Superior de Tecnologia e Gestão		Ensaio de DPL				
		Ensaio n.º	21	GPS:	41° 56' 39" N	
		Data:	04/05/2018		6° 48' 43" W	
		E/D	Direita	Altitude	1285 m	
		Nível de água	não	Local:	Montesinho	
DPL	Z(m)	N10		Obs		
	0,1	41				
	0,2	39				
	0,3	66				
	0,4	39				
	0,5	21				
	0,6	50		NEGA		
	0,7					
	0,8					
	0,9					
1						
Ensaio de Controlo de Compactação com Célula Radioativa						
in situ	Y <sub>d</sub> (kg/m <sup>3</sup> )	1842	Y úmido (kg/m <sup>3</sup> )	2045	W (%)	11,0
Observações:					Ponto ensaiado a 105m do ponto anterior, devido o terreno não estar em uma área plana.	




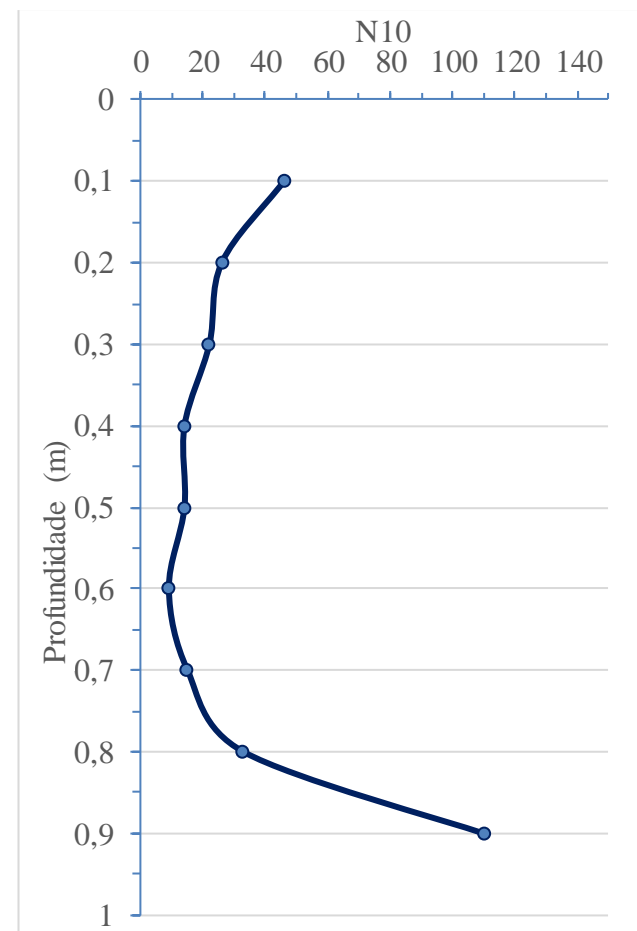
## APÊNDICE 2 - Continuação

 <b>INSTITUTO POLITÉCNICO DE BRAGANÇA</b> Escola Superior de Tecnologia e Gestão		Ensaio de PDL				
		Ensaio n.º	22	GPS:	41° 56' 36" N	
		Data:	04/05/2018		6° 48' 44" W	
		E/D	Esquerda	Altitude	1294 m	
		Nível de água	não	Local:	Montesinho	
PDL	Z(m)	N10		Obs		
	0,1	28				
	0,2	28				
	0,3	53				
	0,4	26				
	0,5	12				
	0,6	9				
	0,7	14				
	0,8	22				
	0,9	80				
1	50		NEGA			
Ensaio de Controlo de Compactação com Célula Radioativa						
in situ	Y <sub>d</sub> (kg/m <sup>3</sup> )	1802	Y úmido (kg/m <sup>3</sup> )	2042	W (%)	13,3
Observações:						




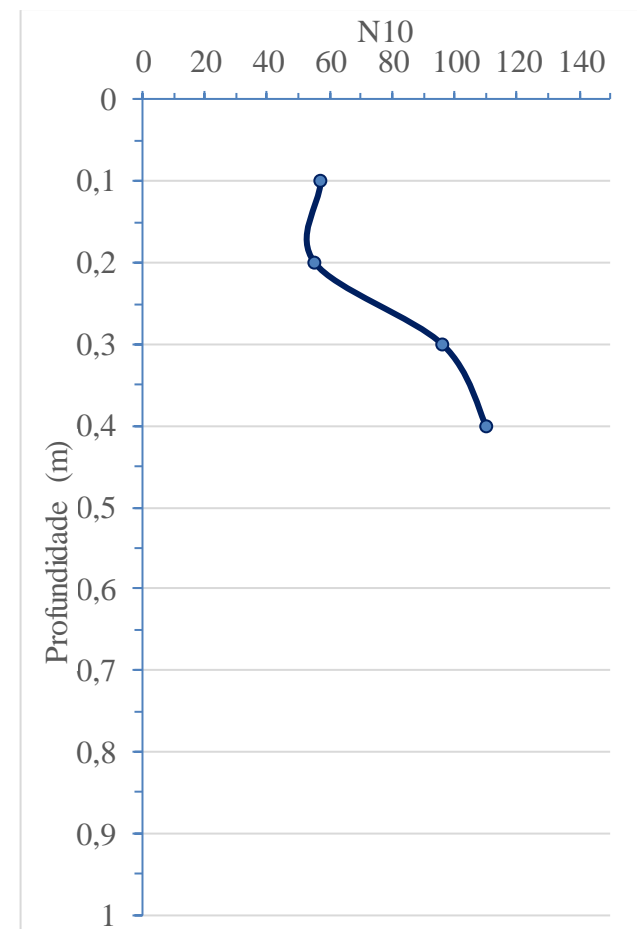
## APÊNDICE 2 - Continuação

 <b>INSTITUTO POLITÉCNICO DE BRAGANÇA</b> Escola Superior de Tecnologia e Gestão		Ensaio de PDL				
		Ensaio n.º	23	GPS:	41° 56' 32" N	
		Data:	04/05/2018		6° 48' 46" W	
		E/D	Direita	Altitude	1278 m	
		Nível de água	não	Local:	Montesinho	
PDL	Z(m)	N10		Obs		
	0,1	46				
	0,2	26				
	0,3	22				
	0,4	14				
	0,5	14				
	0,6	9				
	0,7	15				
	0,8	33				
	0,9	110		NEGA		
1						
Ensaio de Controlo de Compactação com Célula Radioativa						
in situ	Y <sub>d</sub> (kg/m <sup>3</sup> )	1885	Y úmido (kg/m <sup>3</sup> )	2046	W (%)	8,5
Observações:						




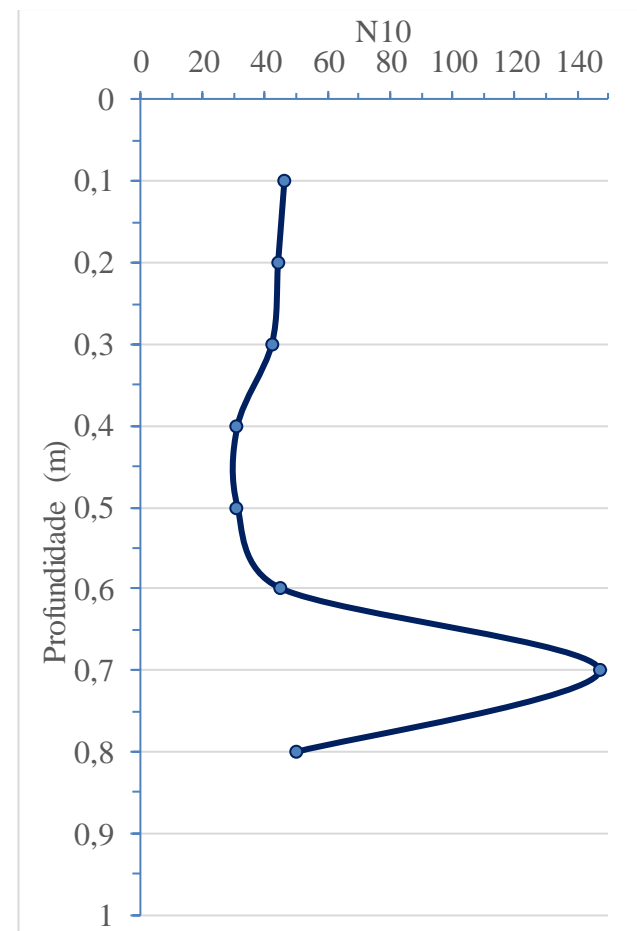
## APÊNDICE 2 - Continuação

 <b>INSTITUTO POLITÉCNICO DE BRAGANÇA</b> Escola Superior de Tecnologia e Gestão		Ensaio de PDL				
		Ensaio n.º	24	GPS:	41° 56' 30" N	
		Data:	08/05/2018		6° 48' 46" W	
		E/D	Esquerda	Altitude	1284 m	
		Nível de água	não	Local:	Montesinho	
PDL	Z(m)	N10		Obs		
	0,1	57				
	0,2	55				
	0,3	96				
	0,4	110		NEGA		
	0,5					
	0,6					
	0,7					
	0,8					
	0,9					
1						
Ensaio de Controlo de Compactação com Célula Radioativa						
in situ	Y <sub>d</sub> (kg/m <sup>3</sup> )	1851	Y úmido (kg/m <sup>3</sup> )	2019	W (%)	9,0
Observações:						




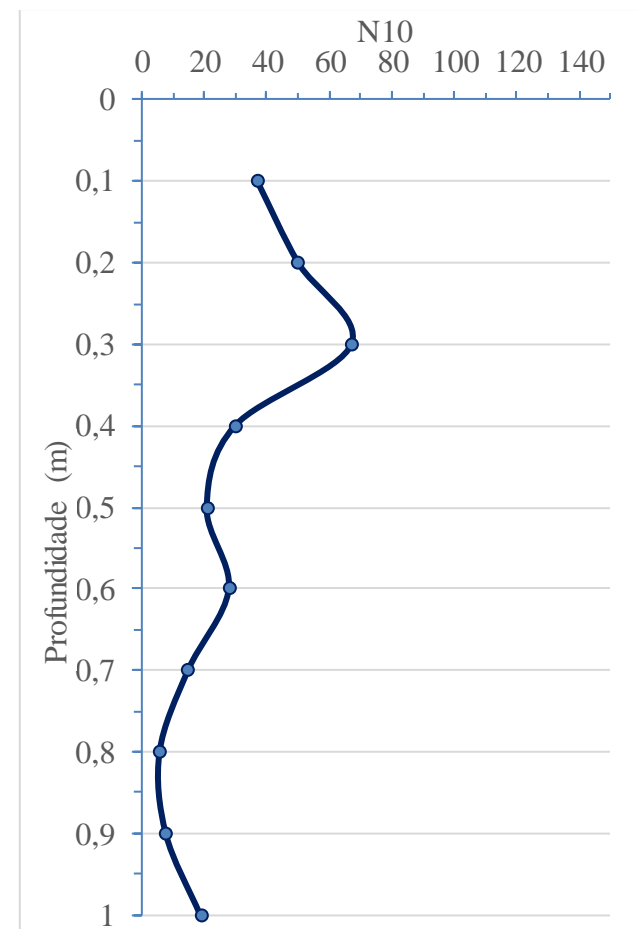
## APÊNDICE 2 - Continuação

 <b>INSTITUTO POLITÉCNICO DE BRAGANÇA</b> Escola Superior de Tecnologia e Gestão		Ensaio de PDL				
		Ensaio n.º	25	GPS:	41° 56' 26" N	
		Data:	08/05/2018		6° 48' 47" W	
		E/D	Direita	Altitude	1279 m	
		Nível de água	não	Local:	Montesinho	
PDL	Z(m)	N10		Obs		
	0,1	46				
	0,2	44				
	0,3	42				
	0,4	31				
	0,5	31				
	0,6	45				
	0,7	147				
	0,8	50		NEGA		
	0,9					
1						
Ensaio de Controlo de Compactação com Célula Radioativa						
in situ	Y <sub>d</sub> (kg/m <sup>3</sup> )	1864	Y úmido (kg/m <sup>3</sup> )	2036	W (%)	9,3
Observações:						




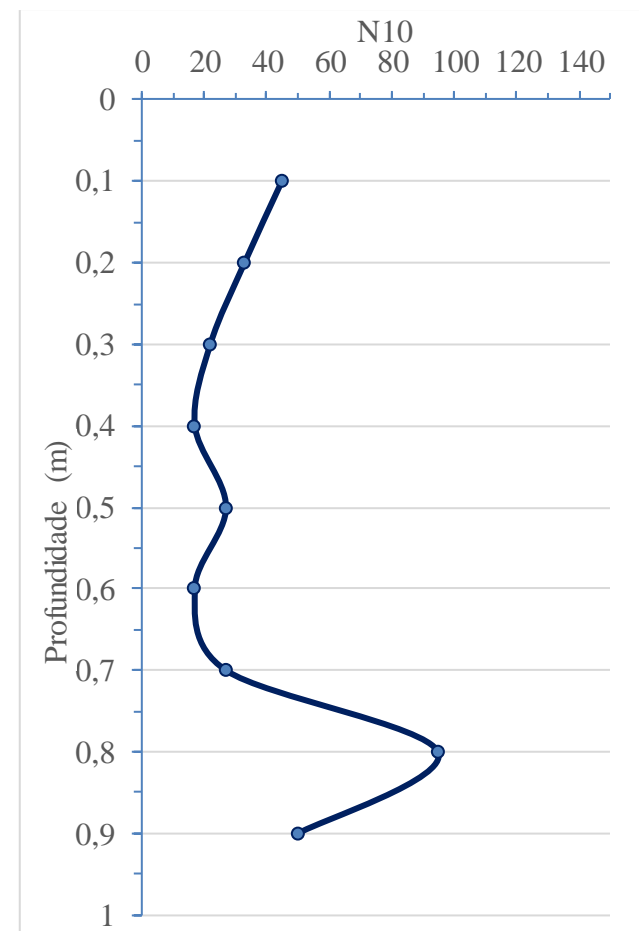
## APÊNDICE 2 - Continuação

 <b>INSTITUTO POLITÉCNICO DE BRAGANÇA</b> Escola Superior de Tecnologia e Gestão		Ensaio de PDL				
		Ensaio n.º	26	GPS:	41° 56' 24" N	
		Data:	08/05/2018		6° 48' 47" W	
		E/D	Esquerda	Altitude	1271 m	
		Nível de água	não	Local:	Montesinho	
PDL	Z(m)	N10		Obs		
	0,1	37				
	0,2	50				
	0,3	67				
	0,4	30				
	0,5	21				
	0,6	28				
	0,7	15				
	0,8	6				
	0,9	8				
1	19					
Ensaio de Controlo de Compactação com Célula Radioativa						
in situ	Y <sub>d</sub> (kg/m <sup>3</sup> )	1901	Y úmido (kg/m <sup>3</sup> )	2081	W (%)	9,5
Observações:						




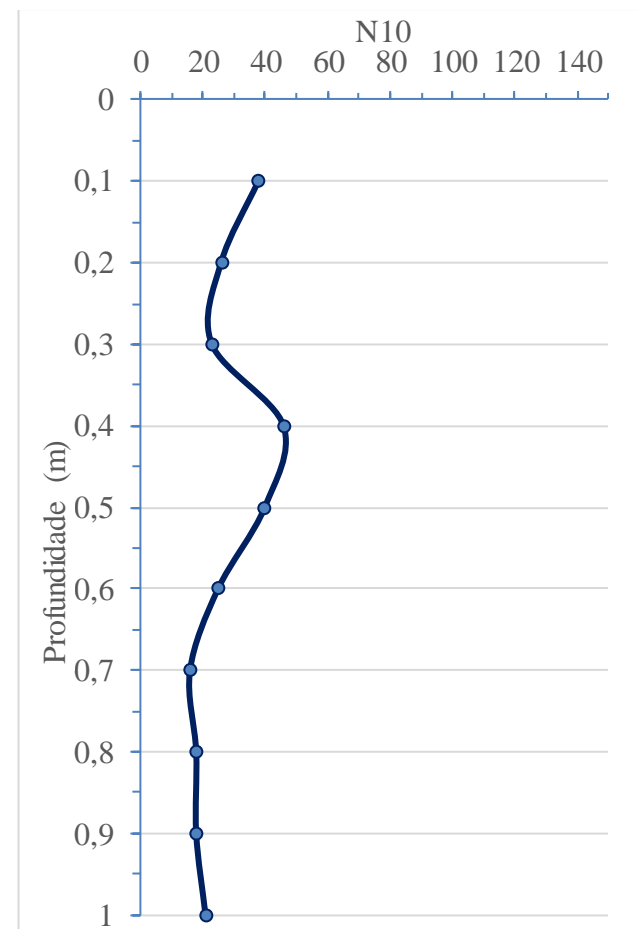
## APÊNDICE 2 - Continuação

 <b>INSTITUTO POLITÉCNICO DE BRAGANÇA</b> Escola Superior de Tecnologia e Gestão		Ensaio de PDL				
		Ensaio n.º	27	GPS:	41° 56' 20" N	
		Data:	08/05/2018		6° 48' 48" W	
		E/D	Direita	Altitude	1273 m	
		Nível de água	não	Local:	Montesinho	
PDL	Z(m)	N10		Obs		
	0,1	45				
	0,2	33				
	0,3	22				
	0,4	17				
	0,5	27				
	0,6	17				
	0,7	27				
	0,8	95				
	0,9	50		NEGA		
1						
Ensaio de Controlo de Compactação com Célula Radioativa						
in situ	Y <sub>d</sub> (kg/m <sup>3</sup> )	1896	Y úmido (kg/m <sup>3</sup> )	2063	W (%)	8,8
Observações:						




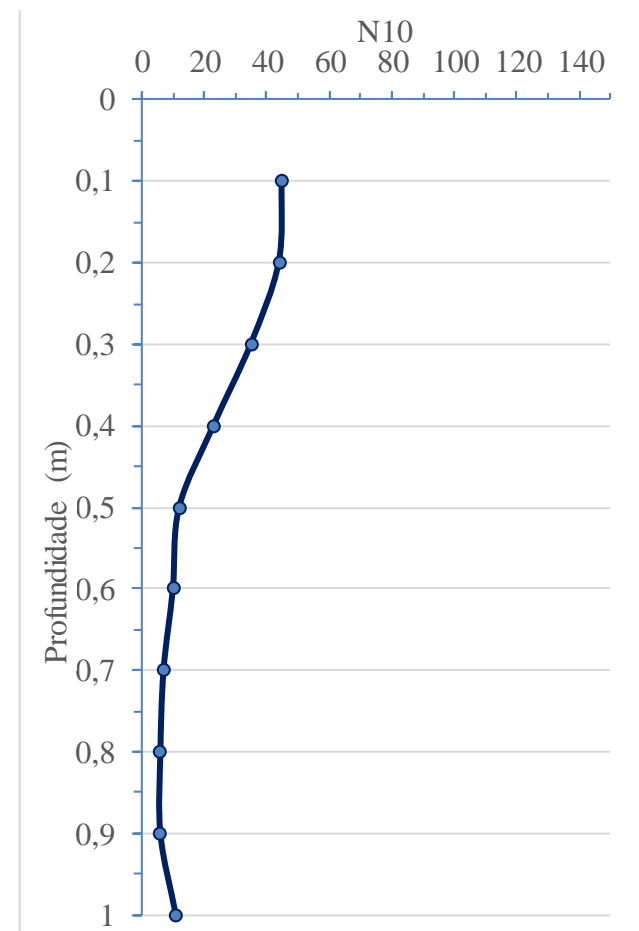
## APÊNDICE 2 - Continuação

 <b>INSTITUTO POLITÉCNICO DE BRAGANÇA</b> Escola Superior de Tecnologia e Gestão		Ensaio de PDL				
		Ensaio n.º	28	GPS:	41° 56' 17" N	
		Data:	08/05/2018		6° 48' 47" W	
		E/D	Esquerda	Altitude	1265 m	
		Nível de água	não	Local:	Montesinho	
PDL	Z(m)	N10		Obs		
	0,1	38				
	0,2	26				
	0,3	23				
	0,4	46				
	0,5	40				
	0,6	25				
	0,7	16				
	0,8	18				
	0,9	18				
1	21					
Ensaio de Controlo de Compactação com Célula Radioativa						
in situ	Y <sub>d</sub> (kg/m <sup>3</sup> )	1885	Y úmido (kg/m <sup>3</sup> )	2042	W (%)	8,3
Observações:						




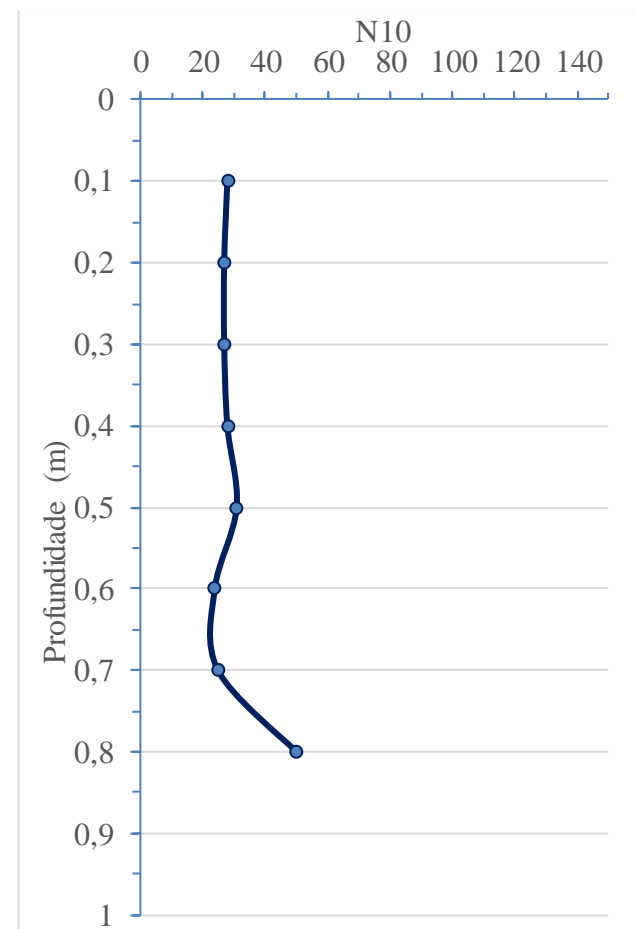
## APÊNDICE 2 - Continuação

 <b>INSTITUTO POLITÉCNICO DE BRAGANÇA</b> Escola Superior de Tecnologia e Gestão		Ensaio de PDL				
		Ensaio n.º	29	GPS:	41° 56' 14" N	
		Data:	08/05/2018		6° 48' 49" W	
		E/D	Direita	Altitude	1278 m	
		Nível de água	não	Local:	Montesinho	
PDL		Z(m)	N10	Obs		
		0,1	45			
		0,2	44			
		0,3	35			
		0,4	23			
		0,5	12			
		0,6	10			
		0,7	7			
		0,8	6			
		0,9	6			
		1	11			
Ensaio de Controlo de Compactação com Célula Radioativa						
in situ	Y <sub>d</sub> (kg/m <sup>3</sup> )	1863	Y úmido (kg/m <sup>3</sup> )	2013	W (%)	8,0
Observações:						




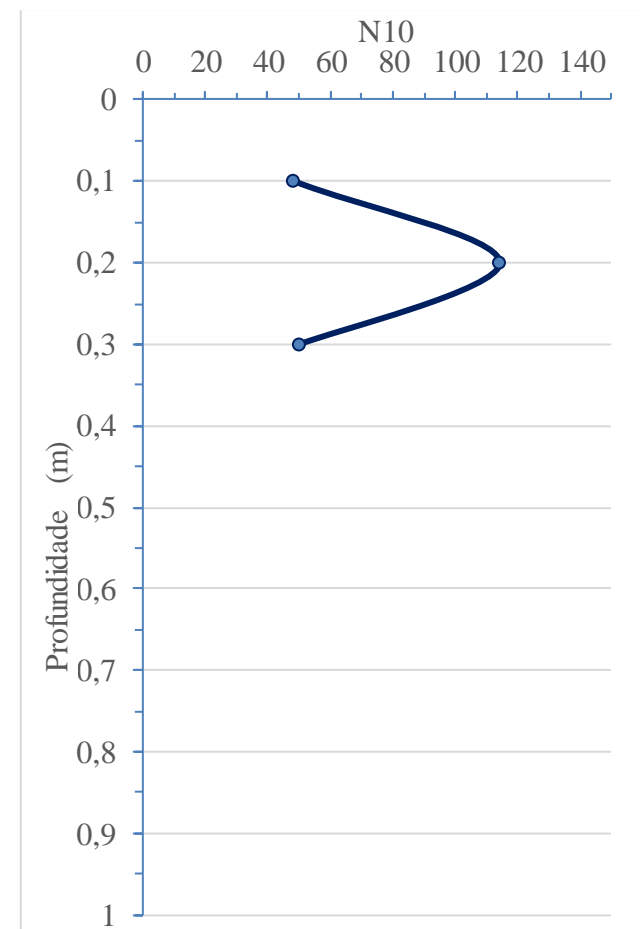
## APÊNDICE 2 - Continuação

 <b>INSTITUTO POLITÉCNICO DE BRAGANÇA</b> Escola Superior de Tecnologia e Gestão		Ensaio de PDL				
		Ensaio n.º	30	GPS:	41° 56' 10" N	
		Data:	08/05/2018		6° 48' 50" W	
		E/D	Esquerda	Altitude	1274 m	
		Nível de água	sim	Local:	Montesinho	
PDL	Z(m)	N10		Obs		
	0,1	28				
	0,2	27				
	0,3	27				
	0,4	28				
	0,5	31				
	0,6	24				
	0,7	25				
	0,8	50		NEGA		
	0,9					
1						
Ensaio de Controlo de Compactação com Célula Radioativa						
in situ	Y <sub>d</sub> (kg/m <sup>3</sup> )	1793	Y úmido (kg/m <sup>3</sup> )	2040	W (%)	13,8
Observações:						



## APÊNDICE 2 - Continuação


 <b>INSTITUTO POLITÉCNICO DE BRAGANÇA</b> Escola Superior de Tecnologia e Gestão		Ensaio de PDL				
		Ensaio n.º	31	GPS:	41° 56' 7" N	
		Data:	08/05/2018		6° 48' 50" W	
		E/D	Direita	Altitude	1274 m	
		Nível de água	não	Local:	Montesinho	
PDL		Z(m)	N10	Obs		
		0,1	48			
		0,2	114			
		0,3	50	NEGA		
		0,4				
		0,5				
		0,6				
		0,7				
		0,8				
		0,9				
		1				
Ensaio de Controlo de Compactação com Célula Radioativa						
in situ	Y <sub>d</sub> (kg/m <sup>3</sup> )	1805	Y úmido (kg/m <sup>3</sup> )	2025	W (%)	12,2
<b>Observações:</b> Muita erosão no local, portanto fez-se o ensaio no meio da pista.						

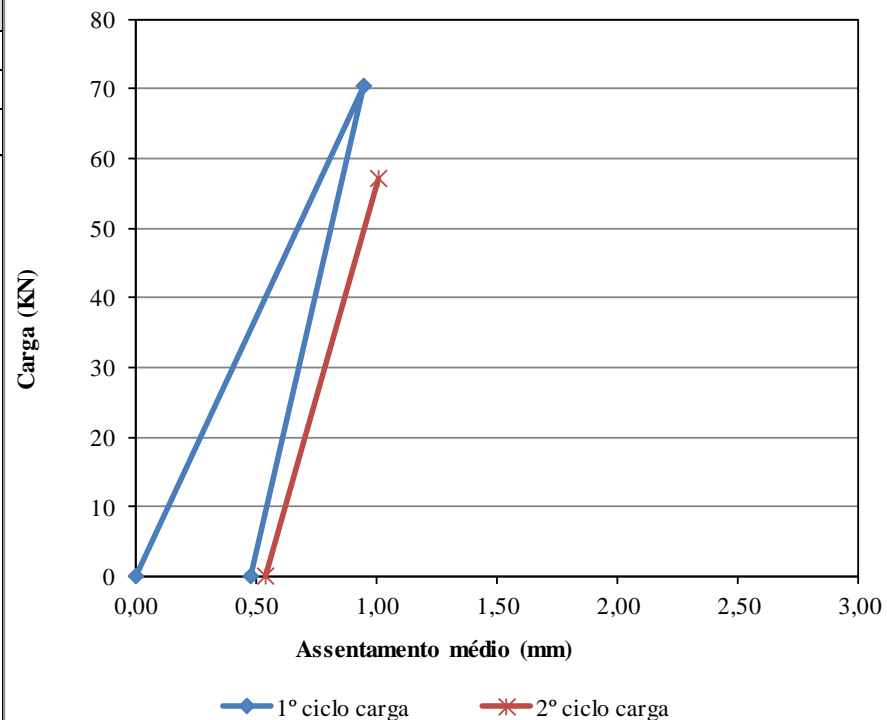


**APÊNDICE 2 - Continuação**


Pontos	Resistência (rd)										Resistência (qd)									
	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
1	46,58	42,17	27,46	24,52							35,8	32,4	21,1	18,9						
2	56,87	32,85	25,50	18,14	8,83	4,90	3,92	4,41	4,41	3,92	43,7	25,3	19,6	14,0	6,8	3,8	3,0	3,4	3,4	2,5
3	58,35	48,54	22,55	11,28	11,77	7,84	18,14	24,52			44,9	37,3	17,3	8,7	9,1	6,0	14,0	18,9		
4	56,87	43,64	8,83	7,35	7,35	3,92	3,43	3,43	4,41	6,86	43,7	33,6	6,8	5,7	5,7	3,0	2,6	2,6	3,4	4,3
5	28,93	45,60	39,71	38,73	18,63	12,75	3,92	1,47	1,47	0,98	22,3	35,1	30,5	29,8	14,3	9,8	3,0	1,1	1,1	0,6
6	43,15	65,21	24,52								33,2	50,2	18,9							
7	48,05	49,03									37,0	37,7								
8	40,20	63,74	49,03								30,9	49,0	37,7							
9	20,10	13,24	9,81	10,30	4,90	2,94	0,98	1,96	4,41	7,35	15,5	10,2	7,5	7,9	3,8	2,3	0,8	1,5	3,4	4,6
10	14,71	13,73	16,18	39,22	27,95	17,16	13,73	6,37	2,94	2,94	11,3	10,6	12,4	30,2	21,5	13,2	10,6	4,9	2,3	1,8
11	17,16	12,75	20,10	16,18	8,34	3,92	3,92	3,43	5,39	17,16	13,2	9,8	15,5	12,4	6,4	3,0	3,0	2,6	4,1	10,7
12	22,06	14,22	11,28	9,32	21,57	24,52					17,0	10,9	8,7	7,2	16,6	18,9				
13	15,20	49,03	14,22	11,77	8,83	7,35	9,81	18,14	31,38		11,7	37,7	10,9	9,1	6,8	5,7	7,5	14,0	24,1	
14	10,30	33,34	31,38	33,34	18,14	13,24	9,81	9,81	11,28	19,61	7,9	25,6	24,1	25,6	14,0	10,2	7,5	7,5	8,7	12,3
15	9,81	5,88	6,86	8,83	5,39	2,45	10,30	17,65	16,67	47,07	7,5	4,5	5,3	6,8	4,1	1,9	7,9	13,6	12,8	29,4
16	16,67	11,77	7,35	6,37	7,35	6,37	0,49	0,49	18,63	24,52	12,8	9,1	5,7	4,9	5,7	4,9	0,4	0,4	14,3	15,3
17	16,18	10,30	10,30	28,93	24,52						12,4	7,9	7,9	22,3	18,9					
18	20,10	24,52	24,52								15,5	18,9	18,9							
19	10,30	9,32	5,39	1,47	0,98	1,47	1,47	0,98	1,47	0,98	7,9	7,2	4,1	1,1	0,8	1,1	1,1	0,8	1,1	0,6
20	13,24	15,20	26,48	18,63	8,34	6,86	8,34	18,63	50,50		10,2	11,7	20,4	14,3	6,4	5,3	6,4	14,3	38,8	
21	20,10	19,12	32,36	19,12	10,30	24,52					15,5	14,7	24,9	14,7	7,9	18,9				
22	13,73	13,73	25,99	12,75	5,88	4,41	6,86	10,79	39,22	24,52	10,6	10,6	20,0	9,8	4,5	3,4	5,3	8,3	30,2	15,3
23	22,55	12,75	10,79	6,86	6,86	4,41	7,35	16,18	53,93		17,3	9,8	8,3	5,3	5,3	3,4	5,7	12,4	41,5	
24	27,95	26,97	47,07	53,93							21,5	20,7	36,2	41,5						
25	22,55	21,57	20,59	15,20	15,20	22,06	72,07	24,52			17,3	16,6	15,8	11,7	11,7	17,0	55,4	18,9		
26	18,14	24,52	32,85	14,71	10,30	13,73	7,35	2,94	3,92	9,32	14,0	18,9	25,3	11,3	7,9	10,6	5,7	2,3	3,0	5,8
27	22,06	16,18	10,79	8,34	13,24	8,34	13,24	46,58	24,52		17,0	12,4	8,3	6,4	10,2	6,4	10,2	35,8	18,9	
28	18,63	12,75	11,28	22,55	19,61	12,26	7,84	8,83	8,83	10,30	14,3	9,8	8,7	17,3	15,1	9,4	6,0	6,8	6,8	6,4
29	22,06	21,57	17,16	11,28	5,88	4,90	3,43	2,94	2,94	5,39	17,0	16,6	13,2	8,7	4,5	3,8	2,6	2,3	2,3	3,4
30	13,73	13,24	13,24	13,73	15,20	11,77	12,26	24,52			10,6	10,2	10,2	10,6	11,7	9,1	9,4	18,9		
31	23,53	55,89	24,52								18,1	43,0	18,9							

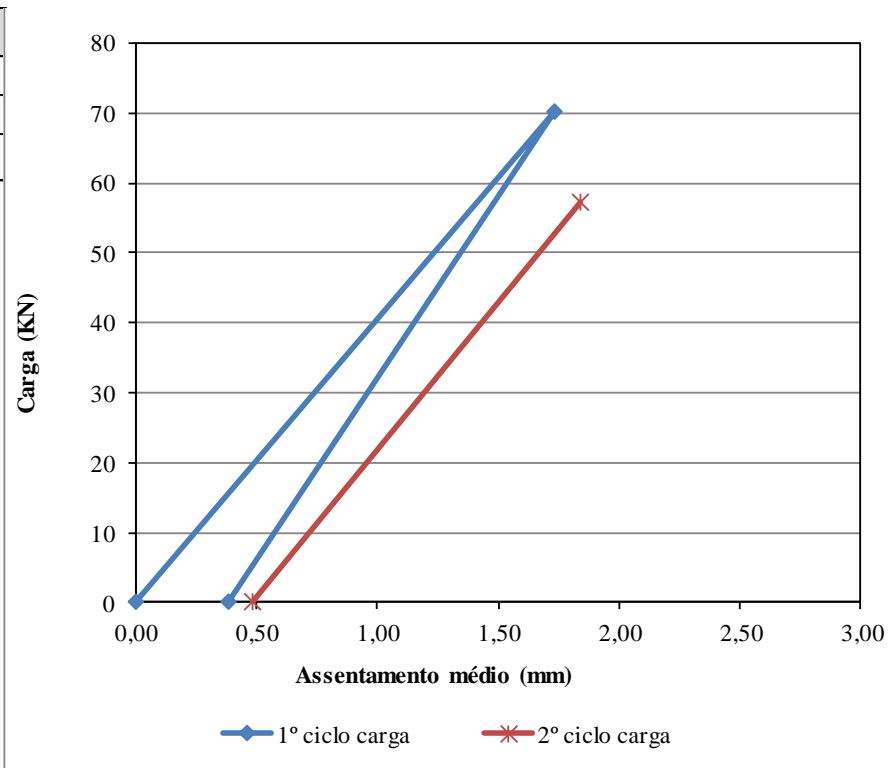
### 5.3. APÊNDICE 3 - Ensaio carga em placa

 INSTITUTO POLITÉCNICO DE BRAGANÇA Escola Superior de Tecnologia e Gestão		Ensaio de Carga em Placa				
		Ensaio n.º	1	GPS:	41° 57' 44" N	
		Data:	07/05/2018		6° 48' 28" W	
		E/D	Direita <th>Local:</th> <td>Montesinho</td>	Local:	Montesinho	
Pmacaco (Psi)=F/A	Carga Específica (kPa)	Leitura Deflectómetro (mm)			Média (mm)	
		A	B	C		
<b>Pré-carga</b>	250	16	0,000	0,000	0,000	0,000
<b>1º Ciclo</b>	4000	249	1,050	1,090	0,704	0,948
<b>Descarga</b>	0	0	0,585	0,500	0,357	0,481
<b>2º Ciclo</b>	3250	202	1,133	1,150	0,755	1,013
<b>Descarga</b>	0	0	0,664	0,560	0,399	0,541
Z=	0,948 mm	Ev1=	108,57 MPa	Ev2/Ev1 (K)=	1,448	
Z <sub>2</sub> =	0,532 mm	Ev2=	157,19 MPa			
Coeficiente de reação vertical (kv)=		262,554 MPa/m				




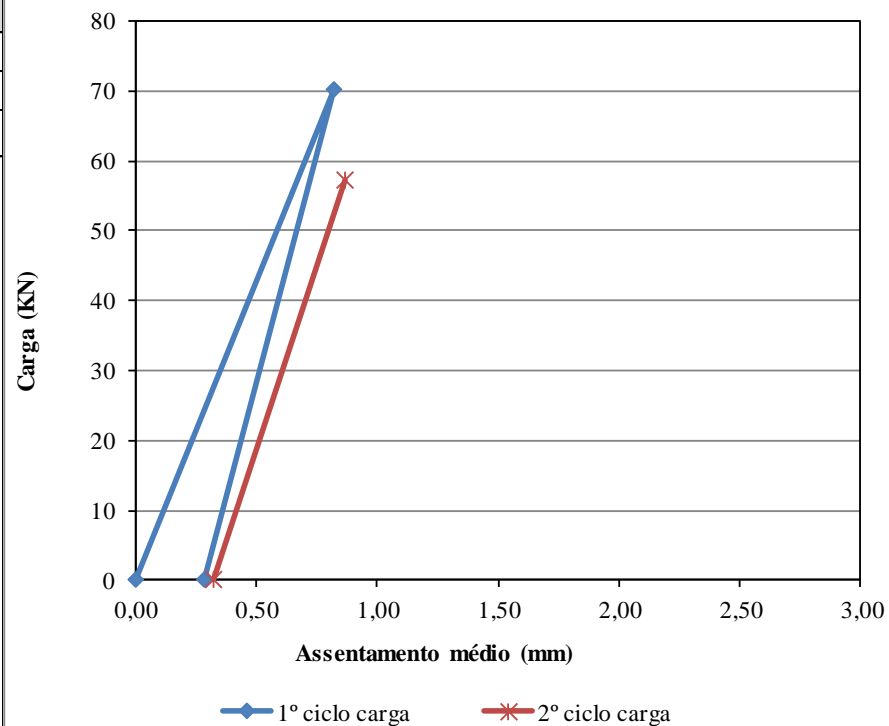
### APÊNDICE 3 - Continuação

 INSTITUTO POLITÉCNICO DE BRAGANÇA Escola Superior de Tecnologia e Gestão		Ensaio de Carga em Placa				
		Ensaio n.º	2	GPS:		41° 57' 42" N
		Data:	08/05/2018	GPS:		6° 48' 30" W
		E/D	Esquerda	Local:	Montesinho	
Pmacaco (Psi)=F/A	Carga Específica (kPa)	Leitura Deflectómetro (mm)			Média (mm)	
		A	B	C		
<b>Pré-carga</b>	250	16	0,000	0,000	0,000	0,000
<b>1º Ciclo</b>	4000	249	1,727	1,770	1,705	1,734
<b>Descarga</b>	0	0	0,328	0,290	0,547	0,388
<b>2º Ciclo</b>	3250	202	1,808	1,860	1,864	1,844
<b>Descarga</b>	0	0	0,415	0,400	0,630	0,482
<b>Z=</b>	1,734 mm	<b>Ev1=</b>	59,36 MPa	<b>Ev2/Ev1 (K)=</b>	0,968	
<b>Z<sub>2</sub> =</b>	1,456 mm	<b>Ev2=</b>	57,45 MPa			
<b>Coefficiente de reação vertical (kv)=</b>		143,541 MPa/m				




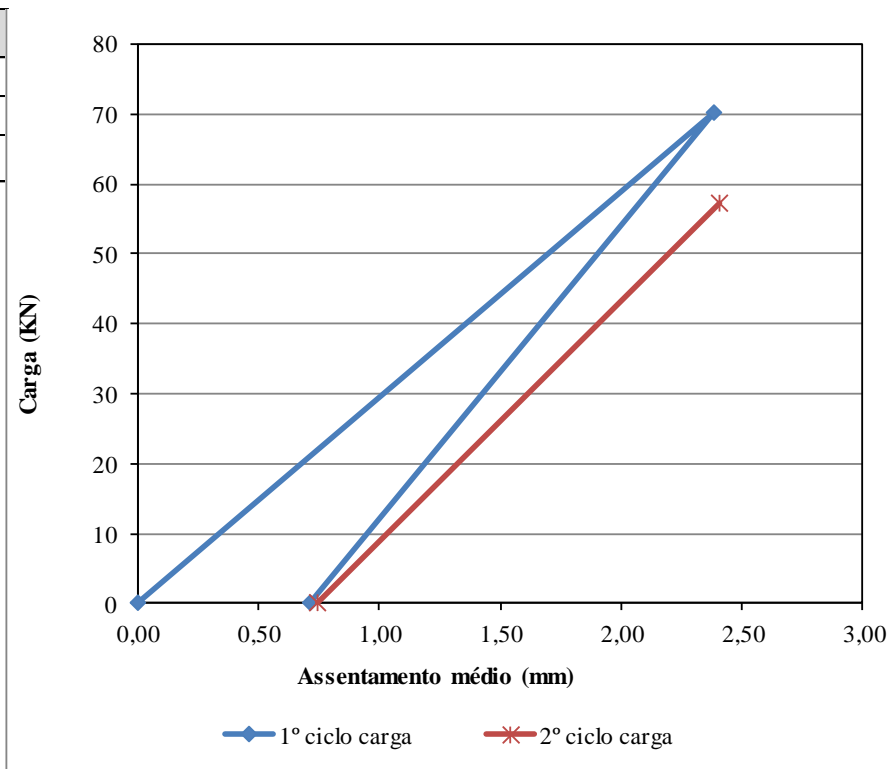
### APÊNDICE 3 - Continuação

 INSTITUTO POLITÉCNICO DE BRAGANÇA Escola Superior de Tecnologia e Gestão		Ensaio de Carga em Placa				
		Ensaio n.º	3	GPS:		41° 57' 39" N
		Data:	07/05/2018	GPS:		6° 48' 32" W
		E/D	Direita	Local:	Montesinho	
Pmacaco (Psi)=F/A	Carga Específica (kPa)	Leitura Deflectómetro (mm)			Média (mm)	
		A	B	C		
<b>Pré-carga</b>	250	16	0,000	0,000	0,000	0,000
<b>1º Ciclo</b>	4000	249	0,769	0,920	0,784	0,824
<b>Descarga</b>	0	0	0,250	0,250	0,346	0,282
<b>2º Ciclo</b>	3250	202	0,813	0,970	0,822	0,868
<b>Descarga</b>	0	0	0,287	0,280	0,403	0,323
<b>Z=</b>	0,824 mm	<b>Ev1=</b>	124,86 MPa	<b>Ev2/Ev1 (K)=</b>	1,142	
<b>Z<sub>2</sub> =</b>	0,586 mm	<b>Ev2=</b>	142,62 MPa			
<b>Coefficiente de reação vertical (kv)=</b>		301,942 MPa/m				




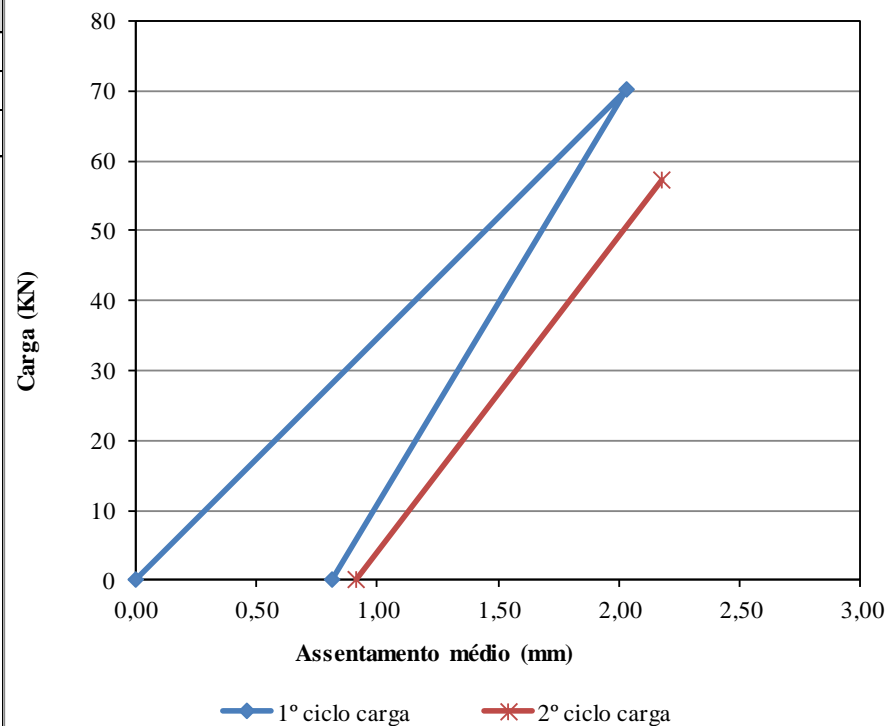
### APÊNDICE 3 - Continuação

 INSTITUTO POLITÉCNICO DE BRAGANÇA Escola Superior de Tecnologia e Gestão		Ensaio de Carga em Placa				
		Ensaio n.º	4	GPS:		41° 57' 36" N
		Data:	07/05/2018	GPS:		6° 48' 35" W
		E/D	Esquerda	Local:	Montesinho	
Pmacaco (Psi)=F/A	Carga Específica (kPa)	Leitura Deflectómetro (mm)			Média (mm)	
		A	B	C		
<b>Pré-carga</b>	250	16	0,000	0,000	0,000	0,000
<b>1º Ciclo</b>	4000	249	2,126	2,450	2,574	2,383
<b>Descarga</b>	0	0	0,606	0,720	0,807	0,711
<b>2º Ciclo</b>	3250	202	2,158	2,470	2,593	2,407
<b>Descarga</b>	0	0	0,669	0,700	0,869	0,746
<b>Z=</b>	2,383 mm	<b>Ev1=</b>	43,18 MPa	<b>Ev2/Ev1 (K)=</b>		1,142
<b>Z<sub>2</sub> =</b>	1,696 mm	<b>Ev2=</b>	49,31 MPa			
<b>Coefficiente de reação vertical (kv)=</b>		104,434 MPa/m				




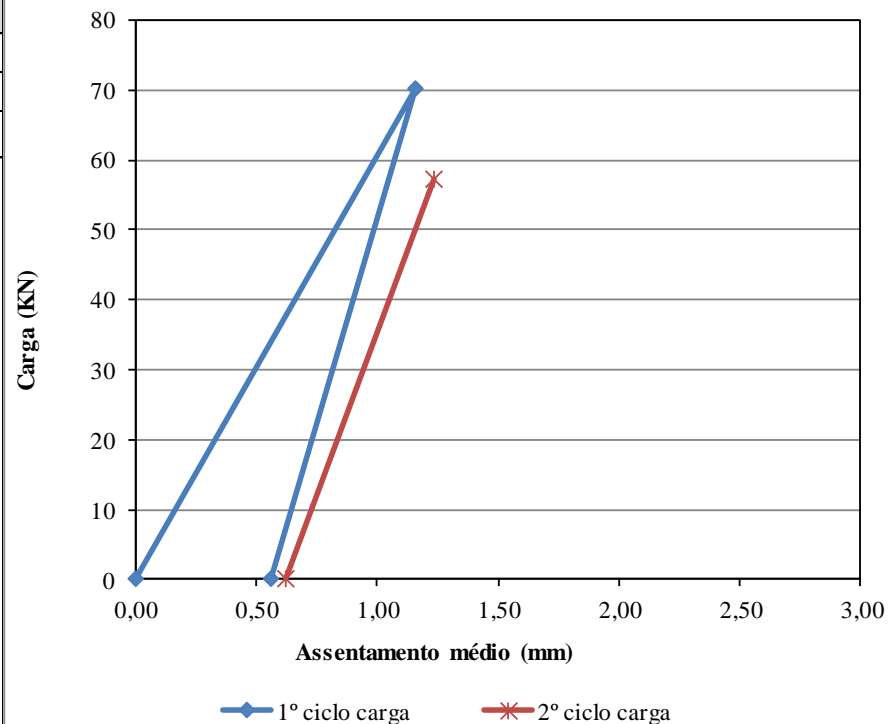
### APÊNDICE 3 - Continuação

 INSTITUTO POLITÉCNICO DE BRAGANÇA Escola Superior de Tecnologia e Gestão		Ensaio de Carga em Placa				
		Ensaio n.º	5	GPS:		41° 57' 32" N
		Data:	07/05/2018	GPS:		6° 48' 35" W
		E/D	Direita	Local:	Montesinho	
Pmacaco (Psi)=F/A	Carga Específica (kPa)	Leitura Deflectómetro (mm)			Média (mm)	
		A	B	C		
<b>Pré-carga</b>	250	16	0,000	0,000	0,000	0,000
<b>1º Ciclo</b>	4000	249	1,630	2,160	2,317	2,036
<b>Descarga</b>	0	0	0,548	0,830	1,070	0,816
<b>2º Ciclo</b>	3250	202	1,734	2,300	2,492	2,175
<b>Descarga</b>	0	0	0,617	0,900	1,231	0,916
<b>Z=</b>	2,036 mm	<b>Ev1=</b>	50,56 MPa	<b>Ev2/Ev1 (K)=</b>		1,217
<b>Z<sub>2</sub> =</b>	1,359 mm	<b>Ev2=</b>	61,52 MPa			
<b>Coefficiente de reação vertical (kv)=</b>		122,270 MPa/m				




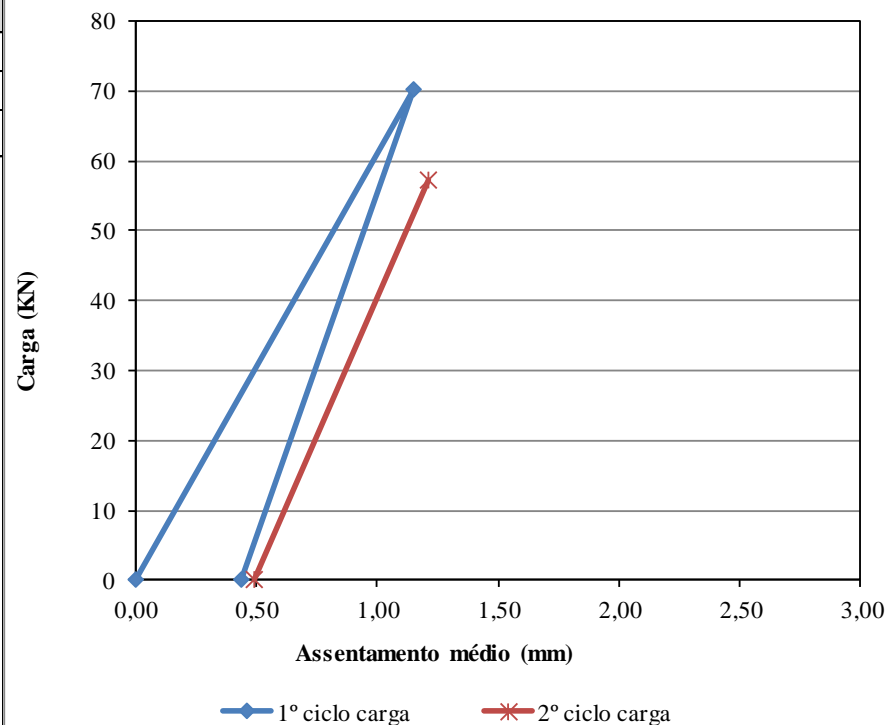
### APÊNDICE 3 - Continuação

 INSTITUTO POLITÉCNICO DE BRAGANÇA Escola Superior de Tecnologia e Gestão		Ensaio de Carga em Placa				
		Ensaio n.º	6	GPS:		41° 57' 29" N
		Data:	07/05/2018	GPS:		6° 48' 36" W
		E/D	Esquerda	Local:	Montesinho	
Pmacaco (Psi)=F/A	Carga Específica (kPa)	Leitura Deflectómetro (mm)			Média (mm)	
		A	B	C		
<b>Pré-carga</b>	250	16	0,000	0,000	0,000	0,000
<b>1º Ciclo</b>	4000	249	0,935	1,240	1,310	1,162
<b>Descarga</b>	0	0	0,345	0,530	0,800	0,558
<b>2º Ciclo</b>	3250	202	0,979	1,310	1,415	1,235
<b>Descarga</b>	0	0	0,381	0,580	0,904	0,622
<b>Z=</b>	1,162 mm	<b>Ev1=</b>	88,60 MPa	<b>Ev2/Ev1 (K)=</b>		1,396
<b>Z<sub>2</sub> =</b>	0,676 mm	<b>Ev2=</b>	123,65 MPa			
<b>Coefficiente de reação vertical (kv)=</b>		214,262 MPa/m				




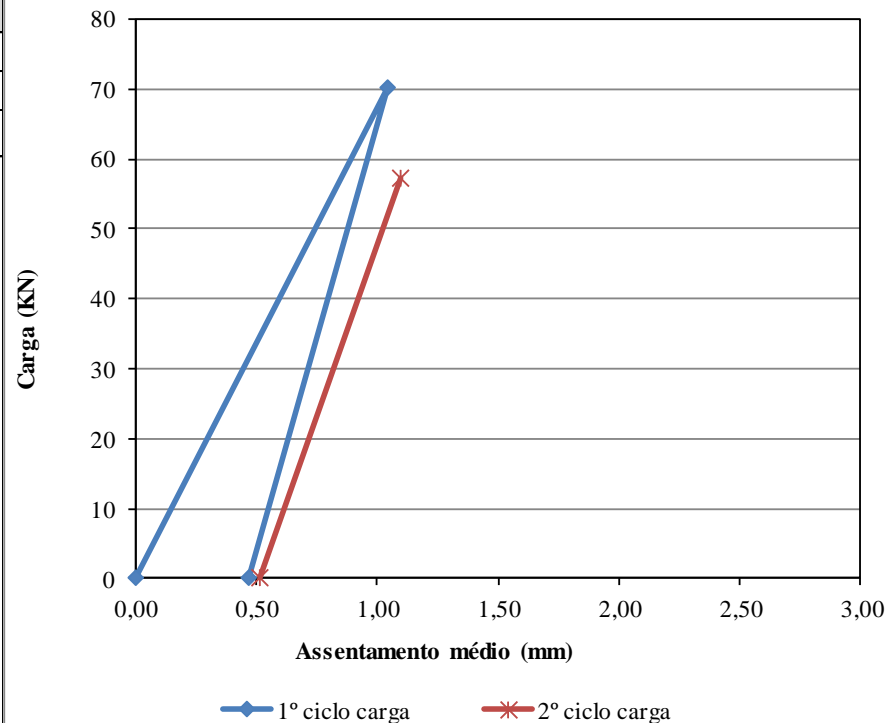
### APÊNDICE 3 - Continuação

 INSTITUTO POLITÉCNICO DE BRAGANÇA Escola Superior de Tecnologia e Gestão		Ensaio de Carga em Placa				
		Ensaio n.º	7	GPS:		41° 57' 25" N
		Data:	07/05/2018	GPS:		6° 48' 37" W
		E/D	Direita	Local:	Montesinho	
Pmacaco (Psi)=F/A	Carga Específica (kPa)	Leitura Deflectómetro (mm)			Média (mm)	
		A	B	C		
<b>Pré-carga</b>	250	16	0,000	0,000	0,000	0,000
<b>1º Ciclo</b>	4000	249	0,719	1,190	1,534	1,148
<b>Descarga</b>	0	0	0,220	0,370	0,728	0,439
<b>2º Ciclo</b>	3250	202	0,778	1,250	1,605	1,211
<b>Descarga</b>	0	0	0,272	0,420	0,783	0,492
<b>Z=</b>	1,148 mm	<b>Ev1=</b>	89,68 MPa	<b>Ev2/Ev1 (K)=</b>		1,208
<b>Z<sub>2</sub> =</b>	0,772 mm	<b>Ev2=</b>	108,37 MPa			
<b>Coefficiente de reação vertical (kv)=</b>		216,876 MPa/m				




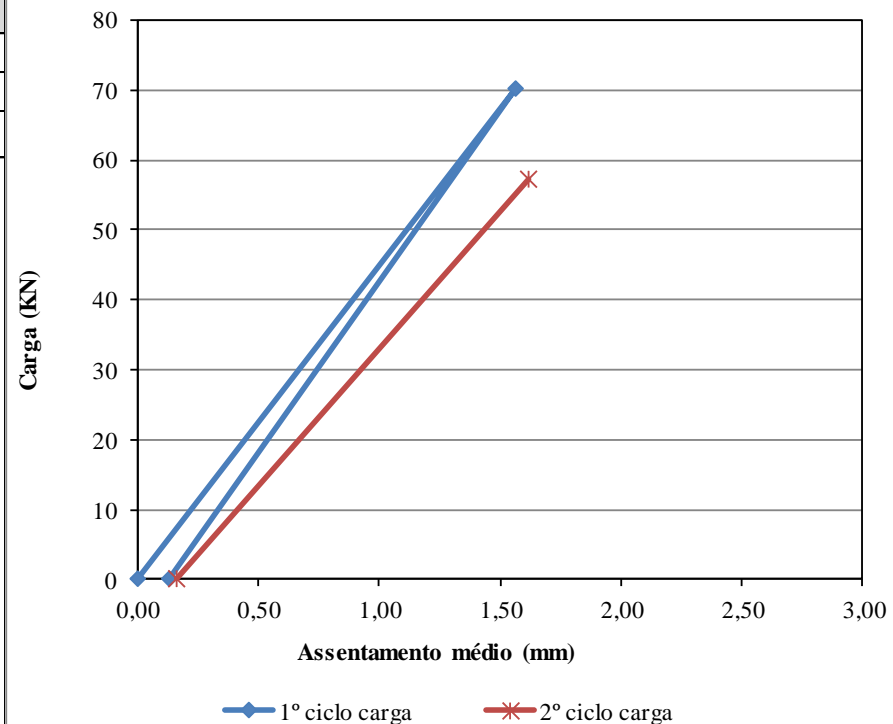
### APÊNDICE 3 - Continuação

 INSTITUTO POLITÉCNICO DE BRAGANÇA Escola Superior de Tecnologia e Gestão		Ensaio de Carga em Placa				
		Ensaio n.º	8	GPS:		41° 57' 22" N
		Data:	07/05/2018	Local:		6° 48' 37" W
		E/D	Esquerda			
Pmacaco (Psi)=F/A	Carga Específica (kPa)	Leitura Deflectómetro (mm)			Média (mm)	
		A	B	C		
<b>Pré-carga</b>	250	16	0,000	0,000	0,000	0,000
<b>1º Ciclo</b>	4000	249	1,151	1,160	0,811	1,041
<b>Descarga</b>	0	0	0,464	0,430	0,507	0,467
<b>2º Ciclo</b>	3250	202	1,202	1,230	0,864	1,099
<b>Descarga</b>	0	0	0,515	0,480	0,544	0,513
Z=	1,041 mm	Ev1=	98,90 MPa	Ev2/Ev1 (K)=	1,339	
Z <sub>2</sub> =	0,632 mm	Ev2=	132,39 MPa			
<b>Coefficiente de reação vertical (kv)=</b>		239,174 MPa/m				




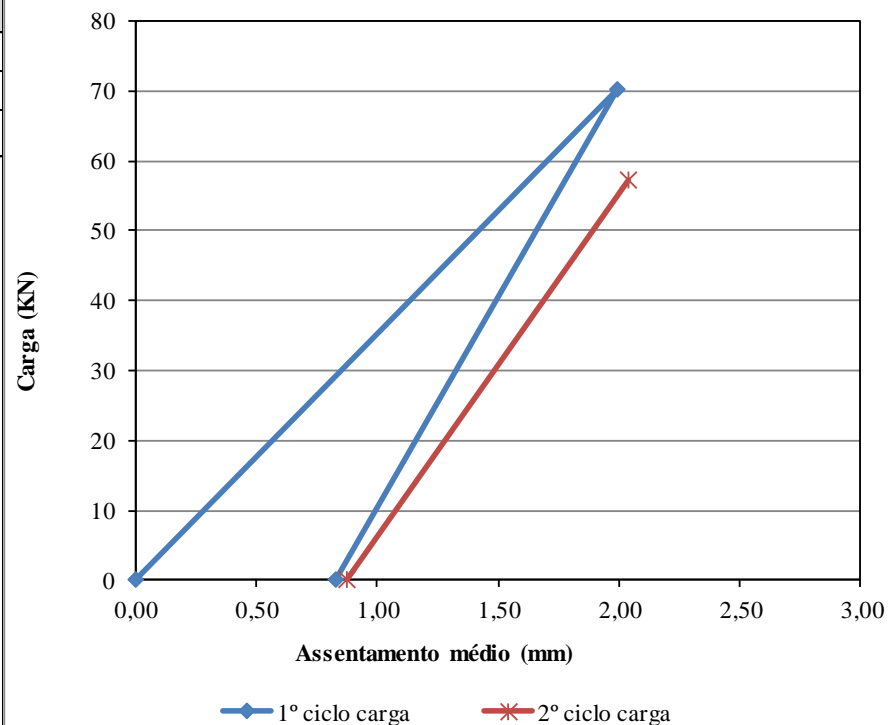
### APÊNDICE 3 - Continuação

 INSTITUTO POLITÉCNICO DE BRAGANÇA Escola Superior de Tecnologia e Gestão		Ensaio de Carga em Placa				
		Ensaio n.º	9	GPS:	41° 57' 18" N	
		Data:	07/05/2018	GPS:	6° 48' 36" W	
		E/D	Direita	Local:	Montesinho	
Pmacaco (Psi)=F/A	Carga Específica (kPa)	Leitura Deflectómetro (mm)			Média (mm)	
		A	B	C		
<b>Pré-carga</b>	250	16	0,000	0,000	0,000	0,000
<b>1º Ciclo</b>	4000	249	1,522	1,670	1,508	1,567
<b>Descarga</b>	0	0	0,166	0,130	0,105	0,134
<b>2º Ciclo</b>	3250	202	1,577	1,730	1,548	1,618
<b>Descarga</b>	0	0	0,184	0,140	0,160	0,161
<b>Z=</b>	1,567 mm	<b>Ev1=</b>	65,70 MPa	<b>Ev2/Ev1 (K)=</b>	0,857	
<b>Z<sub>2</sub> =</b>	1,485 mm	<b>Ev2=</b>	56,33 MPa			
<b>Coefficiente de reação vertical (kv)=</b>		158,873 MPa/m				




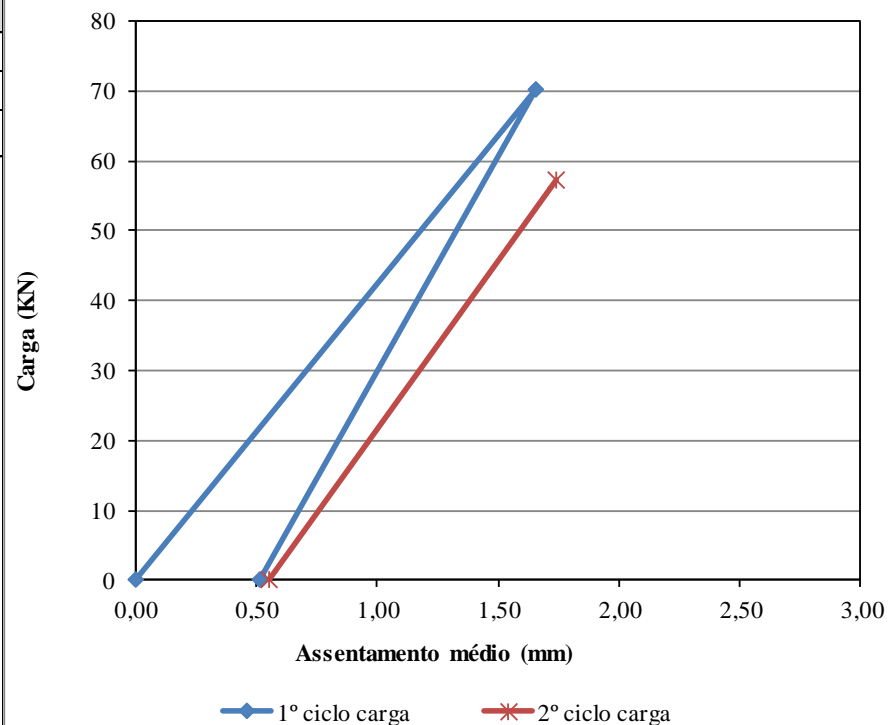
## APÊNDICE 3 - Continuação

 INSTITUTO POLITÉCNICO DE BRAGANÇA Escola Superior de Tecnologia e Gestão		Ensaio de Carga em Placa				
		Ensaio n.º	10	GPS:		41° 57' 15" N
		Data:	07/05/2018	GPS:		6° 48' 39" W
		E/D	Esquerda	Local:	Montesinho	
Pmacaco (Psi)=F/A	Carga Especifica (kPa)	Leitura Deflectómetro (mm)			Média (mm)	
		A	B	C		
<b>Pré-carga</b>	250	16	0,000	0,000	0,000	0,000
<b>1º Ciclo</b>	4000	249	1,628	1,840	2,503	1,990
<b>Descarga</b>	0	0	0,542	0,570	1,367	0,826
<b>2º Ciclo</b>	3250	202	1,697	1,880	2,552	2,043
<b>Descarga</b>	0	0	0,588	0,610	1,420	0,873
<b>Z=</b>	1,990 mm	<b>Ev1=</b>	51,71 MPa	<b>Ev2/Ev1 (K)=</b>		1,329
<b>Z<sub>2</sub> =</b>	1,217 mm	<b>Ev2=</b>	68,73 MPa			
<b>Coefficiente de reação vertical (kv)=</b>		125,055 MPa/m				




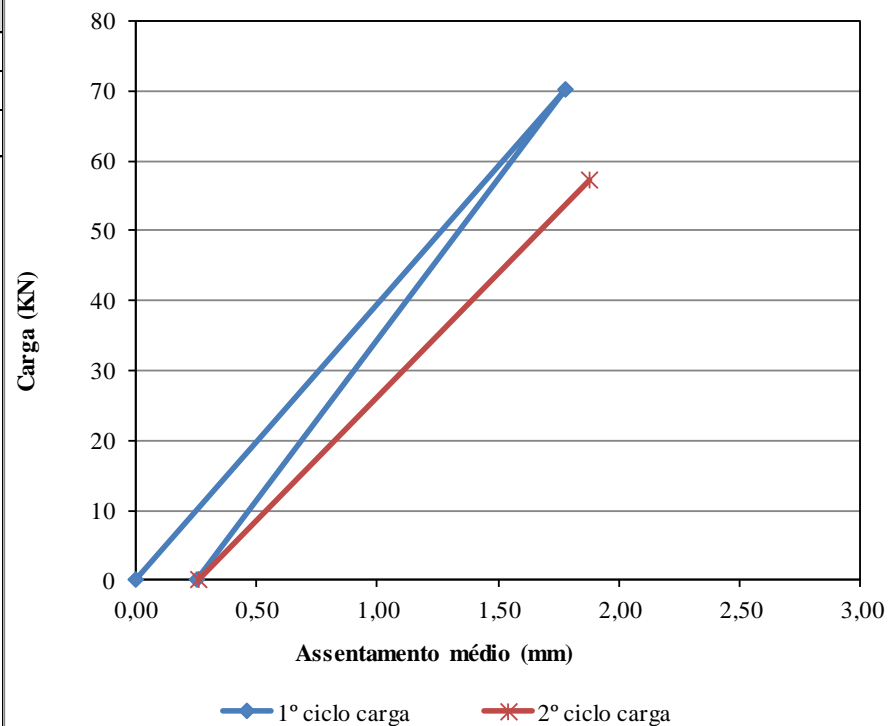
### APÊNDICE 3 - Continuação

 INSTITUTO POLITÉCNICO DE BRAGANÇA Escola Superior de Tecnologia e Gestão		Ensaio de Carga em Placa				
		Ensaio n.º	11	GPS:		41° 57' 12" N
		Data:	07/05/2018	Local:		Montesinho
		E/D	Direita			
Pmacaco (Psi)=F/A	Carga Específica (kPa)	Leitura Deflectómetro (mm)			Média (mm)	
		A	B	C		
<b>Pré-carga</b>	250	16	0,000	0,000	0,000	0,000
<b>1º Ciclo</b>	4000	249	1,770	1,780	1,425	1,658
<b>Descarga</b>	0	0	0,561	0,490	0,493	0,515
<b>2º Ciclo</b>	3250	202	1,865	1,870	1,477	1,737
<b>Descarga</b>	0	0	0,630	0,510	0,524	0,555
<b>Z=</b>	1,658 mm	<b>Ev1=</b>	62,06 MPa	<b>Ev2/Ev1 (K)=</b>		1,102
<b>Z<sub>2</sub> =</b>	1,223 mm	<b>Ev2=</b>	68,40 MPa			
<b>Coefficiente de reação vertical (kv)=</b>		150,091 MPa/m				




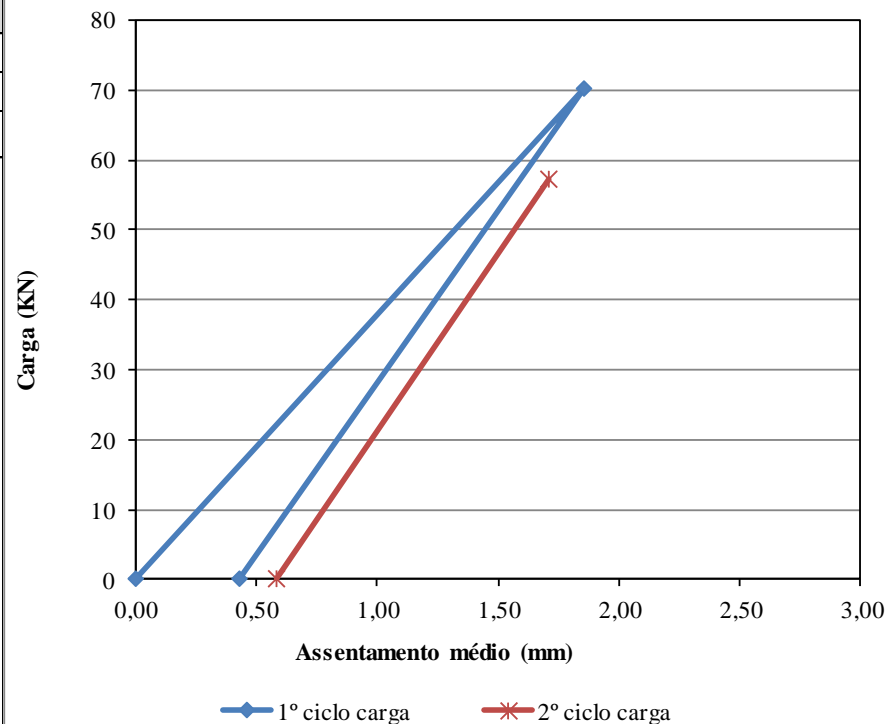
### APÊNDICE 3 - Continuação

 INSTITUTO POLITÉCNICO DE BRAGANÇA Escola Superior de Tecnologia e Gestão		Ensaio de Carga em Placa				
		Ensaio n.º	12	GPS:		41° 57' 8" N
		Data:	07/05/2018	GPS:		6° 48' 39" W
		E/D	Esquerda	Local:	Montesinho	
Pmacaco (Psi)=F/A	Carga Especifica (kPa)	Leitura Deflectómetro (mm)			Média (mm)	
		A	B	C		
<b>Pré-carga</b>	250	16	0,000	0,000	0,000	0,000
<b>1º Ciclo</b>	4000	249	1,675	1,840	1,812	1,776
<b>Descarga</b>	0	0	0,350	0,220	0,191	0,254
<b>2º Ciclo</b>	3250	202	1,749	1,960	1,925	1,878
<b>Descarga</b>	0	0	0,366	0,230	0,200	0,265
<b>Z=</b>	1,776 mm	<b>Ev1=</b>	57,96 MPa	<b>Ev2/Ev1 (K)=</b>		0,888
<b>Z<sub>2</sub> =</b>	1,624 mm	<b>Ev2=</b>	51,48 MPa			
<b>Coefficiente de reação vertical (kv)=</b>		140,173 MPa/m				




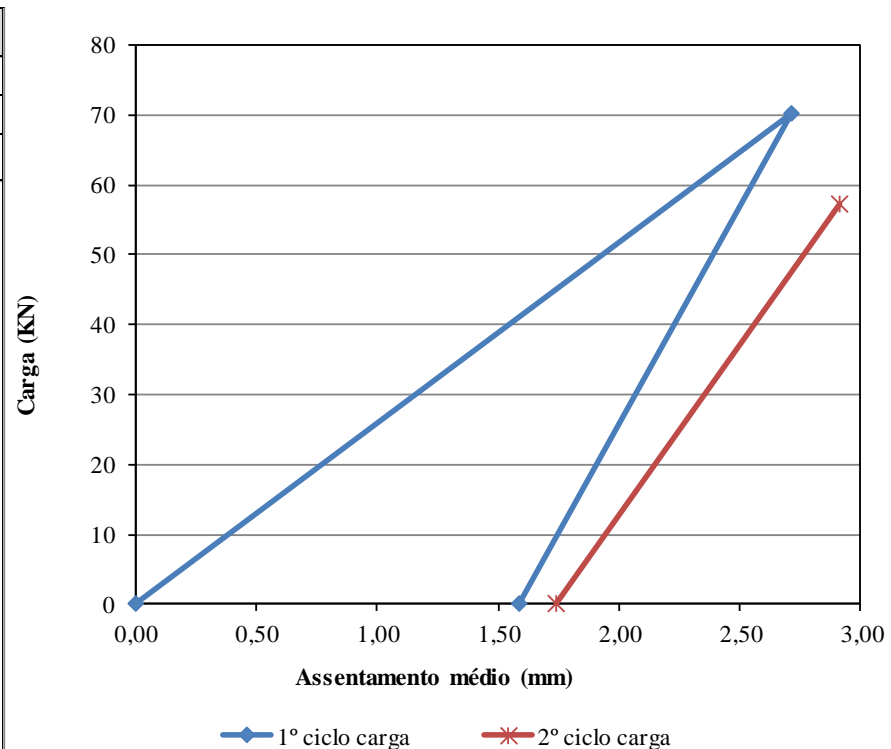
### APÊNDICE 3 - Continuação

 INSTITUTO POLITÉCNICO DE BRAGANÇA Escola Superior de Tecnologia e Gestão		Ensaio de Carga em Placa				
		Ensaio n.º	13	GPS:		41° 57' 5" N
		Data:	07/05/2018	Local:		6° 48' 37" W
		E/D	Direita			
	Pmacaco (Psi)=F/A	Carga Específica (kPa)	Leitura Deflectómetro (mm)			Média (mm)
			A	B	C	
<b>Pré-carga</b>	250	16	0,000	0,000	0,000	0,000
<b>1º Ciclo</b>	4000	249	1,807	1,890	1,877	1,858
<b>Descarga</b>	0	0	0,439	0,440	0,411	0,430
<b>2º Ciclo</b>	3250	202	1,928	2,000	1,199	1,709
<b>Descarga</b>	0	0	0,513	0,570	0,665	0,583
<b>Z=</b>	1,858 mm	<b>Ev1=</b>	55,39 MPa	<b>Ev2/Ev1 (K)=</b>		1,180
<b>Z<sub>2</sub> =</b>	1,279 mm	<b>Ev2=</b>	65,39 MPa			
<b>Coefficiente de reação vertical (kv)=</b>		133,962 MPa/m				




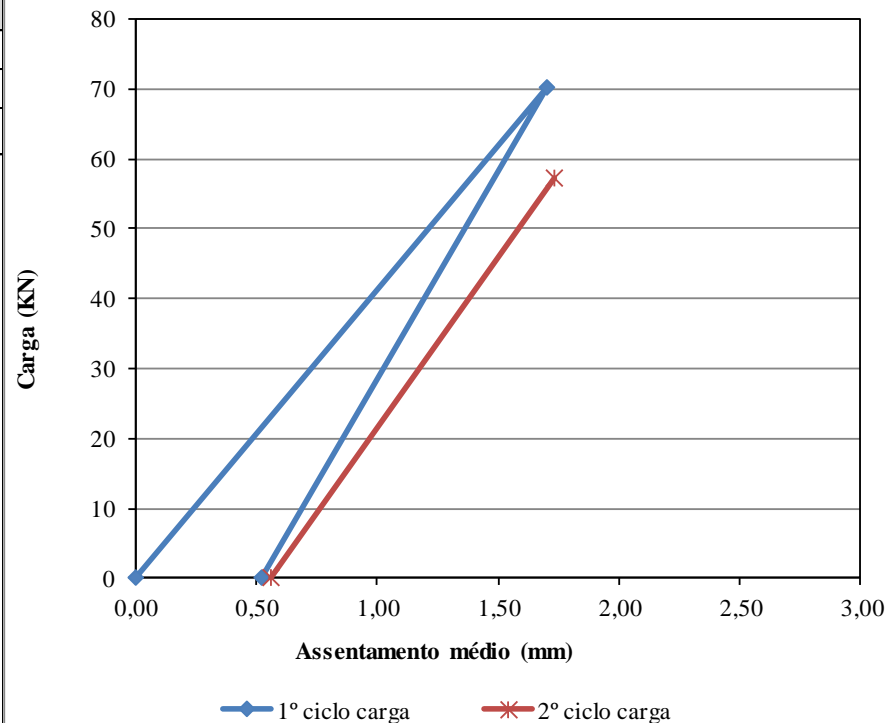
### APÊNDICE 3 - Continuação

 INSTITUTO POLITÉCNICO DE BRAGANÇA Escola Superior de Tecnologia e Gestão		Ensaio de Carga em Placa				
		Ensaio n.º	14	GPS:		41° 57' 2" N
		Data:	07/05/2018	GPS:		6° 48' 38" W
		E/D	Esquerda	Local:	Montesinho	
Pmacaco (Psi)=F/A	Carga Específica (kPa)	Leitura Deflectómetro (mm)			Média (mm)	
		A	B	C		
<b>Pré-carga</b>	250	16	0,000	0,000	0,000	0,000
<b>1º Ciclo</b>	4000	249	2,339	2,720	3,090	2,716
<b>Descarga</b>	0	0	1,162	1,510	2,088	1,587
<b>2º Ciclo</b>	3250	202	2,517	2,920	3,304	2,914
<b>Descarga</b>	0	0	1,301	1,660	2,253	1,738
<b>Z=</b>	2,716 mm	<b>Ev1=</b>	37,89 MPa	<b>Ev2/Ev1 (K)=</b>		1,663
<b>Z<sub>2</sub> =</b>	1,327 mm	<b>Ev2=</b>	63,02 MPa			
<b>Coefficiente de reação vertical (kv)=</b>		91,631 MPa/m				




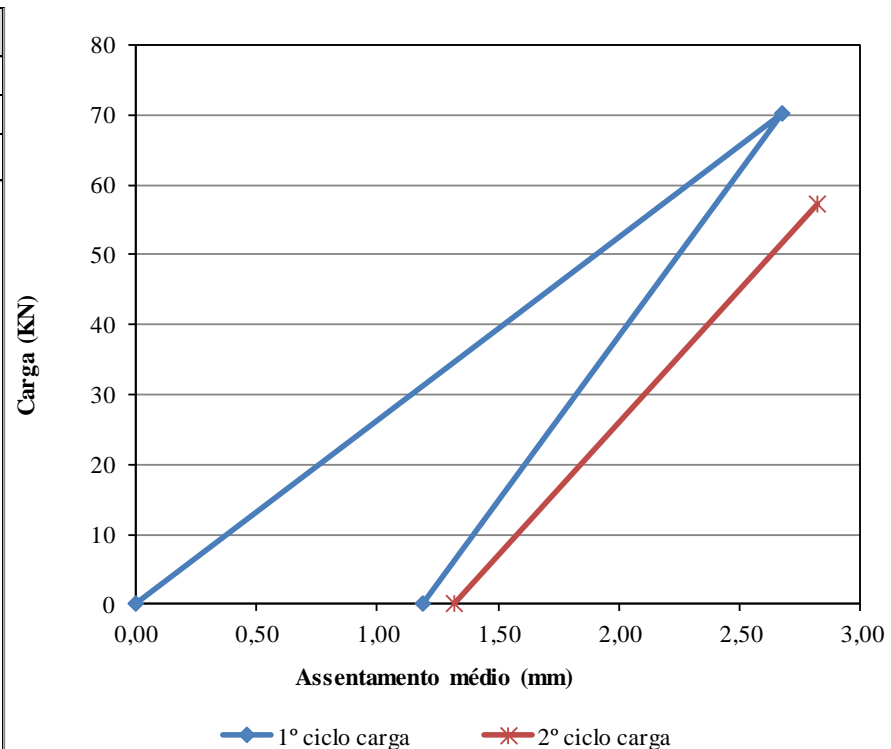
### APÊNDICE 3 - Continuação

 INSTITUTO POLITÉCNICO DE BRAGANÇA Escola Superior de Tecnologia e Gestão		Ensaio de Carga em Placa				
		Ensaio n.º	15	GPS:		41° 56' 59" N
		Data:	07/05/2018	GPS:		6° 48' 39" W
		E/D	Direita	Local:	Montesinho	
Pmacaco (Psi)=F/A	Carga Específica (kPa)	Leitura Deflectómetro (mm)			Média (mm)	
		A	B	C		
<b>Pré-carga</b>	250	16	0,000	0,000	0,000	0,000
<b>1º Ciclo</b>	4000	249	1,747	1,770	1,588	1,702
<b>Descarga</b>	0	0	0,519	0,530	0,521	0,523
<b>2º Ciclo</b>	3250	202	1,762	1,820	1,614	1,732
<b>Descarga</b>	0	0	0,574	0,530	0,576	0,560
<b>Z=</b>	1,702 mm	<b>Ev1=</b>	60,48 MPa	<b>Ev2/Ev1 (K)=</b>		1,144
<b>Z<sub>2</sub> =</b>	1,209 mm	<b>Ev2=</b>	69,19 MPa			
<b>Coefficiente de reação vertical (kv)=</b>		146,269 MPa/m				




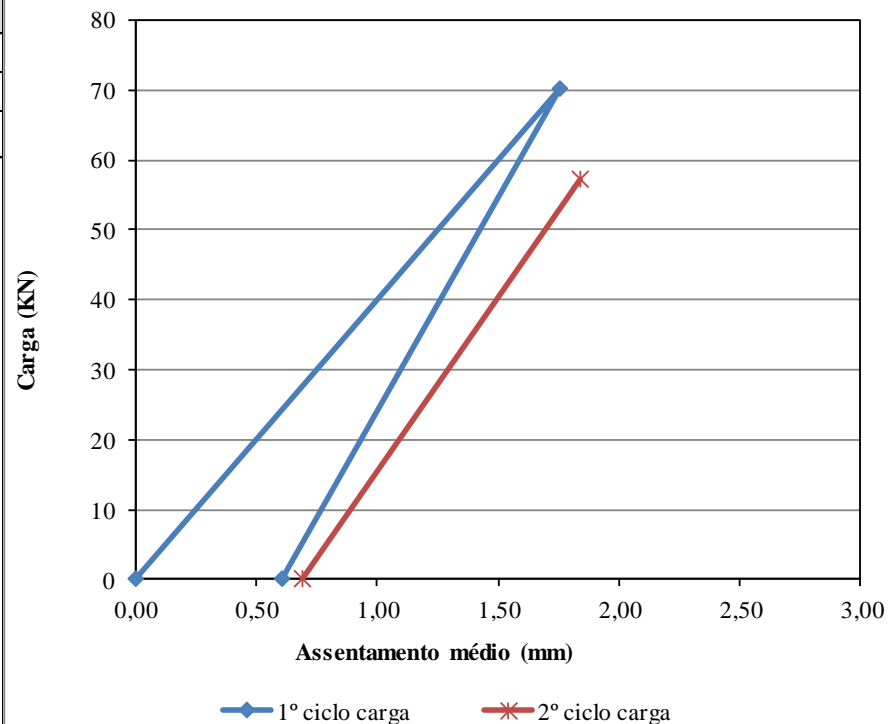
### APÊNDICE 3 - Continuação

 INSTITUTO POLITÉCNICO DE BRAGANÇA Escola Superior de Tecnologia e Gestão		Ensaio de Carga em Placa				
		Ensaio n.º	16	GPS:		41° 56' 55" N
		Data:	07/05/2018	GPS:		6° 48' 40" W
		E/D	Esquerda	Local:	Montesinho	
Pmacaco (Psi)=F/A	Carga Específica (kPa)	Leitura Deflectómetro (mm)			Média (mm)	
		A	B	C		
<b>Pré-carga</b>	250	16	0,000	0,000	0,000	0,000
<b>1º Ciclo</b>	4000	249	2,796	2,780	2,442	2,673
<b>Descarga</b>	0	0	1,209	1,180	1,172	1,187
<b>2º Ciclo</b>	3250	202	2,939	2,950	2,578	2,822
<b>Descarga</b>	0	0	1,364	1,310	1,293	1,322
<b>Z=</b>	2,673 mm	<b>Ev1=</b>	38,51 MPa	<b>Ev2/Ev1 (K)=</b>		1,328
<b>Z<sub>2</sub> =</b>	1,635 mm	<b>Ev2=</b>	51,14 MPa			
<b>Coefficiente de reação vertical (kv)=</b>		93,128	MPa/m			




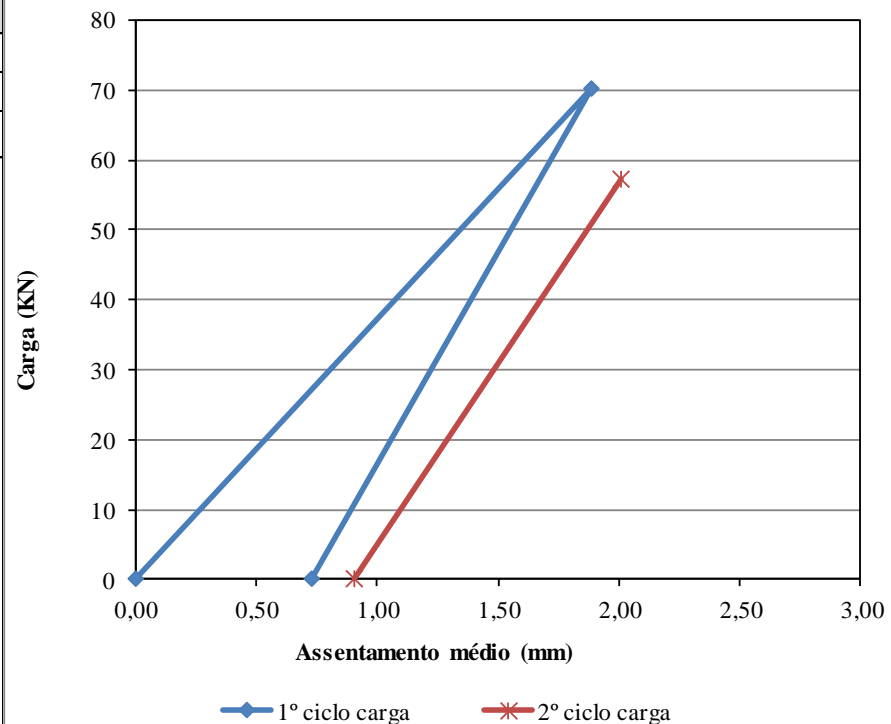
### APÊNDICE 3 - Continuação

 INSTITUTO POLITÉCNICO DE BRAGANÇA Escola Superior de Tecnologia e Gestão		Ensaio de Carga em Placa				
		Ensaio n.º	17	GPS:	41° 56' 52" N	
		Data:	07/05/2018	GPS:	6° 48' 41" W	
		E/D	Direita	Local:	Montesinho	
Pmacaco (Psi)=F/A	Carga Específica (kPa)	Leitura Deflectómetro (mm)			Média (mm)	
		A	B	C		
<b>Pré-carga</b>	250	16	0,000	0,000	0,000	0,000
<b>1º Ciclo</b>	4000	249	1,283	1,820	2,157	1,753
<b>Descarga</b>	0	0	0,466	0,530	0,829	0,608
<b>2º Ciclo</b>	3250	202	1,339	1,910	2,263	1,837
<b>Descarga</b>	0	0	0,515	0,620	0,931	0,689
<b>Z=</b>	1,753 mm	<b>Ev1=</b>	58,70 MPa	<b>Ev2/Ev1 (K)=</b>		1,159
<b>Z<sub>2</sub> =</b>	1,229 mm	<b>Ev2=</b>	68,04 MPa			
<b>Coefficiente de reação vertical (kv)=</b>		141,959 MPa/m				




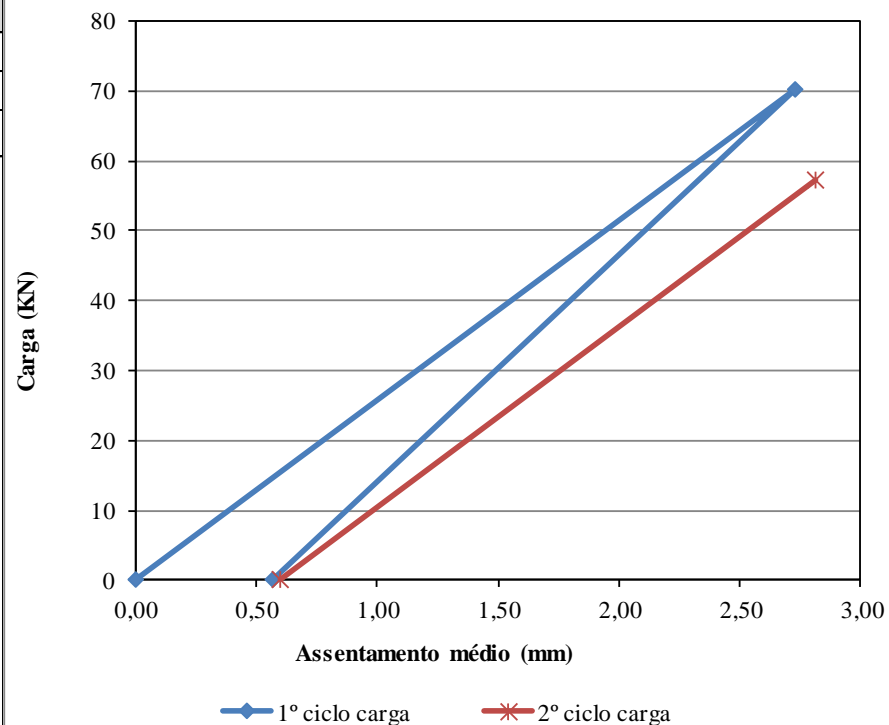
### APÊNDICE 3 - Continuação

 INSTITUTO POLITÉCNICO DE BRAGANÇA Escola Superior de Tecnologia e Gestão		Ensaio de Carga em Placa				
		Ensaio n.º	18	GPS:		41° 56' 49" N
		Data:	08/05/2018	GPS:		6° 48' 41" W
		E/D	Esquerda	Local:	Montesinho	
Pmacaco (Psi)=F/A	Carga Específica (kPa)	Leitura Deflectómetro (mm)			Média (mm)	
		A	B	C		
<b>Pré-carga</b>	250	16	0,000	0,000	0,000	0,000
<b>1º Ciclo</b>	4000	249	2,161	2,020	1,477	1,886
<b>Descarga</b>	0	0	0,780	0,740	0,681	0,734
<b>2º Ciclo</b>	3250	202	2,269	2,150	1,603	2,007
<b>Descarga</b>	0	0	0,953	0,910	0,847	0,903
<b>Z=</b>	1,886 mm	<b>Ev1=</b>	54,57 MPa	<b>Ev2/Ev1 (K)=</b>		1,203
<b>Z<sub>2</sub> =</b>	1,274 mm	<b>Ev2=</b>	65,66 MPa			
<b>Coefficiente de reação vertical (kv)=</b>		131,973 MPa/m				




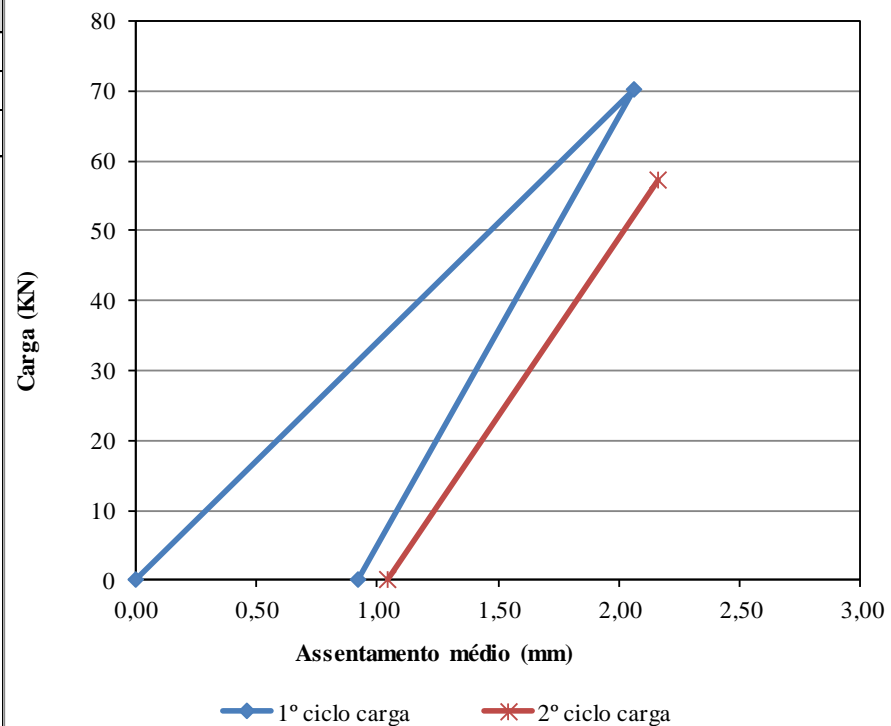
### APÊNDICE 3 - Continuação

 INSTITUTO POLITÉCNICO DE BRAGANÇA Escola Superior de Tecnologia e Gestão		Ensaio de Carga em Placa				
		Ensaio n.º	19	GPS:		41° 56' 46" N
		Data:	07/05/2018	GPS:		6° 48' 42" W
		E/D	Direita	Local:	Montesinho	
Pmacaco (Psi)=F/A	Carga Específica (kPa)	Leitura Deflectómetro (mm)			Média (mm)	
		A	B	C		
<b>Pré-carga</b>	250	16	0,000	0,000	0,000	0,000
<b>1º Ciclo</b>	4000	249	2,665	2,790	2,730	2,728
<b>Descarga</b>	0	0	0,620	0,490	0,604	0,571
<b>2º Ciclo</b>	3250	202	2,795	2,870	2,783	2,816
<b>Descarga</b>	0	0	0,656	0,520	0,632	0,603
<b>Z=</b>	2,728 mm	<b>Ev1=</b>	37,72 MPa	<b>Ev2/Ev1 (K)=</b>		0,988
<b>Z<sub>2</sub> =</b>	2,245 mm	<b>Ev2=</b>	37,26 MPa			
<b>Coefficiente de reação vertical (kv)=</b>		91,228	MPa/m			




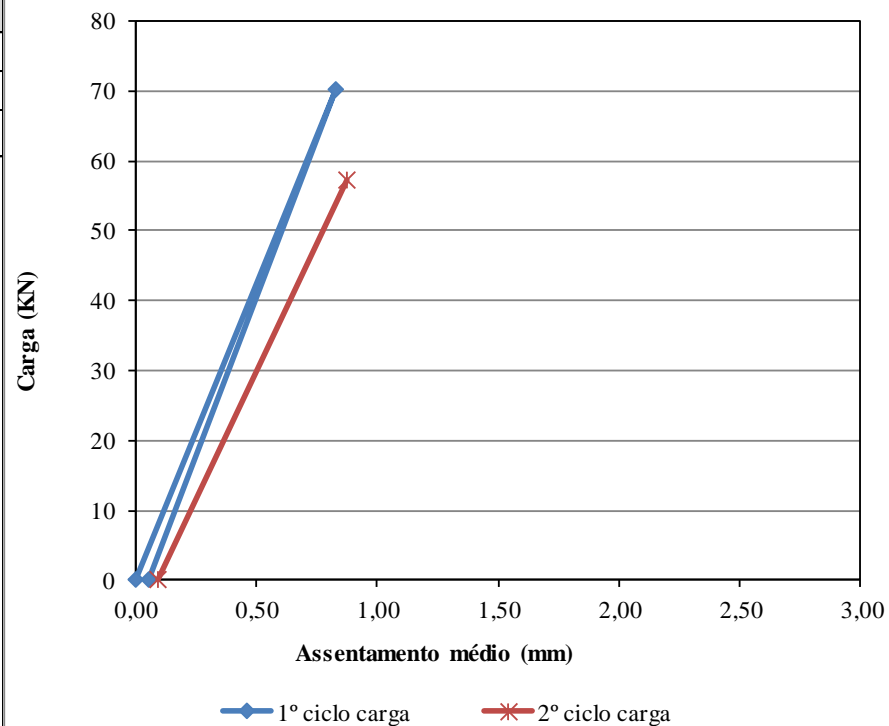
### APÊNDICE 3 - Continuação

 INSTITUTO POLITÉCNICO DE BRAGANÇA Escola Superior de Tecnologia e Gestão		Ensaio de Carga em Placa				
		Ensaio n.º	20	GPS:		41° 56' 43" N
		Data:	07/05/2018	GPS:		6° 48' 43" W
		E/D	Esquerda	Local:	Montesinho	
Pmacaco (Psi)=F/A	Carga Específica (kPa)	Leitura Deflectómetro (mm)			Média (mm)	
		A	B	C		
<b>Pré-carga</b>	250	16	0,000	0,000	0,000	0,000
<b>1º Ciclo</b>	4000	249	1,558	2,170	2,459	2,062
<b>Descarga</b>	0	0	0,287	0,980	1,501	0,923
<b>2º Ciclo</b>	3250	202	1,580	2,290	2,625	2,165
<b>Descarga</b>	0	0	0,356	1,110	1,671	1,046
<b>Z=</b>	2,062 mm	<b>Ev1=</b>	49,91 MPa	<b>Ev2/Ev1 (K)=</b>		1,349
<b>Z<sub>2</sub> =</b>	1,242 mm	<b>Ev2=</b>	67,31 MPa			
<b>Coefficiente de reação vertical (kv)=</b>		120,689 MPa/m				




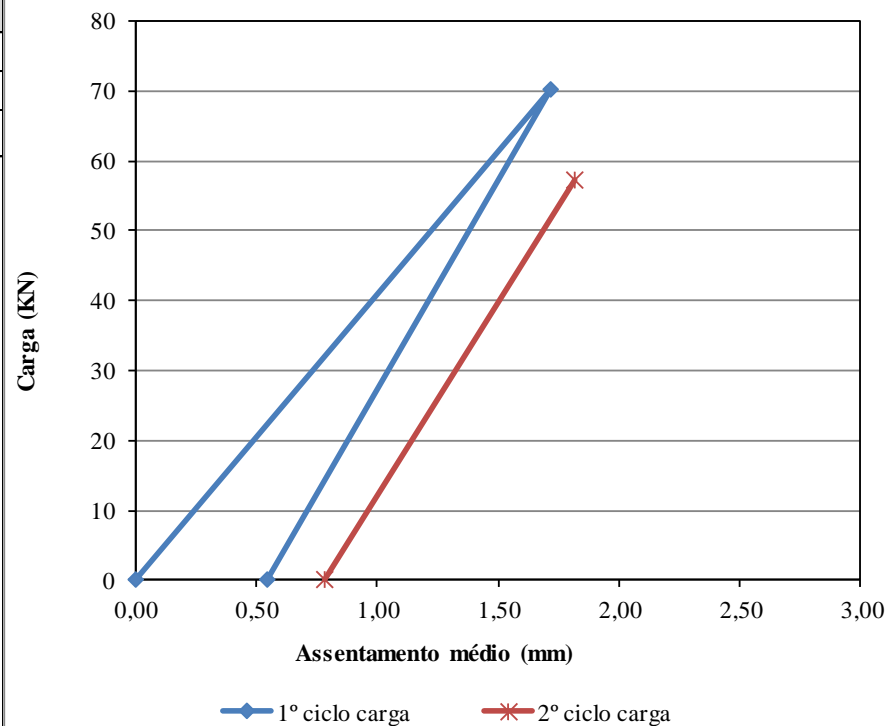
### APÊNDICE 3 - Continuação

 INSTITUTO POLITÉCNICO DE BRAGANÇA Escola Superior de Tecnologia e Gestão		Ensaio de Carga em Placa				
		Ensaio n.º	21	GPS:		41° 56' 39" N
		Data:	07/05/2018	GPS:		6° 48' 43" W
		E/D	Direita	Local:	Montesinho	
Pmacaco (Psi)=F/A	Carga Específica (kPa)	Leitura Deflectómetro (mm)			Média (mm)	
		A	B	C		
<b>Pré-carga</b>	250	16	0,000	0,000	0,000	0,000
<b>1º Ciclo</b>	4000	249	0,768	0,880	0,833	0,827
<b>Descarga</b>	0	0	0,024	0,000	0,145	0,056
<b>2º Ciclo</b>	3250	202	0,815	0,930	0,889	0,878
<b>Descarga</b>	0	0	0,061	0,030	0,188	0,093
<b>Z=</b>	0,827 mm	<b>Ev1=</b>	124,45 MPa	<b>Ev2/Ev1 (K)=</b>	0,818	
<b>Z<sub>2</sub> =</b>	0,822 mm	<b>Ev2=</b>	101,78 MPa			
<b>Coefficiente de reação vertical (kv)=</b>		300,968 MPa/m				




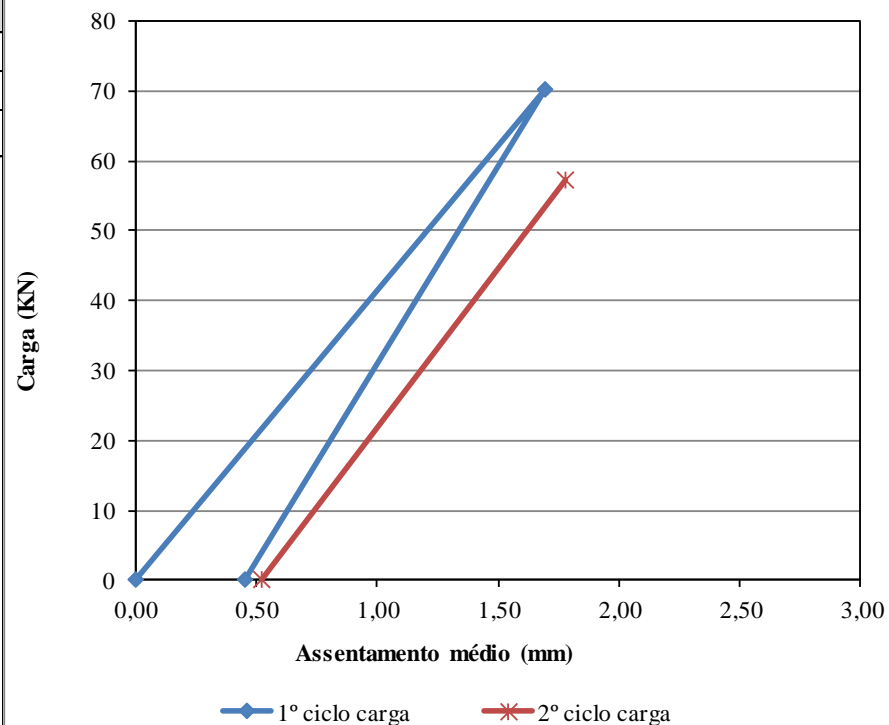
### APÊNDICE 3 - Continuação

 INSTITUTO POLITÉCNICO DE BRAGANÇA Escola Superior de Tecnologia e Gestão		Ensaio de Carga em Placa				
		Ensaio n.º	22	GPS:		41° 56' 36" N
		Data:	07/05/2018	GPS:		6° 48' 44" W
		E/D	Esquerda	Local:	Montesinho	
Pmacaco (Psi)=F/A	Carga Específica (kPa)	Leitura Deflectómetro (mm)			Média (mm)	
		A	B	C		
<b>Pré-carga</b>	250	16	0,000	0,000	0,000	0,000
<b>1º Ciclo</b>	4000	249	1,410	1,770	1,969	1,716
<b>Descarga</b>	0	0	0,309	0,510	0,817	0,545
<b>2º Ciclo</b>	3250	202	1,490	1,880	2,079	1,816
<b>Descarga</b>	0	0	0,757	0,630	0,953	0,780
<b>Z=</b>	1,716 mm	<b>Ev1=</b>	59,97 MPa	<b>Ev2/Ev1 (K)=</b>		1,097
<b>Z<sub>2</sub> =</b>	1,271 mm	<b>Ev2=</b>	65,79 MPa			
<b>Coefficiente de reação vertical (kv)=</b>		145,019 MPa/m				




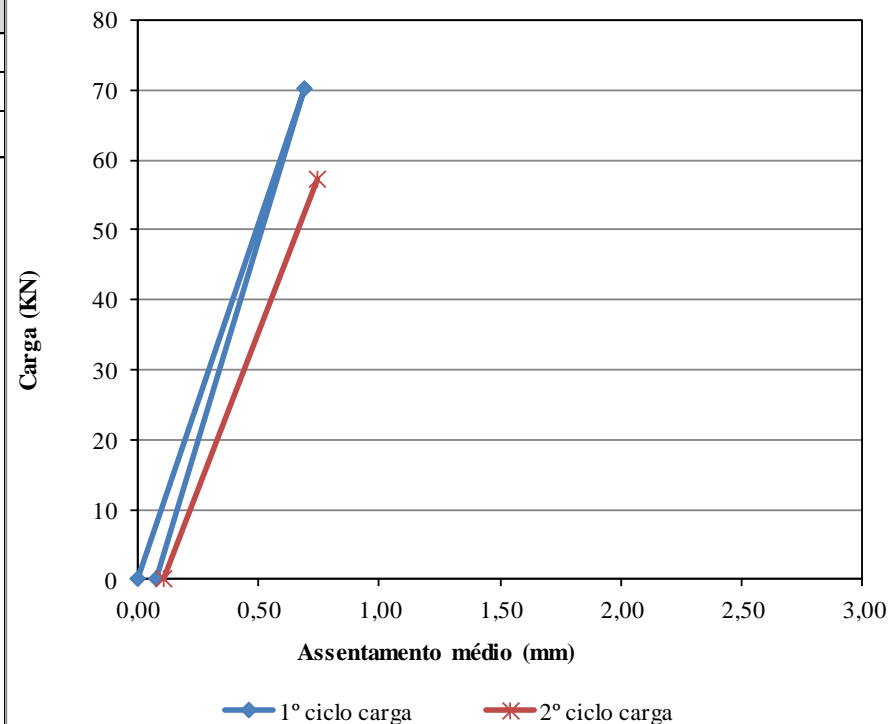
### APÊNDICE 3 - Continuação

 INSTITUTO POLITÉCNICO DE BRAGANÇA Escola Superior de Tecnologia e Gestão		Ensaio de Carga em Placa				
		Ensaio n.º	23	GPS:		41° 56' 32" N
		Data:	07/05/2018	GPS:		6° 48' 46" W
		E/D	Direita	Local:	Montesinho	
Pmacaco (Psi)=F/A	Carga Específica (kPa)	Leitura Deflectómetro (mm)			Média (mm)	
		A	B	C		
<b>Pré-carga</b>	250	16	0,000	0,000	0,000	0,000
<b>1º Ciclo</b>	4000	249	1,547	1,820	1,711	1,693
<b>Descarga</b>	0	0	0,370	0,440	0,559	0,456
<b>2º Ciclo</b>	3250	202	1,635	1,900	1,807	1,781
<b>Descarga</b>	0	0	0,406	0,520	0,640	0,522
<b>Z=</b>	1,693 mm	<b>Ev1=</b>	60,81 MPa	<b>Ev2/Ev1 (K)=</b>		1,038
<b>Z<sub>2</sub> =</b>	1,324 mm	<b>Ev2=</b>	63,15 MPa			
<b>Coefficiente de reação vertical (kv)=</b>		147,047 MPa/m				




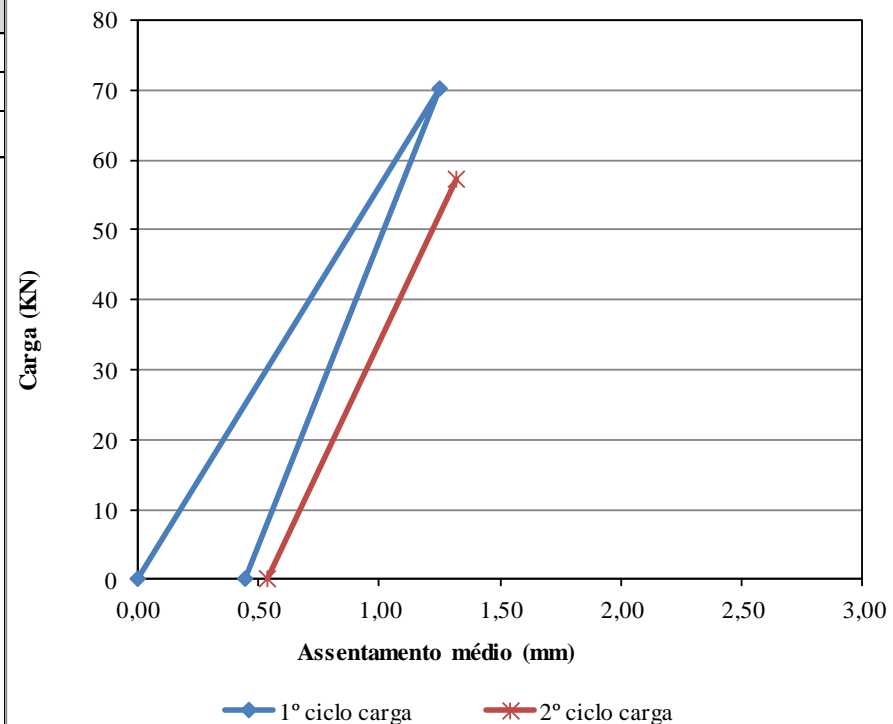
### APÊNDICE 3 - Continuação

 INSTITUTO POLITÉCNICO DE BRAGANÇA Escola Superior de Tecnologia e Gestão		Ensaio de Carga em Placa				
		Ensaio n.º	24	GPS:		41° 56' 30" N
		Data:	08/05/2018	Local:		6° 48' 46" W
		E/D	Esquerda			
	Pmacaco (Psi)=F/A	Carga Específica (kPa)	Leitura Deflectómetro (mm)			Média (mm)
			A	B	C	
<b>Pré-carga</b>	250	16	0,000	0,000	0,000	0,000
<b>1º Ciclo</b>	4000	249	0,759	0,720	0,601	0,693
<b>Descarga</b>	0	0	0,093	0,000	0,140	0,078
<b>2º Ciclo</b>	3250	202	0,855	0,760	0,620	0,745
<b>Descarga</b>	0	0	0,131	0,030	0,174	0,112
<b>Z=</b>	0,693 mm	<b>Ev1=</b>	148,45 MPa	<b>Ev2/Ev1 (K)=</b>		0,844
<b>Z<sub>2</sub> =</b>	0,667 mm	<b>Ev2=</b>	125,31 MPa			
<b>Coefficiente de reação vertical (kv)=</b>		358,992 MPa/m				




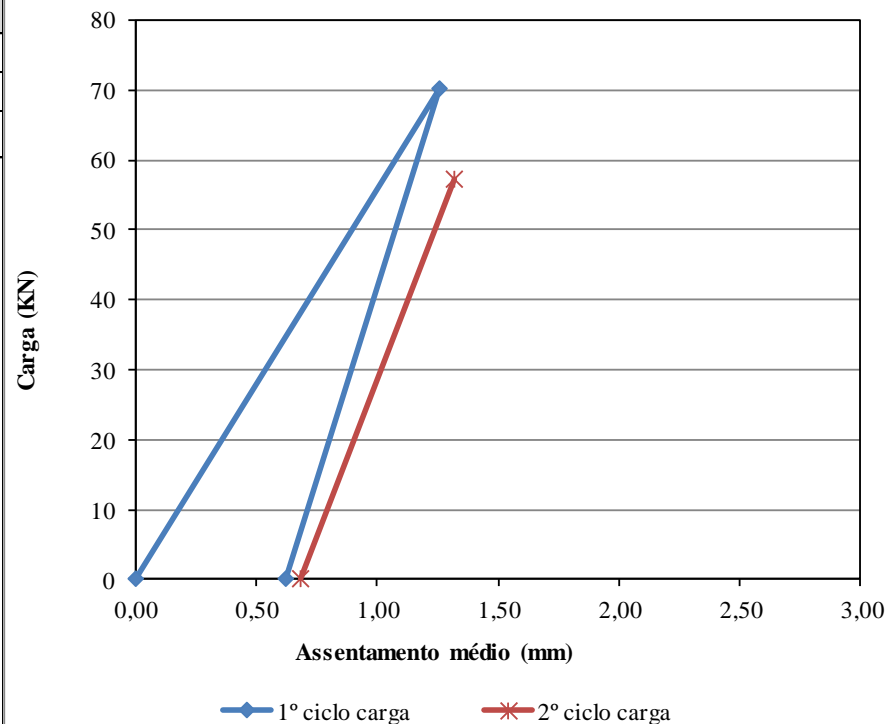
### APÊNDICE 3 - Continuação

 INSTITUTO POLITÉCNICO DE BRAGANÇA Escola Superior de Tecnologia e Gestão		Ensaio de Carga em Placa				
		Ensaio n.º	25	GPS:		41° 56' 26" N
		Data:	08/05/2018	GPS:		6° 48' 47" W
		E/D	Direita	Local:	Montesinho	
Pmacaco (Psi)=F/A	Carga Específica (kPa)	Leitura Deflectómetro (mm)			Média (mm)	
		A	B	C		
<b>Pré-carga</b>	250	16	0,000	0,000	0,000	0,000
<b>1º Ciclo</b>	4000	249	1,270	1,350	1,127	1,249
<b>Descarga</b>	0	0	0,442	0,400	0,506	0,449
<b>2º Ciclo</b>	3250	202	1,355	1,420	1,187	1,321
<b>Descarga</b>	0	0	0,531	0,490	0,587	0,536
<b>Z=</b>	1,249 mm	<b>Ev1=</b>	82,40 MPa	<b>Ev2/Ev1 (K)=</b>		1,165
<b>Z<sub>2</sub> =</b>	0,871 mm	<b>Ev2=</b>	95,97 MPa			
<b>Coefficiente de reação vertical (kv)=</b>		199,280 MPa/m				




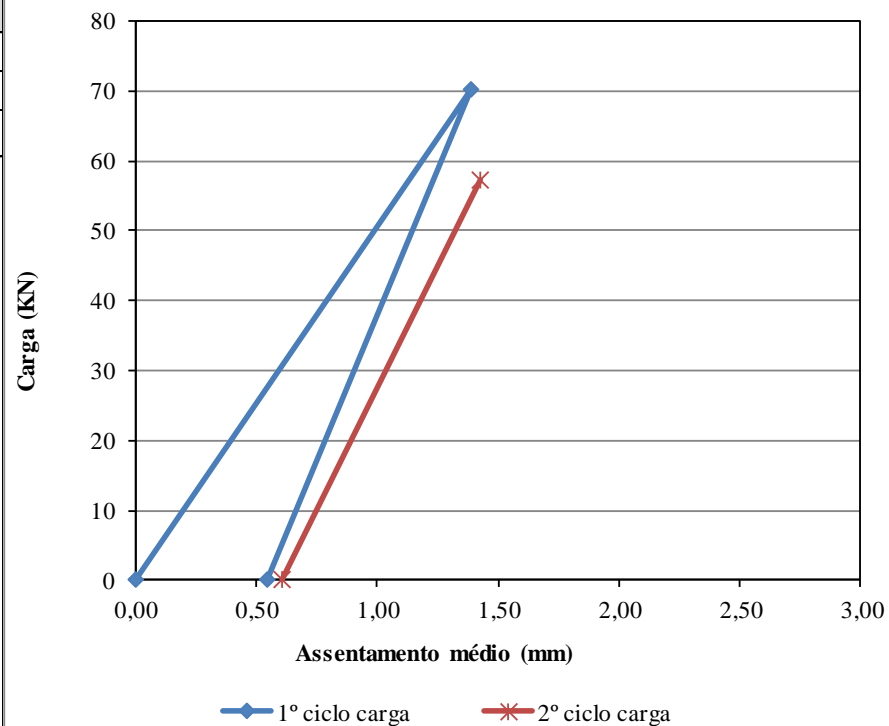
### APÊNDICE 3 - Continuação

 INSTITUTO POLITÉCNICO DE BRAGANÇA Escola Superior de Tecnologia e Gestão		Ensaio de Carga em Placa				
		Ensaio n.º	26	GPS:		41° 56' 24" N
		Data:	08/05/2018	GPS:		6° 48' 47" W
		E/D	Esquerda	Local:	Montesinho	
Pmacaco (Psi)=F/A	Carga Específica (kPa)	Leitura Deflectómetro (mm)			Média (mm)	
		A	B	C		
<b>Pré-carga</b>	250	16	0,000	0,000	0,000	0,000
<b>1º Ciclo</b>	4000	249	1,104	1,340	1,337	1,260
<b>Descarga</b>	0	0	0,443	0,500	0,925	0,623
<b>2º Ciclo</b>	3250	202	1,178	1,390	1,397	1,322
<b>Descarga</b>	0	0	0,495	0,560	1,007	0,687
<b>Z=</b>	1,260 mm	<b>Ev1=</b>	81,66 MPa	<b>Ev2/Ev1 (K)=</b>		1,465
<b>Z<sub>2</sub> =</b>	0,699 mm	<b>Ev2=</b>	119,64 MPa			
<b>Coefficiente de reação vertical (kv)=</b>		197,488 MPa/m				




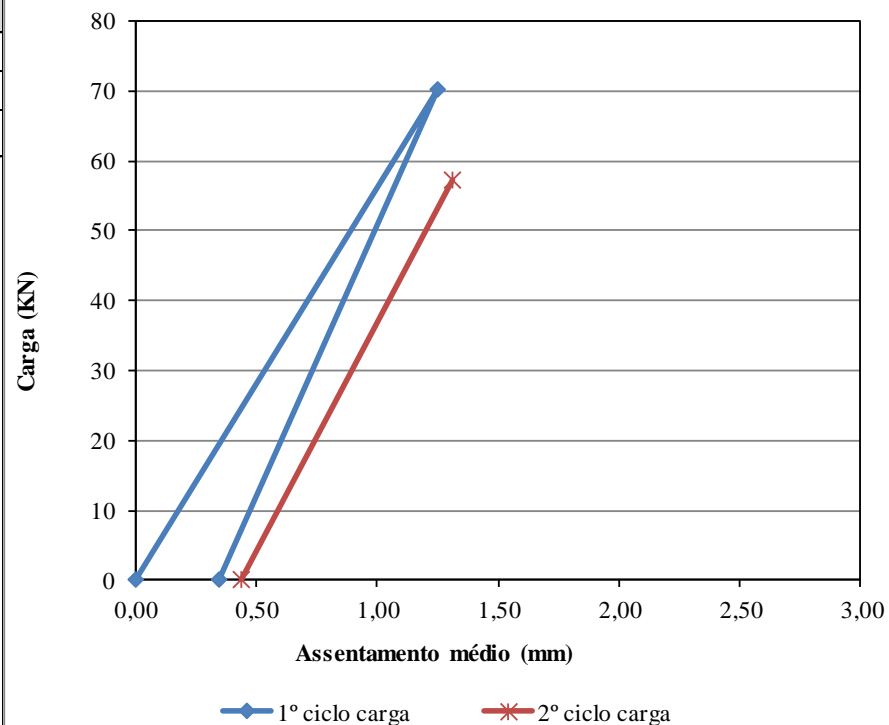
### APÊNDICE 3 - Continuação

 INSTITUTO POLITÉCNICO DE BRAGANÇA Escola Superior de Tecnologia e Gestão		Ensaio de Carga em Placa				
		Ensaio n.º	27	GPS:		41° 56' 20" N
		Data:	08/05/2018	GPS:		6° 48' 48" W
		E/D	Direita	Local:	Montesinho	
Pmacaco (Psi)=F/A	Carga Específica (kPa)	Leitura Deflectómetro (mm)			Média (mm)	
		A	B	C		
<b>Pré-carga</b>	250	16	0,000	0,000	0,000	0,000
<b>1º Ciclo</b>	4000	249	1,475	1,430	1,260	1,388
<b>Descarga</b>	0	0	0,524	0,480	0,642	0,549
<b>2º Ciclo</b>	3250	202	1,504	1,500	1,280	1,428
<b>Descarga</b>	0	0	0,598	0,530	0,685	0,604
<b>Z=</b>	1,388 mm	<b>Ev1=</b>	74,13 MPa	<b>Ev2/Ev1 (K)=</b>		1,283
<b>Z<sub>2</sub> =</b>	0,879 mm	<b>Ev2=</b>	95,10 MPa			
<b>Coefficiente de reação vertical (kv)=</b>		179,280 MPa/m				




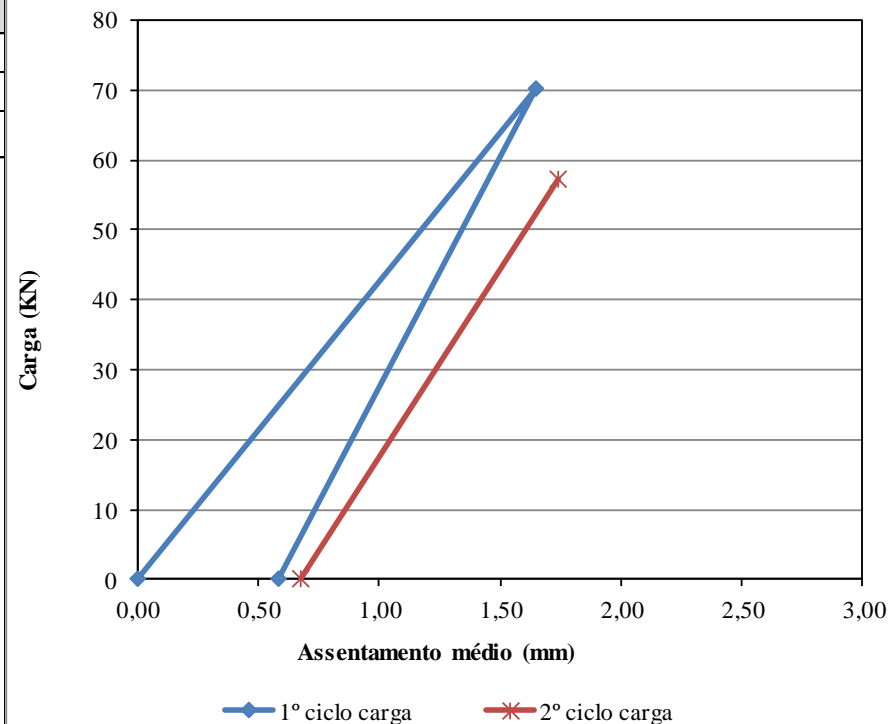
### APÊNDICE 3 - Continuação

 INSTITUTO POLITÉCNICO DE BRAGANÇA Escola Superior de Tecnologia e Gestão		Ensaio de Carga em Placa				
		Ensaio n.º	28	GPS:		41° 56' 17" N
		Data:	08/05/2018	GPS:		6° 48' 47" W
		E/D	Esquerda	Local:	Montesinho	
Pmacaco (Psi)=F/A	Carga Específica (kPa)	Leitura Deflectómetro (mm)			Média (mm)	
		A	B	C		
<b>Pré-carga</b>	250	16	0,000	0,000	0,000	0,000
<b>1º Ciclo</b>	4000	249	1,388	1,400	0,960	1,249
<b>Descarga</b>	0	0	0,286	0,350	0,401	0,346
<b>2º Ciclo</b>	3250	202	1,477	1,450	1,015	1,314
<b>Descarga</b>	0	0	0,381	0,440	0,491	0,437
<b>Z=</b>	1,249 mm	<b>Ev1=</b>	82,38 MPa	<b>Ev2/Ev1 (K)=</b>		1,048
<b>Z<sub>2</sub> =</b>	0,968 mm	<b>Ev2=</b>	86,36 MPa			
<b>Coefficiente de reação vertical (kv)=</b>		199,227 MPa/m				




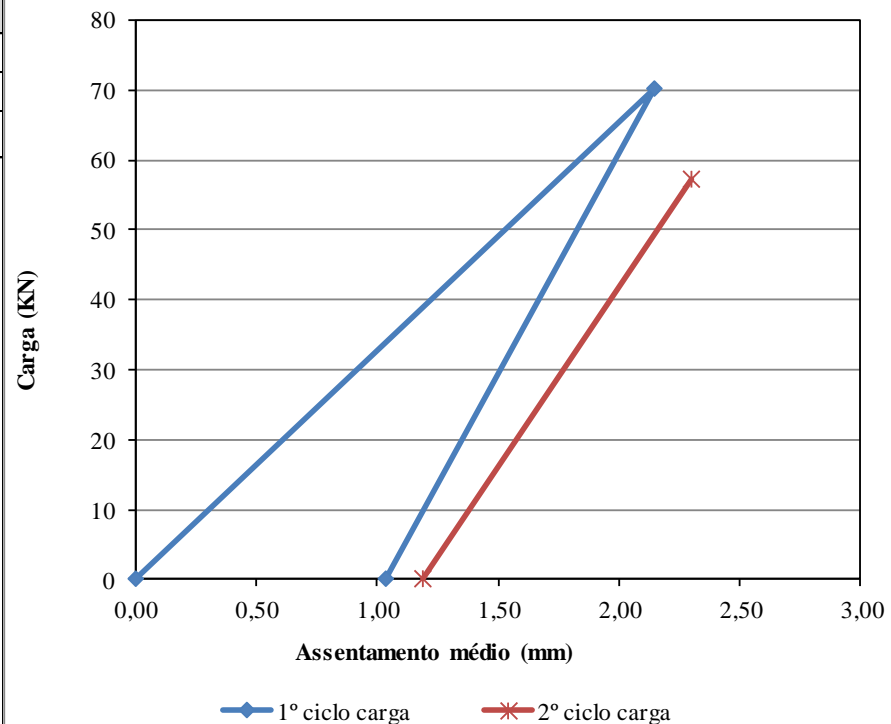
### APÊNDICE 3 - Continuação

 INSTITUTO POLITÉCNICO DE BRAGANÇA Escola Superior de Tecnologia e Gestão		Ensaio de Carga em Placa				
		Ensaio n.º	29	GPS:		41° 56' 14" N
		Data:	08/05/2018	GPS:		6° 48' 49" W
		E/D	Direita	Local:	Montesinho	
Pmacaco (Psi)=F/A	Carga Específica (kPa)	Leitura Deflectómetro (mm)			Média (mm)	
		A	B	C		
<b>Pré-carga</b>	250	16	0,000	0,000	0,000	0,000
<b>1º Ciclo</b>	4000	249	1,315	1,780	1,860	1,652
<b>Descarga</b>	0	0	0,579	0,530	0,647	0,585
<b>2º Ciclo</b>	3250	202	1,419	1,860	1,944	1,741
<b>Descarga</b>	0	0	0,673	0,620	0,747	0,680
<b>Z=</b>	1,652 mm	<b>Ev1=</b>	62,31 MPa	<b>Ev2/Ev1 (K)=</b>		1,161
<b>Z<sub>2</sub> =</b>	1,156 mm	<b>Ev2=</b>	72,36 MPa			
<b>Coefficiente de reação vertical (kv)=</b>		150,697 MPa/m				




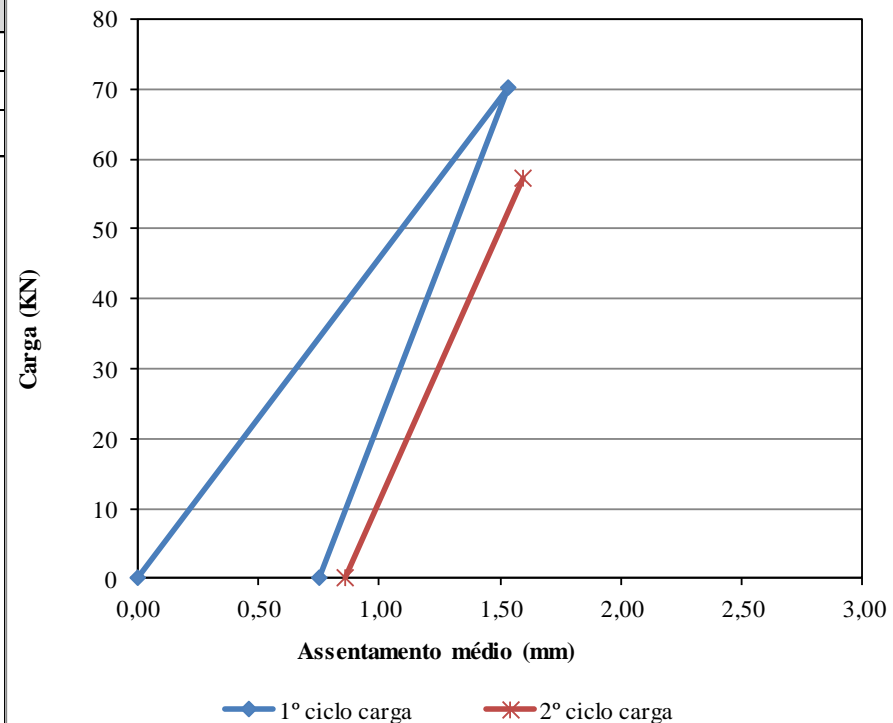
### APÊNDICE 3 - Continuação

 INSTITUTO POLITÉCNICO DE BRAGANÇA Escola Superior de Tecnologia e Gestão		Ensaio de Carga em Placa				
		Ensaio n.º	30	GPS:		41° 56' 10" N
		Data:	08/05/2018	GPS:		6° 48' 50" W
		E/D	Esquerda	Local:	Montesinho	
Pmacaco (Psi)=F/A	Carga Específica (kPa)	Leitura Deflectómetro (mm)			Média (mm)	
		A	B	C		
<b>Pré-carga</b>	250	16	0,000	0,000	0,000	0,000
<b>1º Ciclo</b>	4000	249	2,009	2,270	2,156	2,145
<b>Descarga</b>	0	0	0,887	1,020	1,203	1,037
<b>2º Ciclo</b>	3250	202	2,172	2,410	2,309	2,297
<b>Descarga</b>	0	0	1,010	1,160	1,392	1,187
<b>Z=</b>	2,145 mm	<b>Ev1=</b>	47,98 MPa	<b>Ev2/Ev1 (K)=</b>		1,383
<b>Z<sub>2</sub> =</b>	1,260 mm	<b>Ev2=</b>	66,35 MPa			
<b>Coefficiente de reação vertical (kv)=</b>		116,038 MPa/m				



### APÊNDICE 3 - Continuação

 INSTITUTO POLITÉCNICO DE BRAGANÇA Escola Superior de Tecnologia e Gestão		Ensaio de Carga em Placa				
		Ensaio n.º	31	GPS:		41° 56' 7" N
		Data:	08/05/2018	GPS:		6° 48' 50" W
		E/D	Direita	Local:	Montesinho	
Pmacaco (Psi)=F/A	Carga Específica (kPa)	Leitura Deflectómetro (mm)			Média (mm)	
		A	B	C		
<b>Pré-carga</b>	250	16	0,000	0,000	0,000	0,000
<b>1º Ciclo</b>	4000	249	1,530	1,630	1,445	1,535
<b>Descarga</b>	0	0	0,628	0,690	0,952	0,757
<b>2º Ciclo</b>	3250	202	1,591	1,700	1,498	1,596
<b>Descarga</b>	0	0	0,731	0,780	1,065	0,859
<b>Z=</b>	1,535 mm	<b>Ev1=</b>	67,05 MPa	<b>Ev2/Ev1 (K)=</b>		1,485
<b>Z<sub>2</sub> =</b>	0,840 mm	<b>Ev2=</b>	99,59 MPa			
<b>Coefficiente de reação vertical (kv)=</b>		162,150 MPa/m				



### 5.4. APÊNDICE 4 - Seções homogêneas

Seções Homogêneas - DPL																																	
Ensaio	Resposta do Pavimento (2)										0	Distância (1)	Intervalo da distância acumulativa (3)	Média do intervalo da resposta (4)										Intervalo atual da área (5)									
	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1				0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
1	95	86	56	50							0	0	0	95	86	56	50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
2	116	67	52	37	18	10	8	9	9	8	100	100	100	105,5	76,5	54	43,5	18	10	8	9	9	8	10550	7650	5400	4350	1800	1000	800	900	800	
3	119	99	46	23	24	16	37	50			100	200	200	117,5	83	49	30	21	13	22,5	29,5	9	8	11750	8300	4900	3000	2100	1300	2250	2950	900	800
4	116	89	18	15	15	8	7	7	9	14	100	300	300	117,5	94	32	19	19,5	12	22	28,5	9	14	11750	9400	3200	1900	1950	1200	2200	2850	900	1400
5	59	93	81	79	38	26	8	3	3	2	100	400	400	87,5	91	49,5	47	26,5	17	7,5	5	6	8	8750	9100	4950	4700	2650	1700	750	500	600	800
6	88	133	50								100	500	500	73,5	113	65,5	79	38	26	8	3	3	2	7350	11300	6550	7900	3800	2600	800	300	300	200
7	98	100									133	633	633	93	116,5	50								12369	15495	6650	0	0	0	0	0	0	0
8	82	130	100								100	733	733	90	115	100								9000	11500	10000	0	0	0	0	0	0	0
9	41	27	20	21	10	6	2	4	9	15	100	833	833	61,5	78,5	60	21	10	6	2	4	9	15	6150	7850	6000	2100	1000	600	200	400	900	1500
10	30	28	33	80	57	35	28	13	6	6	100	933	933	35,5	27,5	26,5	50,5	33,5	20,5	15	8,5	7,5	10,5	3550	2750	2650	5050	3350	2050	1500	850	750	1050
11	35	26	41	33	17	8	8	7	11	35	100	1033	1033	32,5	27	37	56,5	37	21,5	18	10	8,5	20,5	3250	2700	3700	5650	3700	2150	1800	1000	850	2050
12	45	29	23	19	44	50					100	1133	1133	40	27,5	32	26	30,5	29	8	7	11	35	4000	2750	3200	2600	3050	2900	800	700	1100	3500
13	31	100	29	24	18	15	20	37	64		107	1240	1240	38	64,5	26	21,5	31	32,5	20	37	64		4066	6901,5	2782	2300,5	3317	3477,5	2140	3959	6848	0
14	21	68	64	68	37	27	20	20	23	40	102	1342	1342	26	84	46,5	46	27,5	21	20	28,5	43,5	40	2652	8568	4743	4692	2805	2142	2040	2907	4437	4080
15	20	12	14	18	11	5	21	36	34	96	109	1451	1451	20,5	40	39	43	24	16	20,5	28	28,5	68	2234,5	4360	4251	4687	2616	1744	2234,5	3052	3106,5	7412
16	34	24	15	13	15	13	1	1	38	50	100	1551	1551	27	18	14,5	15,5	13	9	11	18,5	36	73	2700	1800	1450	1550	1300	900	1100	1850	3600	7300
17	33	21	21	59	50						100	1651	1651	33,5	22,5	18	36	32,5	13	1	1	38	50	3350	2250	1800	3600	3250	1300	100	100	3800	5000
18	41	50	50								100	1751	1751	37	35,5	35,5	59	50						3700	3550	3550	5900	5000	0	0	0	0	0
19	21	19	11	3	2	3	3	2	3	2	100	1851	1851	31	34,5	30,5	3	2	3	3	2	3	2	3100	3450	3050	300	200	300	300	200	300	200
20	27	31	54	38	17	14	17	38	103		100	1951	1951	24	25	32,5	20,5	9,5	8,5	10	20	53	2	2400	2500	3250	2050	950	850	1000	2000	5300	200
21	41	39	66	39	21	50					105	2056	2056	34	35	60	38,5	19	32	17	38	103		3570	3675	6300	4042,5	1995	3360	1785	3990	10815	0
22	28	28	53	26	12	9	14	22	80	50	100	2156	2156	34,5	33,5	59,5	32,5	16,5	29,5	14	22	80	50	3450	3350	5950	3250	1650	2950	1400	2200	8000	5000
23	46	26	22	14	14	9	15	33	110		100	2256	2256	37	27	37,5	20	13	9	14,5	27,5	95	50	3700	2700	3750	2000	1300	900	1450	2750	9500	5000
24	57	55	96	110							100	2356	2356	51,5	40,5	59	62	14	9	15	33	110		5150	4050	5900	6200	1400	900	1500	3300	11000	0
25	46	44	42	31	31	45	147	50			100	2456	2456	51,5	49,5	69	70,5	31	45	147	50			5150	4950	6900	7050	3100	4500	14700	5000	0	0
26	37	50	67	30	21	28	15	6	8	19	100	2556	2556	41,5	47	54,5	30,5	26	36,5	81	28	8	19	4150	4700	5450	3050	2600	3650	8100	2800	800	1900
27	45	33	22	17	27	17	27	95	50		100	2656	2656	41	41,5	44,5	23,5	24	22,5	21	50,5	29	19	4100	4150	4450	2350	2400	2250	2100	5050	2900	1900
28	38	26	23	46	40	25	16	18	18	21	100	2756	2756	41,5	29,5	22,5	31,5	33,5	21	21,5	56,5	34	21	4150	2950	2250	3150	3350	2100	2150	5650	3400	2100
29	45	44	35	23	12	10	7	6	6	11	100	2856	2856	41,5	35	29	34,5	26	17,5	11,5	12	12	16	4150	3500	2900	3450	2600	1750	1150	1200	1200	1600
30	28	27	27	28	31	24	25	50			100	2956	2956	36,5	35,5	31	25,5	21,5	17	16	28	6	11	3650	3550	3100	2550	2150	1700	1600	2800	600	1100
31	48	114	50								100	3056	3056	38	70,5	38,5	28	31	24	25	50			3800	7050	3850	2800	3100	2400	2500	5000	0	0

**APÊNDICE 4 - Continuação**

Continuação Seções Homogêneas - DPL																			
Area acumulativa (6)										Valor Zx (7)									
0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10550	7650	5400	4350	1800	1000	800	900	900	800	5389,93783	2191,9175	1051,9634	1005,039267	-440,9359	-723,609	-1112,61	-1202,683	-1809,637	-996,2042
22300	15950	10300	7350	3900	2300	3050	3850	1800	1600	11979,8757	5033,8351	1603,9267	660,078534	-581,8717	-1147,22	-775,229	-355,3665	-3619,274	-1992,408
34050	25350	13500	9250	5850	3500	5250	6700	2700	3000	18569,8135	8975,7526	455,89005	-784,882199	-872,8076	-1670,83	-487,844	391,95026	-5428,91	-2388,613
42800	34450	18450	13950	8500	5200	6000	7200	3300	3800	22159,7513	12617,67	1057,8534	570,1570681	-463,7435	-1694,44	-1650,46	-1210,733	-7538,547	-3384,817
50150	45750	25000	21850	12300	7800	6800	7500	3600	4000	24349,6891	18459,588	3259,8168	5125,196335	1095,321	-818,046	-2763,07	-3013,416	-9948,184	-4981,021
62519	61244,5	31650	21850	12300	7800	6800	7500	3600	4000	29855,8064	26694,838	4126,928	676,3985602	-1885,124	-3110,45	-5306,85	-5809,985	-13552	-7369,973
71519	72744,5	41650	21850	12300	7800	6800	7500	3600	4000	33695,7443	32736,756	9778,8914	-2668,56217	-4126,06	-4834,06	-7219,46	-7912,668	-16261,64	-9166,177
77669	80594,5	47650	23950	13300	8400	7000	7900	4500	5500	34685,6821	35128,673	11430,855	-3913,52291	-5366,996	-5957,67	-8932,08	-9615,351	-18071,27	-9462,381
81219	83344,5	50300	29000	16650	10450	8500	8750	5250	6550	33075,6199	32420,591	9732,8181	-2208,48364	-4257,932	-5631,27	-9344,69	-10868,03	-20030,91	-10208,59
84469	86044,5	54000	34650	20350	12600	10300	9750	6100	8600	31165,5578	29662,508	9084,7814	96,55562827	-2798,867	-5204,88	-9457,31	-11970,72	-21890,55	-9954,789
88469	88794,5	57200	37250	23400	15500	11100	10450	7200	12100	30005,4956	26954,426	7936,7448	-648,405105	-1989,803	-4028,49	-10569,9	-13373,4	-23500,18	-8250,993
92535	95696	59982	39550,5	26717	18977,5	13240	14409	14048	12100	28550,2291	28015,777	6066,3455	-1927,01309	-1070,605	-2395,26	-10476,4	-11664,27	-19551,5	-10172,93
95187	104264	64725	44242,5	29522	21119,5	15280	17316	18485	16180	25938,9656	31016,533	6374,3482	-646,873037	-551,3593	-2011,34	-10387,3	-10902,01	-17878,33	-7925,06
97421,5	108624	68976	48929,5	32138	22863,5	17514,5	20368	21591,5	23592	22548,9979	29427,223	5885,9882	394,1197644	-377,9794	-2146,07	-10237,5	-10141,93	-17725,33	-2470,923
100121,5	110424	70426	50479,5	33438	23763,5	18614,5	22218	25191,5	30892	20088,9357	25769,141	2987,9516	-1400,84097	-1318,915	-2969,68	-11050,2	-10394,62	-16834,97	3032,873
103471,5	112674	72226	54079,5	36688	25063,5	18714,5	22318	28991,5	35892	18278,8735	22561,059	439,91492	-1145,8017	-309,8511	-3393,29	-12862,8	-12397,3	-15744,6	6236,669
107171,5	116224	75776	59979,5	41688	25063,5	18714,5	22318	28991,5	35892	16818,8114	20652,976	-358,1217	1409,237565	2449,213	-5116,9	-14775,4	-14499,98	-18454,24	4440,465
110271,5	119674	78826	60279,5	41888	25363,5	19014,5	22518	29291,5	36092	14758,7492	18644,894	-1656,158	-1635,72317	408,2772	-6540,51	-16388	-16402,67	-20863,88	2844,26
112671,5	122174	82076	62329,5	42838	26213,5	20014,5	24518	34591,5	36292	11998,687	15686,811	-2754,195	-2930,6839	-882,6587	-7414,12	-17300,6	-16505,35	-18273,51	1248,056
116241,5	125849	88376	66372	44833	29573,5	21799,5	28508	45406,5	36292	10150,6217	13630,825	-1019,634	-2400,39267	-1240,641	-5863,91	-17523,9	-14723,17	-10303,63	-637,9581
119691,5	129199	94326	69622	46483	32523,5	23199,5	30708	53406,5	41292	8440,55955	11522,742	582,32984	-2495,3534	-1831,577	-4637,52	-18036,5	-14625,85	-5013,269	2565,838
123391,5	131899	98076	71622	47783	33423,5	24649,5	33458	62906,5	46292	6980,49738	8764,6597	-15,70681	-3840,31414	-2772,513	-5461,13	-18499,1	-13978,53	1777,0942	5769,634
128541,5	135949	103976	77822	49183	34323,5	26149,5	36758	73906,5	46292	6970,43521	7356,5772	1536,2565	-985,274869	-3613,449	-6284,73	-18911,7	-12781,22	10067,457	3973,429
133691,5	140899	110876	84872	52283	38823,5	40849,5	41758	73906,5	46292	6960,37304	6848,4948	4088,2199	2719,764398	-2754,385	-3508,34	-6124,31	-9883,901	7357,8207	2177,225
137841,5	145599	116326	87922	54883	42473,5	48949,5	44558	74706,5	48192	5950,31086	6090,4123	5190,1832	2424,803665	-2395,321	-1581,95	63,0726	-9186,584	5448,1839	2281,021
141941,5	149749	120776	90272	57283	44723,5	51049,5	49608	77606,5	50092	4890,24869	4782,3298	5292,1466	1429,842932	-2236,257	-1055,56	250,458	-6239,267	5638,5471	2384,817
146091,5	152699	123026	93422	60633	46823,5	53199,5	55258	81006,5	52192	3880,18652	2274,2474	3194,1099	1234,882199	-1127,192	-679,172	487,844	-2691,95	6328,9103	2688,613
150241,5	156199	125926	96872	63233	48573,5	54349,5	56458	82206,5	53792	2870,12435	316,16492	1746,0733	1339,921466	-768,1283	-652,781	-274,771	-3594,634	4819,2736	2492,408
153891,5	159749	129026	99422	65383	50273,5	55949,5	59258	82806,5	54892	1360,06217	-1591,918	498,03665	544,960733	-859,0641	-676,391	-587,385	-2897,317	2709,6368	1796,204
157691,5	166799	132876	102222	68483	52673,5	58449,5	64258	82806,5	54892	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>51,6006</b>	<b>54,58082461</b>	<b>43,480366</b>	<b>33,449607</b>	<b>22,40935864</b>	<b>17,23609293</b>	<b>19,1261</b>	<b>21,02683246</b>	<b>27,09637</b>	<b>17,962</b>										

APÊNDICE 4 – Continuação

Ponto característico e Erro - DPL																						
Distância	Ensaio	Resposta do Pavimento										ERRO										%
		0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1	
0	1	95	86	56	50	0	0	0	0	0	0	0,0386	0,0964	0,088	0,0026	1	1	1	1	1	78,90	
100	2	116	67	52	37	18	10	8	9	9	8	0,00036	0,2142	0,12	0,0888	0,089	0,1608	0,340536	0,4061	0,02076	0,071175	38,88
200	3	119	99	46	23	24	16	37	50	0	0	4,2E-05	0,0425	0,178	0,3177	0,004	0,0017	0,857588	1,0306	1	1	66,38
300	4	116	89	18	15	15	8	7	7	9	14	0,00036	0,082	0,599	0,5118	0,172	0,2712	0,404	0,5153	0,02076	0,080159	51,54
400	5	59	93	81	79	38	26	8	3	3	2	0,25097	0,0647	3E-04	0,2487	0,232	0,3108	0,340536	0,7728	0,38272	0,666993	57,19
500	6	88	133	50	0	0	0	0	0	0	0	0,06538	0,0044	0,138	1	1	1	1	1	1	1	84,90
633	7	98	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0,02928	0,0393	1	1	1	1	1	1	1	1	89,83
733	8	82	130	100	0	0	0	0	0	0	0	0,0939	0,0018	0,066	1	1	1	1	1	1	1	84,62
833	9	41	27	20	21	10	6	2	4	9	15	0,42669	0,6139	0,561	0,3619	0,372	0,4103	0,802616	0,7036	0,02076	0,140457	66,43
<b>média</b>		90,44	91,56	47	25	11,6667	7,33333	6,88889	8,11111	3,333333	4,3											
<b>desvio</b>		26,72	31,88	31,3	26,6458	13,435	9	11,8474	16,0581	4,3588989	6,3											
<b>K</b>		<b>118</b>	<b>125</b>	<b>80</b>	<b>52,712</b>	<b>25,639</b>	<b>16,693</b>	<b>19,21</b>	<b>24,811</b>	<b>7,866588</b>	<b>11</b>											
933	10	30	28	33	80	57	35	28	13	6	6	0,10726	0,0018	0,044	0,0013	0,003	0,1165	0,001374	0,001	0,22414	0,670612	34,22
1033	11	35	26	41	33	17	8	8	7	11	35	0,04641	0,0124	3E-04	0,328	0,517	0,7215	0,495185	0,2294	0,0012	0,003177	48,53
1133	12	45	29	23	19	44	50	0	0	0	0	7,7E-05	8E-05	0,201	0,5685	0,075	0,0035	1	1	1	1	69,63
<b>média</b>		36,67	27,67	32,3	44	39,3333	31	12	6,66667	5,6666667	14											
<b>desvio</b>		7,638	1,528	9,02	31,9531	20,4042	21,2838	14,4222	6,50641	5,5075705	19											
<b>K</b>		<b>44,6</b>	<b>29,3</b>	<b>42</b>	<b>77,231</b>	<b>60,554</b>	<b>53,135</b>	<b>26,999</b>	<b>13,433</b>	<b>11,39454</b>	<b>33</b>											
1240	13	31	100	29	24	18	15	20	37	64	0	0,0121	0,0356	0,177	0,3806	0,344	0,1162	0,024502	0,0002	0,02031	1	45,94
1342	14	21	68	64	68	37	27	20	20	23	40	0,15767	0,0367	0,077	0,0073	0,022	0,0347	0,024502	0,2183	0,3474	0,242378	34,18
1451	15	20	12	14	18	11	5	21	36	34	96	0,1813	0,735	0,519	0,508	0,558	0,6089	0,013078	0,0017	0,15448	0,047714	57,68
1551	16	34	24	15	13	15	13	1	1	38	50	0,00057	0,5108	0,491	0,6281	0,429	0,1838	0,917432	0,9474	0,10345	0,133516	65,92
1651	17	33	21	21	59	50	0	0	0	0	0	0,00276	0,563	0,337	0,0034	0,022	1	1	1	1	1	77,00
<b>média</b>		27,8	45	28,6	36,4	26,2	12	12,4	18,8	31,8	37											
<b>desvio</b>		6,76	37,62	20,7	25,2448	16,6343	10,3441	10,8766	18,0194	23,285188	40											
<b>K</b>		<b>34,8</b>	<b>84,1</b>	<b>50</b>	<b>62,655</b>	<b>43,5</b>	<b>22,758</b>	<b>23,712</b>	<b>37,54</b>	<b>56,0166</b>	<b>79</b>											
1751	18	41	50	50	0	0	0	0	0	0	0	0,00027	7E-05	0,043	1	1	1	1	1	1	1	83,92
1851	19	21	19	11	3	2	3	3	2	3	2	0,22985	0,3805	0,681	0,8387	0,766	0,6006	0,662114	0,8907	0,93866	0,005029	77,42
1951	20	27	31	54	38	17	14	17	38	103	0	0,10936	0,1405	0,021	0,0044	0,004	0,0025	0,0031	0,0047	0,00484	1	35,97
<b>média</b>		29,67	33,33	38,3	13,6667	6,33333	5,66667	6,66667	13,3333	35,33333	0,7											
<b>desvio</b>		10,26	15,63	23,8	21,1266	9,29157	7,37111	9,07377	21,3854	58,620247	1,2											
<b>K</b>		<b>40,3</b>	<b>49,6</b>	<b>63</b>	<b>35,638</b>	<b>15,997</b>	<b>13,333</b>	<b>16,103</b>	<b>35,574</b>	<b>96,29839</b>	<b>1,9</b>											
2056	21	41	39	66	39	21	50	0	0	0	0	0,06832	0,0541	0,076	0,3321	7E-05	0,0579	1	1	1	1	67,74
2156	22	28	28	53	26	12	9	14	22	80	50	0,2456	0,2017	0,175	0,5148	0,18	0,6032	0,015173	0,0831	0,05998	0,089222	46,56
2256	23	46	26	22	14	14	9	15	33	110	0	0,02934	0,2386	0,576	0,7189	0,108	0,6032	0,003666	0,0046	0,00146	1	57,30
2356	24	57	55	96	110	0	0	0	0	0	0	0,00072	0,0068	0,003	0,0381	1	1	1	1	1	1	77,77
<b>média</b>		43	37	59,3	47,25	11,75	17	7,25	13,75	47,5	13											
<b>desvio</b>		12,03	13,29	30,7	43,061	8,73212	22,4054	8,38153	16,5	56,199051	25											
<b>K</b>		<b>55,5</b>	<b>50,8</b>	<b>91</b>	<b>92,033</b>	<b>20,831</b>	<b>40,302</b>	<b>15,967</b>	<b>30,91</b>	<b>105,947</b>	<b>39</b>											
2456	25	46	44	42	31	31	45	147	50	0	0	0,00237	0,2018	0,056	0,0483	0,027	0,0598	0,484714	0,0709	1	1	54,33
2556	26	37	50	67	30	21	28	15	6	8	19	0,05514	0,14	0,047	0,06	0,189	0,0509	0,683792	0,8316	0,54456	0,010216	51,11
2656	27	45	33	22	17	27	17	27	95	50	0	0,00481	0,3445	0,36	0,3273	0,075	0,2808	0,473964	0,1554	0,40687	1	58,55
2756	28	38	26	23	46	40	25	16	18	18	21	0,04585	0,455	0,339	0,0249	0,006	0,0953	0,664841	0,5415	0,1684	0,047079	48,86
2856	29	45	44	35	23	12	10	7	6	6	11	0,00481	0,2018	0,133	0,1773	0,458	0,5234	0,84498	0,8316	0,64554	0,131432	62,86
2956	30	28	27	27	28	31	24	25	50	0	0	0,17179	0,4383	0,26	0,0872	0,027	0,1131	0,506272	0,0709	1	1	60,66
3056	31	48	114	50	0	0	0	0	0	0	0	5,4E-05	0,1823	0,008	1	1	1	1	1	1	1	84,80
<b>média</b>		41	48,29	38	25	23,1429	21,2857	33,8571	32,1429	11,714286	7,3											
<b>desvio</b>		7,071	30,39	16,4	14,1657	13,4589	14,3028	50,7754	34,6142	18,089723	9,6											
<b>K</b>		<b>48,4</b>	<b>79,9</b>	<b>55</b>	<b>39,732</b>	<b>37,14</b>	<b>36,161</b>	<b>86,664</b>	<b>68,142</b>	<b>30,5276</b>	<b>17</b>											

APÊNDICE 4 - Continuação

Ponto característico e Erro - DPL (0,4 m)										
Distância	Ensaio	Resposta do Pavimento				ERRO				%
		0,1	0,2	0,3	0,4	0,1	0,2	0,3	0,4	
0	1	95	86	56	50	0,0386	0,0964	0,088	0,0026	23,74
100	2	116	67	52	37	0,00036	0,2142	0,12	0,0888	32,54
200	3	119	99	46	23	4,2E-05	0,0425	0,178	0,3177	36,69
300	4	116	89	18	15	0,00036	0,082	0,599	0,5118	54,61
400	5	59	93	81	79	0,25097	0,0647	3E-04	0,2487	37,57
500	6	88	133	50	0	0,06538	0,0044	0,138	1	54,96
633	7	98	100	0	0	0,02928	0,0393	1	1	71,91
733	8	82	130	100	0	0,0939	0,0018	0,066	1	53,88
833	9	41	27	20	21	0,42669	0,6139	0,561	0,3619	70,06
<b>média</b>		90,44	91,56	47	25					
<b>devio</b>		26,72	31,88	31,3	26,65					
<b>K</b>		<b>118</b>	<b>125</b>	<b>80</b>	<b>52,7</b>					
933	10	30	28	33	80	0,05499	0,3176	0,123	0,1137	39,03
1033	11	35	26	41	33	0,01143	0,3537	0,037	0,2011	38,84
1133	12	45	29	23	19	0,02198	0,3003	0,3	0,4657	52,14
1240	13	31	100	29	24	0,04368	0,312	0,184	0,3586	47,40
1342	14	21	68	64	68	0,21544	0,0036	0,067	0,0187	27,61
1451	15	20	12	14	18	0,23978	0,6609	0,525	0,4888	69,18
1551	16	34	24	15	13	0,01754	0,3918	0,497	0,6126	61,62
1651	17	33	21	21	59	0,02495	0,4525	0,344	0,0002	45,33
1751	18	41	50	50	0	0,00213	0,0487	3E-04	1	51,26
1851	19	21	19	11	3	0,21544	0,4954	0,614	0,9022	74,62
1951	20	27	31	54	38	0,09675	0,2671	0,004	0,1331	35,39
<b>média</b>		30,73	37,09	32,3	32,27					
<b>devio</b>		8,137	26,03	17,8	26,5					
<b>K</b>		<b>39,2</b>	<b>64,2</b>	<b>51</b>	<b>59,8</b>					
2056	21	41	39	66	39	0,0366	0,1995	0,004	0,1418	30,89
2156	22	28	28	53	26	0,20045	0,3633	0,061	0,3415	49,14
2256	23	46	26	22	14	0,00859	0,3983	0,472	0,6025	60,86
2356	24	57	55	96	110	0,01545	0,0483	0,134	0,5752	43,95
2456	25	46	44	42	31	0,00859	0,1412	0,162	0,2545	37,63
2556	26	37	50	67	30	0,07301	0,0845	0,002	0,2708	32,81
2656	27	45	33	22	17	0,01264	0,2828	0,472	0,5303	56,96
2756	28	38	26	23	46	0,06274	0,3983	0,453	0,07	49,59
2856	29	45	44	35	23	0,01264	0,1412	0,252	0,3998	44,88
2956	30	28	27	27	28	0,20045	0,3806	0,379	0,3051	56,25
3056	31	48	114	50	0	0,00283	0,3812	0,083	1	60,57
<b>média</b>		41,73	44,18	45,7	33,09					
<b>devio</b>		8,627	25,29	23,6	28,33					
<b>K</b>		<b>50,7</b>	<b>70,5</b>	<b>70</b>	<b>62,6</b>					


## APÊNDICE 4 - Continuação

Seções Homôgeneas - Carga em Placa									
Ensaio	Resposta do Pavimento (2)	0	Distância (1)	Intervalo da distância acumulativa (3)	Média do intervalo da resposta (4)	Intervalo atual da area (5)	Area acumulativa (6)	Valor Zx (7)	
	EV2				EV2	EV2	EV2		
Ponto	1	157,19	0	0	0	157,1905196	0	0	
	2	57,45	100	100	100	107,3193346	10731,93346	2607,792879	
	3	142,62	100	200	200	100,0362036	10003,62036	4487,272663	
	4	49,31	100	300	300	95,96583063	9596,583063	30332,13689	5959,715145
	5	61,52	100	400	400	55,41339639	5541,339639	35873,47653	3376,914204
	6	123,65	100	500	500	92,58228439	9258,228439	45131,70497	4511,002062
	7	108,37	133	633	633	116,0074859	15428,99563	60560,7006	9134,89072
	8	132,39	100	733	733	120,3791097	12037,91097	72598,61157	13048,66111
	9	56,33	100	833	833	94,35722086	9435,722086	82034,33365	14360,24262
	10	68,73	100	933	933	62,52959216	6252,959216	88287,29287	12489,06125
	11	68,40	100	1033	1033	68,56452231	6856,452231	95143,7451	11221,3729
	12	51,48	100	1133	1133	59,93937696	5993,937696	101137,6828	9091,170017
	13	65,39	107	1240	1240	58,43739535	6252,801302	107390,4841	6651,140898
	14	63,02	102	1342	1342	64,20513311	6548,923577	113939,4077	4913,441083
	15	69,19	109	1451	1451	66,10322983	7205,252052	121144,6597	3263,379901
	16	51,14	100	1551	1551	60,16234337	6016,234337	127160,8941	1155,473658
	17	68,04	100	1651	1651	59,58999805	5958,999805	133119,8939	-1009,667118
	18	65,66	100	1751	1751	66,85029523	6685,029523	139804,9234	-2448,778176
	19	37,26	100	1851	1851	51,45615475	5145,615475	144950,5389	-5427,303282
	20	68,73	100	1951	1951	52,99415161	5299,415161	150249,954	-8252,028702
	21	101,78	105	2056	2056	85,25422566	8951,693695	159201,6477	-7830,682617
	22	65,79	100	2156	2156	83,78510599	8378,510599	167580,1583	-7576,312599
	23	63,15	100	2256	2256	64,47008903	6447,008903	174027,1672	-9253,444277
	24	125,31	100	2356	2356	94,22898483	9422,898483	183450,0657	-7954,686375
	25	95,97	100	2456	2456	110,6433673	11064,33673	194514,4024	-5014,490222
	26	119,64	100	2556	2556	107,8048579	10780,48579	205294,8882	-2358,145014
	27	95,10	100	2656	2656	107,3682816	10736,82816	216031,7164	254,5425693
	28	86,36	100	2756	2756	90,73047647	9073,047647	225104,764	1203,449635
	29	72,36	100	2856	2856	79,3606159	7936,06159	233040,8256	1015,370645
	30	66,35	100	2956	2956	69,35645811	6935,645811	239976,4714	-173,1241246
	31	99,59	100	3056	3056	82,97264705	8297,264705	248273,7361	0

APÊNDICE 4 - Continuação

Ponto característico e Erro - Carga em Placa				
Intervalo da distância acumulativa	Ensaio	Resposta do Pavimento	Erro	%
		EV2		
0	1	157,19052	0,009748204	9,87
100	2	57,4481496	0,358139935	59,84
200	3	142,624258	9,50191E-06	0,31
300	4	49,3074036	0,429483969	65,54
400	5	61,5193892	0,324889418	57,00
500	6	123,64518	0,018426108	13,57
633	7	108,369792	0,058813509	24,25
733	8	132,388427	0,005569503	7,46
833	9	56,3260147	0,36758933	60,63
<b>média</b>		98,7576815		
<b>desvio</b>		42,6034396		
<b>K</b>		<b>143,06526</b>		
933	10	68,7331697	0,05733887	23,95
1033	11	68,3958749	0,059140202	24,32
1133	12	51,482879	0,185186377	43,03
1240	13	65,3919117	0,076411869	27,64
1342	14	63,0183545	0,091621719	30,27
1451	15	69,1881052	0,054953402	23,44
1551	16	51,1365816	0,188498995	43,42
1651	17	68,0434145	0,061052294	24,71
1751	18	65,6571759	0,07479775	27,35
1851	19	37,2551335	0,345468142	58,78
1951	20	68,7331697	0,05733887	23,95
2056	21	101,775282	0,015916707	12,62
2156	22	65,7949303	0,07396632	27,20
2256	23	63,1452477	0,090773677	30,13
2356	24	125,312722	0,14946525	38,66
<b>média</b>		68,8709301		
<b>desvio</b>		20,6756601		
<b>K</b>		<b>90,373617</b>		
2456	25	95,9740127	0,014925625	12,22
2556	26	119,635703	0,008883433	9,43
2656	27	95,1008602	0,016940791	13,02
2756	28	86,3600927	0,044143909	21,01
2856	29	72,3611391	0,114342999	33,81
2956	30	66,3517771	0,154536453	39,31
3056	31	99,593517	0,007932496	8,91
<b>média</b>		90,7681574		
<b>desvio</b>		17,8489234		
<b>K</b>		<b>109,33104</b>		

## 5.5. APÊNDICE 5 - Análise granulométrica


 <b>INSTITUTO POLITÉCNICO DE BRAGANÇA</b> Escola Superior de Tecnologia e Gestão	<b>Ensaio CBR</b>	
	<b>Ensaio n.º</b>	1 (1)
	<b>Data:</b>	11/06/2018

Massa total da amostra: (g)	<b>mt=</b>	3137,60
Massa retida na peneira de 2.00 mm (nº10) (g)	<b>m10=</b>	1875,80
Massa passada na peneira de 2.00 mm (nº10) (g)	<b>m' 10=</b>	1261,80

Fração retida na peneira de 2,00 mm (nº10)				
Peneira	Massa retida (g)	% Retida	% Acumulada retida	% Acumulada que passa
<b>76.1 - ( 3´ )</b>	0,00	0,00	0,00	100,00
<b>50.8 - ( 2´ )</b>	0,00	0,00	0,00	100,00
<b>38,10- ( 11/2 )</b>	298,80	9,52	9,52	90,48
<b>25,4 - ( 1´ )</b>	238,70	7,61	17,13	82,87
<b>19 - (3/4)</b>	120,50	3,84	20,97	79,03
<b>9,51 - (3/8)</b>	258,80	8,25	29,22	70,78
<b>4.76 - (n4)</b>	401,50	12,80	42,02	57,98
<b>2 - (n10)</b>	557,50	17,77	59,78	40,22
<b>&lt; 2,00 - (n10)</b>	20,90	0,67		
<b>TOTAL</b>	1896,70	60,45		

Fração passada na peneira de 2,00 mm (nº10)				
Massa da amostra a ensaiar, ma=		145,10	% de finos	40,22
Peneira	Massa retida (g)	% Retida (total)	% Acumulada retida	% total acumulada que passa
<b>20</b>	40,50	11,22	71,01	28,99
<b>40</b>	29,80	8,26	79,27	20,73
<b>60</b>	17,60	4,88	84,15	15,85
<b>140</b>	22,70	6,29	90,44	9,56
<b>200</b>	7,10	1,97	92,41	7,59
<b>&lt; 200</b>	27,40	7,59	100,00	
<b>TOTAL</b>	145,10			

## APÊNDICE 5 - Continuação


	<b>Ensaio CBR</b>	
	<b>Ensaio n.º</b>	3 (1)
	<b>Data:</b>	08/06/2018

Massa total da amostra: (g)	<b>mt=</b>	1718,30
Massa retida na peneira de 2.00 mm (nº10) (g)	<b>m10=</b>	646,90
Massa passada na peneira de 2.00 mm (nº10) (g)	<b>m' 10=</b>	1071,40

Fração retida na peneira de 2,00 mm (nº10)				
Peneiros	Massa retida (g)	% Retida	% Acumulada retida	% Acumulada que passa
76.1 - ( 3 )	0,00	0,00	0,00	100,00
50.8 - ( 2 )	0,00	0,00	0,00	100,00
38,10 - ( 11/2 )	0,00	0,00	0,00	100,00
25,4 - ( 1 )	0,00	0,00	0,00	100,00
19 - (3/4)	21,20	1,23	1,23	98,77
9,51 - (3/8)	55,90	3,25	4,49	95,51
4,76 - (n4)	154,30	8,98	13,47	86,53
2 - (n10)	415,50	24,18	37,65	62,35
< 2,00 - (n10)	38,40	2,23		
<b>TOTAL</b>	685,30	39,88		

Fração passada na peneira de 2,00 mm (nº10)				
Massa da amostra a ensaiar, ma=	121,70	% de finos	62,35	
Peneiros	Massa retida (g)	% Retida (total)	% Acumulada retida	% total acumulada que passa
20	36,80	18,85	56,50	43,50
40	26,80	13,73	70,23	29,77
60	14,90	7,63	77,87	22,13
140	18,30	9,38	87,24	12,76
200	5,60	2,87	90,11	9,89
< 200	19,30	9,89	100,00	
<b>TOTAL</b>	121,70			

## APÊNDICE 5 - Continuação


 <b>INSTITUTO POLITÉCNICO DE BRAGANÇA</b> Escola Superior de Tecnologia e Gestão	<b>Ensaio CBR</b>	
	<b>Ensaio n.º</b>	14 (1)
	<b>Data:</b>	14/06/2018

Massa total da amostra: (g)	<b>mt=</b>	2058,50
Massa retida na peneira de 2.00 mm (nº10) (g)	<b>m10=</b>	893,10
Massa passada na peneira de 2.00 mm (nº10) (g)	<b>m' 10=</b>	1165,40

Fração retida na peneira de 2,00 mm (nº10)				
Peneiros	Massa retida (g)	% Retida	% Acumulada retida	% Acumulada que passa
76.1 - ( 3´)	0,00	0,00	0,00	100,00
50.8 - ( 2´)	222,00	10,78	10,78	89,22
38,10 - ( 11/2´)	0,00	0,00	10,78	89,22
25,4 - ( 1´)	172,30	8,37	19,15	80,85
19 - (3/4)	97,90	4,76	23,91	76,09
9,51 - (3/8)	59,40	2,89	26,80	73,20
4.76 - (n4)	74,20	3,60	30,40	69,60
2 - (n10)	267,30	12,99	43,39	56,61
< 2,00 - (n10)	23,10	1,12		
<b>TOTAL</b>	916,20	44,51		

Fração passada na peneira de 2,00 mm (nº10)				
Massa da amostra a ensaiar, ma=	98,00	% de finos	56,61	
Peneiros	Massa retida (g)	% Retida (total)	% Acumulada retida	% total acumulada que passa
20	24,10	13,92	57,31	42,69
40	21,60	12,48	69,79	30,21
60	12,00	6,93	76,72	23,28
140	14,40	8,32	85,04	14,96
200	4,40	2,54	87,58	12,42
< 200	21,50	12,42	100,00	
<b>TOTAL</b>	98,00			

## APÊNDICE 5 - Continuação


 <b>INSTITUTO POLITÉCNICO DE BRAGANÇA</b> Escola Superior de Tecnologia e Gestão	<b>Ensaio CBR</b>	
	<b>Ensaio n.º</b>	21 (1)
	<b>Data:</b>	18/06/2018

Massa total da amostra: (g)	<b>mt=</b>	1570,90
Massa retida na peneira de 2.00 mm (nº10) (g)	<b>m10=</b>	581,30
Massa passada na peneira de 2.00 mm (nº10) (g)	<b>m' 10=</b>	989,60

Fração retida na peneira de 2,00 mm (nº10)				
Peneiros	Massa retida (g)	% Retida	% Acumulada retida	% Acumulada que passa
76.1 - ( 3 )	0,00	0,00	0,00	100,00
50.8 - ( 2 )	0,00	0,00	0,00	100,00
38,10 - ( 11/2 )	0,00	0,00	0,00	100,00
25,4 - ( 1 )	63,30	4,03	4,03	95,97
19 - (3/4)	29,80	1,90	5,93	94,07
9,51 - (3/8)	45,70	2,91	8,84	91,16
4,76 - (n4)	125,00	7,96	16,79	83,21
2 - (n10)	317,50	20,21	37,00	63,00
< 2,00 - (n10)	13,30	0,85		
<b>TOTAL</b>	594,60	37,85		

Fração passada na peneira de 2,00 mm (nº10)				
Massa da amostra a ensaiar, ma=	104,60	% de finos	63,00	
Peneiros	Massa retida (g)	% Retida (total)	% Acumulada retida	% total acumulada que passa
20	25,50	15,36	52,36	47,64
40	18,10	10,90	63,26	36,74
60	12,50	7,53	70,79	29,21
140	17,50	10,54	81,33	18,67
200	4,80	2,89	84,22	15,78
< 200	26,20	15,78	100,00	
<b>TOTAL</b>	104,60			

## APÊNDICE 5 - Continuação


 <b>INSTITUTO POLITÉCNICO DE BRAGANÇA</b> Escola Superior de Tecnologia e Gestão	<b>Ensaio CBR</b>	
	<b>Ensaio n.º</b>	31 (1)
	<b>Data:</b>	21/06/2018

Massa total da amostra: (g)	<b>mt=</b>	1631,20
Massa retida na peneira de 2.00 mm (nº10) (g)	<b>m10=</b>	680,60
Massa passada na peneira de 2.00 mm (nº10) (g)	<b>m' 10=</b>	950,60

Fração retida na peneira de 2,00 mm (nº10)				
Peneiros	Massa retida (g)	% Retida	% Acumulada retida	% Acumulada que passa
76.1 - ( 3´)	0,00	0,00	0,00	100,00
50.8 - ( 2´)	0,00	0,00	0,00	100,00
38,10 - ( 11/2´)	0,00	0,00	0,00	100,00
25,4 - ( 1´)	32,60	2,00	2,00	98,00
19 - (3/4)	29,00	1,78	3,78	96,22
9,51 - (3/8)	80,50	4,94	8,71	91,29
4,76 - (n4)	179,50	11,00	19,72	80,28
2 - (n10)	359,00	22,01	41,72	58,28
< 2,00 - (n10)	5,00	0,31		
<b>TOTAL</b>	685,60	42,03		

Fração passada na peneira de 2,00 mm (nº10)				
Massa da amostra a ensaiar, ma=	115,70	% de finos	58,28	
Peneiros	Massa retida (g)	% Retida (total)	% Acumulada retida	% total acumulada que passa
20	25,70	12,94	54,67	45,33
40	20,50	10,33	64,99	35,01
60	15,00	7,56	72,55	27,45
140	21,10	10,63	83,18	16,82
200	6,50	3,27	86,45	13,55
< 200	26,90	13,55	100,00	
<b>TOTAL</b>	115,70			

## APÊNDICE 5 - Continuação


 <b>INSTITUTO POLITÉCNICO DE BRAGANÇA</b> Escola Superior de Tecnologia e Gestão	<b>Ensaio CBR</b>	
	<b>Ensaio n.º</b>	1 (2)
	<b>Data:</b>	25/06/2018

Massa total da amostra: (g)	<b>mt=</b>	3653,50
Massa retida na peneira de 2.00 mm (nº10) (g)	<b>m10=</b>	2275,80
Massa passada na peneira de 2.00 mm (nº10) (g)	<b>m' 10=</b>	1377,70

Fração retida na peneira de 2,00 mm (nº10)				
Peneiros	Massa retida (g)	% Retida	% Acumulada retida	% Acumulada que passa
76.1 - ( 3´)	697,70	19,10	19,10	80,90
50.8 - ( 2´)	314,00	8,59	27,69	72,31
38,10 - ( 11/2´)	83,70	2,29	29,98	70,02
25,4 - ( 1´)	184,70	5,06	35,04	64,96
19 - (3/4)	27,70	0,76	35,80	64,20
9,51 - (3/8)	101,50	2,78	38,57	61,43
4,76 - (n4)	283,50	7,76	46,33	53,67
2 - (n10)	583,00	15,96	62,29	37,71
< 2,00 - (n10)	15,60	0,43		
<b>TOTAL</b>	2291,40	62,72		

Fração passada na peneira de 2,00 mm (nº10)				
Massa da amostra a ensaiar, ma=	129,70	% de finos	37,71	
Peneiros	Massa retida (g)	% Retida (total)	% Acumulada retida	% total acumulada que passa
20	35,80	10,41	72,70	27,30
40	23,60	6,86	79,56	20,44
60	15,00	4,36	83,92	16,08
140	20,80	6,05	89,97	10,03
200	6,30	1,83	91,80	8,20
< 200	28,20	8,20	100,00	
<b>TOTAL</b>	129,70			

## APÊNDICE 5 - Continuação


 <b>IPB</b> <small>INSTITUTO POLITÉCNICO DE BRAGANÇA</small> <small>Escola Superior de Tecnologia e Gestão</small>	<b>Ensaio CBR</b>	
	<b>Ensaio n.º</b>	3 (2)
	<b>Data:</b>	28/06/2018

Massa total da amostra: (g)	<b>mt=</b>	1385,30
Massa retida na peneira de 2.00 mm (nº10) (g)	<b>m10=</b>	548,00
Massa passada na peneira de 2.00 mm (nº10) (g)	<b>m' 10=</b>	837,30

Fração retida na peneira de 2,00 mm (nº10)				
Peneiros	Massa retida (g)	% Retida	% Acumulada retida	% Acumulada que passa
76.1 - ( 3´)	0,00	0,00	0,00	100,00
50.8 - ( 2´)	0,00	0,00	0,00	100,00
38,10 - ( 11/2´)	0,00	0,00	0,00	100,00
25,4 - ( 1´)	0,00	0,00	0,00	100,00
19 - (3/4)	0,00	0,00	0,00	100,00
9,51 - (3/8)	10,20	0,74	0,74	99,26
4,76 - (n4)	121,80	8,79	9,53	90,47
2 - (n10)	416,00	30,03	39,56	60,44
< 2,00 - (n10)	21,70	1,57		
<b>TOTAL</b>	569,70	41,12		

Fração passada na peneira de 2,00 mm (nº10)				
Massa da amostra a ensaiar, ma=	102,60	% de finos	60,44	
Peneiros	Massa retida (g)	% Retida (total)	% Acumulada retida	% total acumulada que passa
20	32,60	19,20	58,76	41,24
40	20,50	12,08	70,84	29,16
60	11,90	7,01	77,85	22,15
140	15,00	8,84	86,69	13,31
200	4,30	2,53	89,22	10,78
< 200	18,30	10,78	100,00	
<b>TOTAL</b>	102,60			

## APÊNDICE 5 - Continuação


 <b>INSTITUTO POLITÉCNICO DE BRAGANÇA</b> Escola Superior de Tecnologia e Gestão	<b>Ensaio CBR</b>	
	<b>Ensaio n.º</b>	14 (2)
	<b>Data:</b>	02/07/2018

Massa total da amostra: (g)	<b>mt=</b>	2188,00
Massa retida na peneira de 2.00 mm (nº10) (g)	<b>m10=</b>	1130,80
Massa passada na peneira de 2.00 mm (nº10) (g)	<b>m' 10=</b>	1057,20

Fração retida na peneira de 2,00 mm (nº10)				
Peneiros	Massa retida (g)	% Retida	% Acumulada retida	% Acumulada que passa
76.1 - ( 3´)	0,00	0,00	0,00	100,00
50.8 - ( 2´)	395,00	18,05	18,05	81,95
38,10 - ( 11/2´)	64,70	2,96	21,01	78,99
25,4 - ( 1´)	100,10	4,57	25,59	74,41
19 - (3/4)	12,80	0,59	26,17	73,83
9,51 - (3/8)	39,70	1,81	27,98	72,02
4,76 - (n4)	148,50	6,79	34,77	65,23
2 - (n10)	370,00	16,91	51,68	48,32
< 2,00 - (n10)	50,60	2,31		
<b>TOTAL</b>	1181,40	53,99		

Fração passada na peneira de 2,00 mm (nº10)				
Massa da amostra a ensaiar, ma=	90,70	% de finos	48,32	
Peneiros	Massa retida (g)	% Retida (total)	% Acumulada retida	% total acumulada que passa
20	19,70	10,49	62,18	37,82
40	19,80	10,55	72,72	27,28
60	11,90	6,34	79,06	20,94
140	26,40	14,06	93,13	6,87
200	4,30	2,29	95,42	4,58
< 200	8,60	4,58	100,00	
<b>TOTAL</b>	90,70			

## APÊNDICE 5 - Continuação


 <b>INSTITUTO POLITÉCNICO DE BRAGANÇA</b> Escola Superior de Tecnologia e Gestão	<b>Ensaio CBR</b>	
	<b>Ensaio n.º</b>	21 (2)
	<b>Data:</b>	05/07/2018

Massa total da amostra: (g)	<b>mt=</b>	3625,90
Massa retida na peneira de 2.00 mm (nº10) (g)	<b>m10=</b>	2636,60
Massa passada na peneira de 2.00 mm (nº10) (g)	<b>m' 10=</b>	989,30

Fração retida na peneira de 2,00 mm (nº10)				
Peneiros	Massa retida (g)	% Retida	% Acumulada retida	% Acumulada que passa
76.1 - ( 3´)	0,00	0,00	0,00	100,00
50.8 - ( 2´)	1073,60	29,61	29,61	70,39
38,10 - ( 11/2´)	382,50	10,55	40,16	59,84
25,4 - ( 1´)	178,60	4,93	45,08	54,92
19 - (3/4)	103,80	2,86	47,95	52,05
9,51 - (3/8)	207,00	5,71	53,66	46,34
4,76 - (n4)	325,80	8,99	62,64	37,36
2 - (n10)	365,30	10,07	72,72	27,28
< 2,00 - (n10)	9,20	0,25		
<b>TOTAL</b>	2645,80	72,97		

Fração passada na peneira de 2,00 mm (nº10)			
Massa da amostra a ensaiar, ma=	102,30	% de finos	27,28
Peneiros	Massa retida (g)	% Retida (total)	% total acumulada que passa
20	20,50	5,47	78,18
40	17,50	4,67	82,85
60	12,30	3,28	86,13
140	16,50	4,40	90,53
200	5,40	1,44	91,97
< 200	30,10	8,03	100,00
<b>TOTAL</b>	102,30		

## APÊNDICE 5 - Continuação


 <b>INSTITUTO POLITÉCNICO DE BRAGANÇA</b> Escola Superior de Tecnologia e Gestão	<b>Ensaio CBR</b>	
	<b>Ensaio n.º</b>	31 (2)
	<b>Data:</b>	09/07/2018

Massa total da amostra: (g)	<b>mt=</b>	3538,30
Massa retida na peneira de 2.00 mm (nº10) (g)	<b>m10=</b>	2443,10
Massa passada na peneira de 2.00 mm (nº10) (g)	<b>m' 10=</b>	1095,20

Fração retida na peneira de 2,00 mm (nº10)				
Peneiros	Massa retida (g)	% Retida	% Acumulada retida	% Acumulada que passa
<b>76.1 - ( 3 )</b>	0,00	0,00	0,00	100,00
<b>50.8 - ( 2 )</b>	490,80	13,87	13,87	86,13
<b>38,10 - ( 11/2 )</b>	306,20	8,65	22,52	77,48
<b>25,4 - ( 1 )</b>	154,80	4,37	26,90	73,10
<b>19 - (3/4)</b>	206,20	5,83	32,73	67,27
<b>9,51 - (3/8)</b>	352,40	9,96	42,69	57,31
<b>4,76 - (n4)</b>	447,70	12,65	55,34	44,66
<b>2 - (n10)</b>	485,00	13,71	69,05	30,95
<b>&lt; 2,00 - (n10)</b>	18,50	0,52		
<b>TOTAL</b>	2461,60	69,57		

Fração passada na peneira de 2,00 mm (nº10)				
Massa da amostra a ensaiar, ma=		148,80	% de finos	30,95
Peneiros	Massa retida (g)	% Retida (total)	% Acumulada retida	% total acumulada que passa
<b>20</b>	36,80	7,65	76,70	23,30
<b>40</b>	24,20	5,03	81,74	18,26
<b>60</b>	17,80	3,70	85,44	14,56
<b>140</b>	26,60	5,53	90,97	9,03
<b>200</b>	8,20	1,71	92,68	7,32
<b>&lt; 200</b>	35,20	7,32	100,00	
<b>TOTAL</b>	148,80			

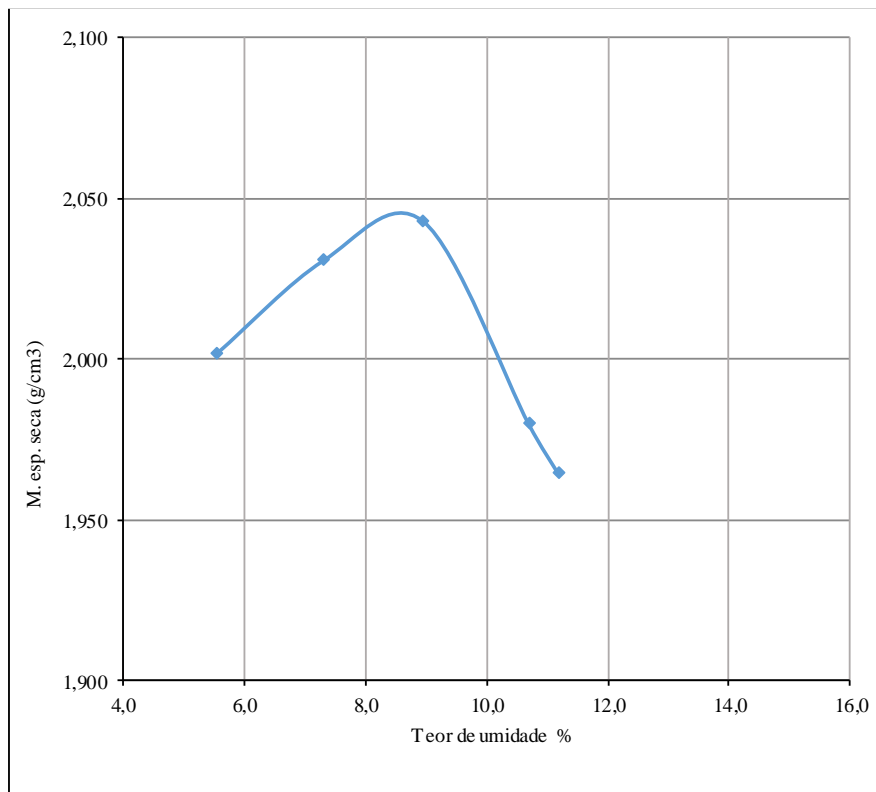
## 5.6. APÊNDICE 6 - Ensaio de Proctor

 <b>INSTITUTO POLITÉCNICO DE BRAGANÇA</b> Escola Superior de Tecnologia e Gestão	<b>Ensaio PROCTOR</b>			
	<b>Ensaio:</b>	1 (1)	<b>Data:</b>	11/06/2018
	<b>Página:</b>	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)	9235	9374	9472	9401	9385
Peso solo húmido (gr)	4413	4552	4650	4579	4563
Volume do molde (cm <sup>3</sup> )	2089	2089	2089	2089	2089
M. esp. úmida (0,001 gr/cm <sup>3</sup> )	2,11	2,18	2,23	2,19	2,18

Número do recipiente	4	1	25	3	11
Peso do recipiente (0,1gr)	172,01	162,61	172,60	161,50	159,90
Peso recip. e solo um. (0,1gr)	724,00	570,80	851,10	861,00	771,40
Peso recip. e solo seco (0,1gr)	695,00	543,00	795,30	793,40	709,90
Peso da água (0,1gr)	29,00	27,80	55,80	67,60	61,50
Peso do solo seco (0,1gr)	522,99	380,39	622,70	631,90	550,00
Teor em água (0,1 %)	5,5	7,3	9,0	10,7	11,2
M. esp. seca (0,001 gr/cm <sup>3</sup> )	2,002	2,031	2,043	1,980	1,965

M. esp. seca máxima (g <sub>smax.</sub> )	2,040	(0,01g/cm <sup>3</sup> )
Teor de umidade ótimo (W <sub>opt</sub> )	9,2	(0,1%)



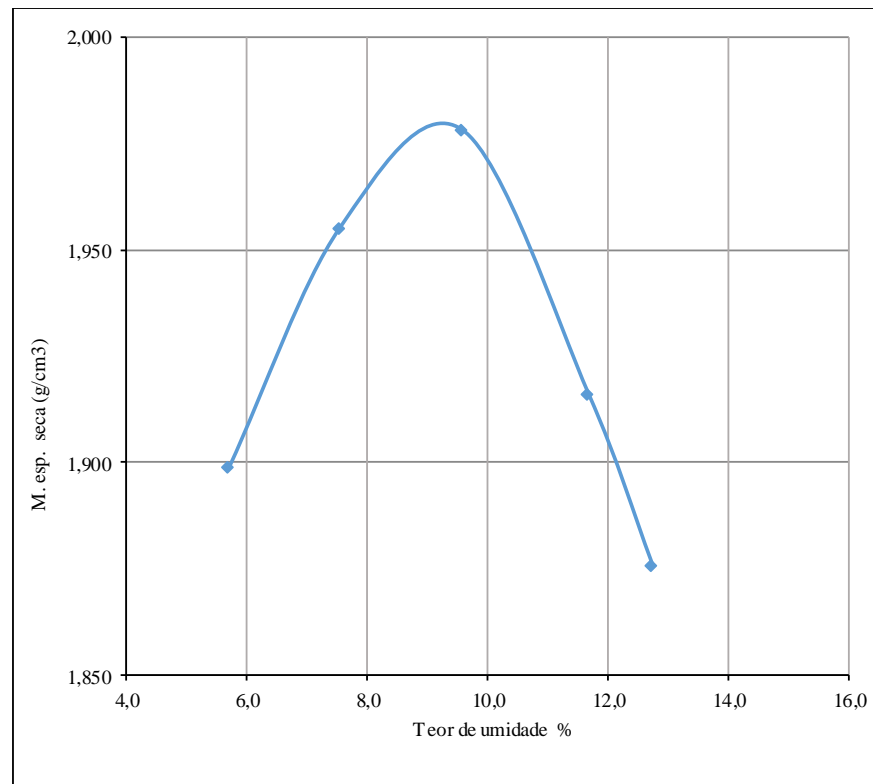
## APÊNDICE 6 - Continuação

 <b>INSTITUTO POLITÉCNICO DE BRAGANÇA</b> Escola Superior de Tecnologia e Gestão	<b>Ensaio PROCTOR</b>			
	<b>Ensaio:</b>	3 (1)	<b>Data:</b>	08/06/2018
	<b>Página:</b>	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)	9015	9214	9350	9292	9240
Peso solo húmido (gr)	4193	4392	4528	4470	4418
Volume do molde (cm <sup>3</sup> )	2089	2089	2089	2089	2089
M. esp. úmida (0,001 gr/cm <sup>3</sup> )	2,01	2,10	2,17	2,14	2,11

Número do recipiente	2	25	3	1	11
Peso do recipiente (0,1gr)	160,24	172,60	161,50	162,61	159,90
Peso recip. e solo um. (0,1gr)	577,20	577,70	746,50	819,60	771,40
Peso recip. e solo seco (0,1gr)	554,70	549,30	695,40	750,90	702,30
Peso da água (0,1gr)	22,50	28,40	51,10	68,70	69,10
Peso do solo seco (0,1gr)	394,46	376,70	533,90	588,29	542,40
Teor em água (0,1 %)	5,7	7,5	9,6	11,7	12,7
M. esp. seca (0,001 gr/cm <sup>3</sup> )	1,899	1,955	1,978	1,916	1,876

M. esp. seca máxima (g <sub>max</sub> .)	1,980	(0,01g/cm <sup>3</sup> )
Teor de umidade ótimo (W <sub>opt</sub> )	9,7	(0,1%)



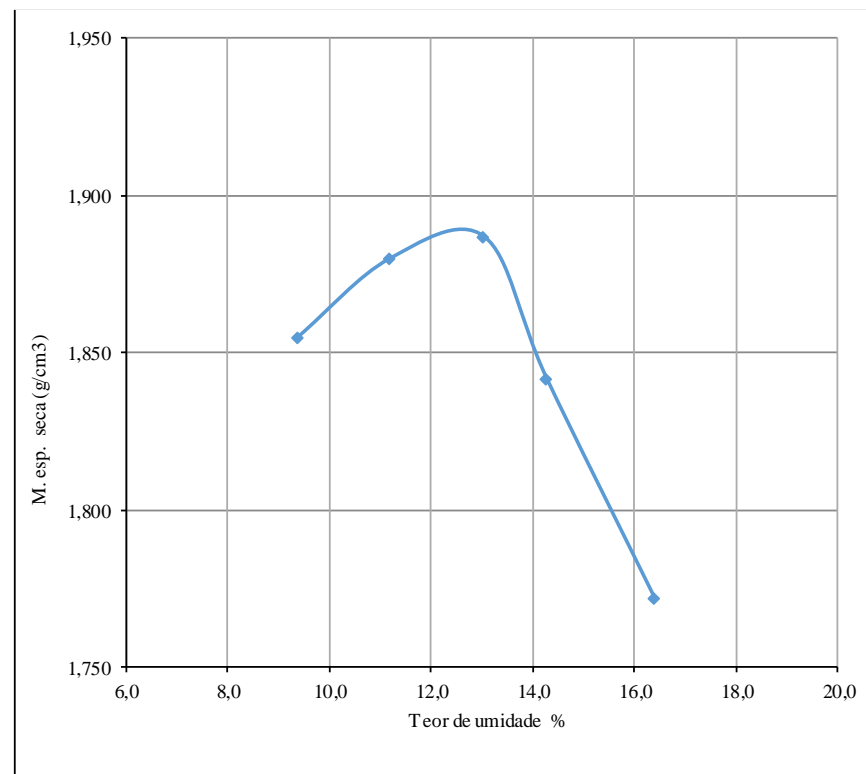
## APÊNDICE 6 - Continuação

 <b>INSTITUTO POLITÉCNICO DE BRAGANÇA</b> Escola Superior de Tecnologia e Gestão	<b>Ensaio PROCTOR</b>			
	<b>Ensaio:</b>	14 (1)	<b>Data:</b>	14/06/2018
	<b>Página:</b>	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)	9060	9187	9277	9218	9130
Peso solo húmido (gr)	4238	4365	4455	4396	4308
Volume do molde (cm <sup>3</sup> )	2089	2089	2089	2089	2089
M. esp. úmida (0,001 gr/cm <sup>3</sup> )	2,03	2,09	2,13	2,10	2,06

Número do recipiente	1	6	15	7	2
Peso do recipiente (0,1gr)	161,52	161,38	168,93	160,98	160,24
Peso recip. e solo um. (0,1gr)	783,60	737,90	674,60	567,20	761,80
Peso recip. e solo seco (0,1gr)	730,30	680,00	616,30	516,50	677,10
Peso da água (0,1gr)	53,30	57,90	58,30	50,70	84,70
Peso do solo seco (0,1gr)	568,78	518,62	447,37	355,52	516,86
Teor em água (0,1 %)	9,4	11,2	13,0	14,3	16,4
M. esp. seca (0,001 gr/cm <sup>3</sup> )	1,855	1,880	1,887	1,842	1,772

M. esp. seca máxima (gsmax.)	1,890	(0,01g/cm <sup>3</sup> )
Teor de umidade ótimo (Wopt)	13,5	(0,1%)



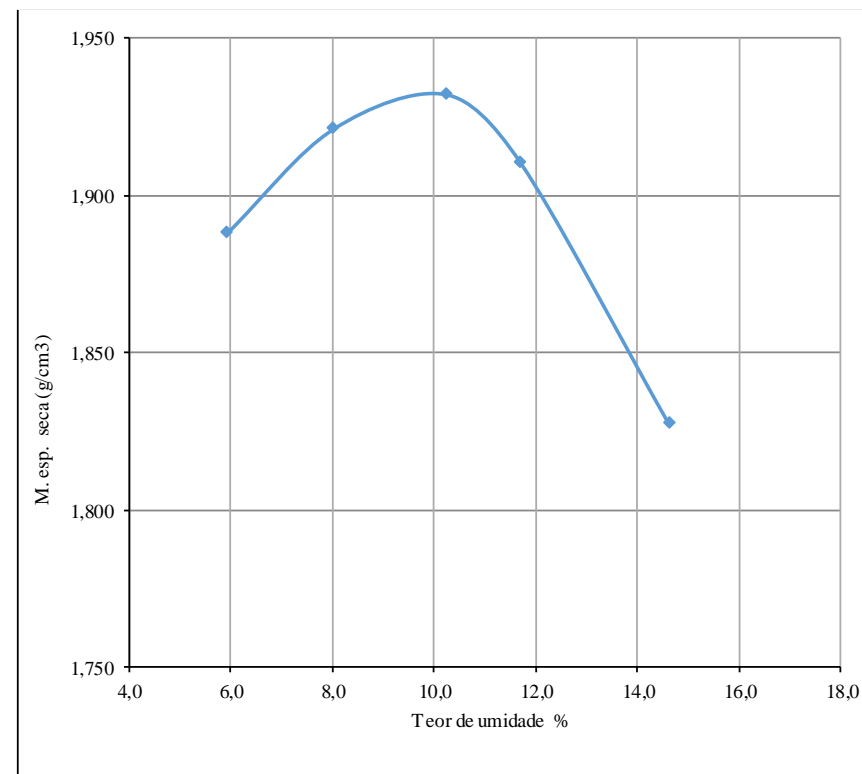
## APÊNDICE 6 - Continuação

 <b>INSTITUTO POLITÉCNICO DE BRAGANÇA</b> Escola Superior de Tecnologia e Gestão	<b>Ensaio PROCTOR</b>			
	<b>Ensaio:</b>	21 (1)	<b>Data:</b>	18/06/2018
	<b>Página:</b>	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)	9000	9157	9271	9280	9198
Peso solo húmido (gr)	4178	4335	4449	4458	4376
Volume do molde (cm <sup>3</sup> )	2089	2089	2089	2089	2089
M. esp. úmida (0,001 gr/cm <sup>3</sup> )	2,00	2,08	2,13	2,13	2,09

Número do recipiente	2	19	1	7	10
Peso do recipiente (0,1gr)	160,24	171,83	162,61	160,98	161,52
Peso recip. e solo um. (0,1gr)	703,70	589,70	589,70	546,80	607,10
Peso recip. e solo seco (0,1gr)	673,30	558,70	550,10	506,40	550,30
Peso da água (0,1gr)	30,40	31,00	39,60	40,40	56,80
Peso do solo seco (0,1gr)	513,06	386,87	387,49	345,42	388,78
Teor em água (0,1 %)	5,9	8,0	10,2	11,7	14,6
M. esp. seca (0,001 gr/cm <sup>3</sup> )	1,888	1,921	1,932	1,911	1,828

M. esp. seca máxima (gsmax.)	1,935	(0,01g/cm <sup>3</sup> )
Teor de umidade ótimo (Wopt)	10,5	.(0,1%)



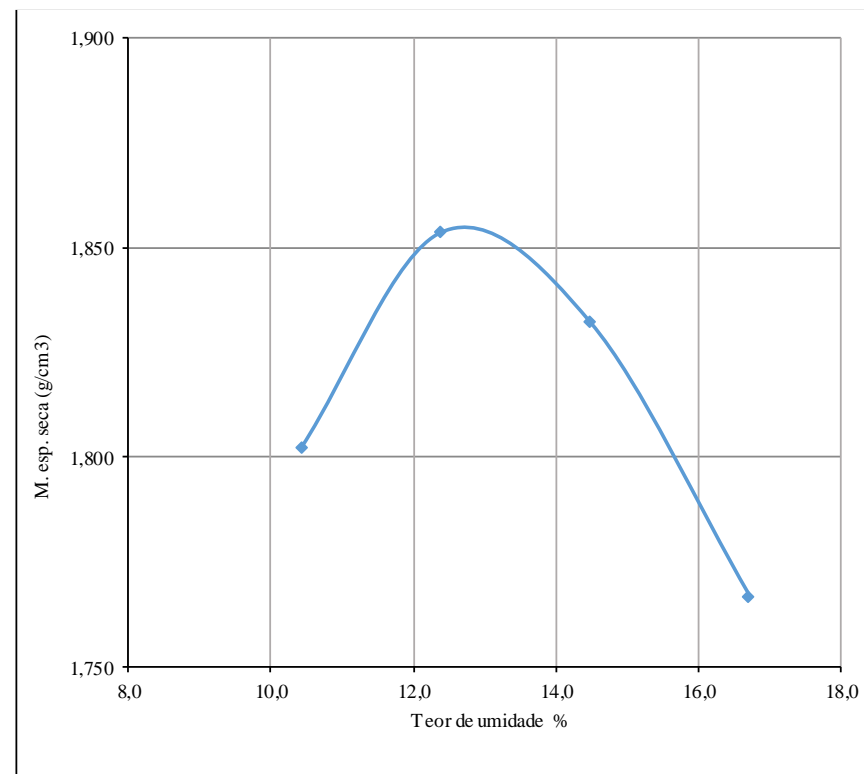
## APÊNDICE 6 - Continuação

 <b>INSTITUTO POLITÉCNICO DE BRAGANÇA</b> Escola Superior de Tecnologia e Gestão	<b>Ensaio PROCTOR</b>			
	<b>Ensaio:</b>	31 (1)	<b>Data:</b>	21/06/2018
	<b>Página:</b>	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)	8980	9175	9204	9130	-
Peso solo húmido (gr)	4158	4353	4382	4308	#VALOR!
Volume do molde (cm <sup>3</sup> )	2089	2089	2089	2089	2089
M. esp. úmida (0,001 gr/cm <sup>3</sup> )	1,99	2,08	2,10	2,06	#VALOR!

Número do recipiente	11	7	18	25	-
Peso do recipiente (0,1gr)	159,90	160,98	172,10	172,60	-
Peso recip. e solo um. (0,1gr)	489,10	664,00	664,40	649,30	-
Peso recip. e solo seco (0,1gr)	458,00	608,50	602,10	581,00	-
Peso da água (0,1gr)	31,10	55,50	62,30	68,30	#VALOR!
Peso do solo seco (0,1gr)	298,10	447,52	430,00	408,40	#VALOR!
Teor em água (0,1 %)	10,4	12,4	14,5	16,7	#VALOR!
M. esp. seca (0,001 gr/cm <sup>3</sup> )	1,802	1,854	1,832	1,767	#VALOR!

M. esp. seca máxima (gsmax.)	1,856	(0,01g/cm <sup>3</sup> )
Teor de umidade ótimo (Wopt)	13,0	.(0,1%)



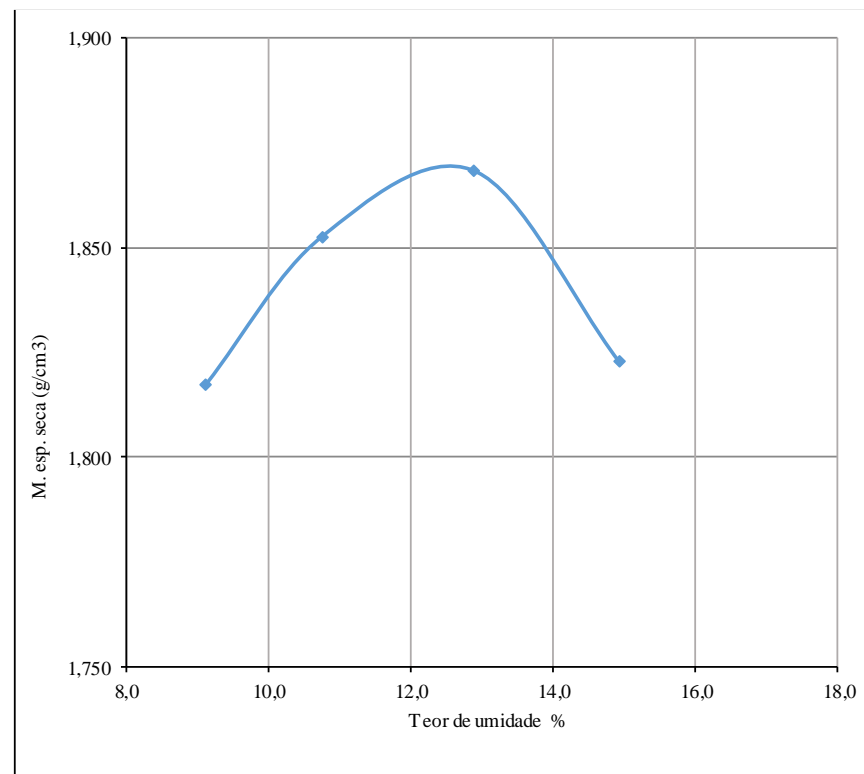
## APÊNDICE 6 - Continuação

 <b>INSTITUTO POLITÉCNICO DE BRAGANÇA</b> Escola Superior de Tecnologia e Gestão	<b>Ensaio PROCTOR</b>			
	<b>Ensaio:</b>	1 (2)	<b>Data:</b>	25/06/2018
	<b>Página:</b>	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)	8965	9108	9228	9198	9123
Peso solo húmido (gr)	4143	4286	4406	4376	4301
Volume do molde (cm <sup>3</sup> )	2089	2089	2089	2089	2089
M. esp. úmida (0,001 gr/cm <sup>3</sup> )	1,98	2,05	2,11	2,09	2,06

Número do recipiente	1	19	18	3	25
Peso do recipiente (0,1gr)	161,50	171,80	172,10	161,50	172,60
Peso recip. e solo um. (0,1gr)	511,80	605,50	578,40	594,30	587,30
Peso recip. e solo seco (0,1gr)	482,50	563,40	532,00	538,10	529,50
Peso da água (0,1gr)	29,30	42,10	46,40	56,20	57,80
Peso do solo seco (0,1gr)	321,00	391,60	359,90	376,60	356,90
Teor em água (0,1 %)	9,1	10,8	12,9	14,9	16,2
M. esp. seca (0,001 gr/cm <sup>3</sup> )	1,817	1,853	1,868	1,823	1,772

M. esp. seca máxima (gsmax.)	1,870	(0,01g/cm <sup>3</sup> )
Teor de umidade ótimo (Wopt)	13,0	(0,1%)



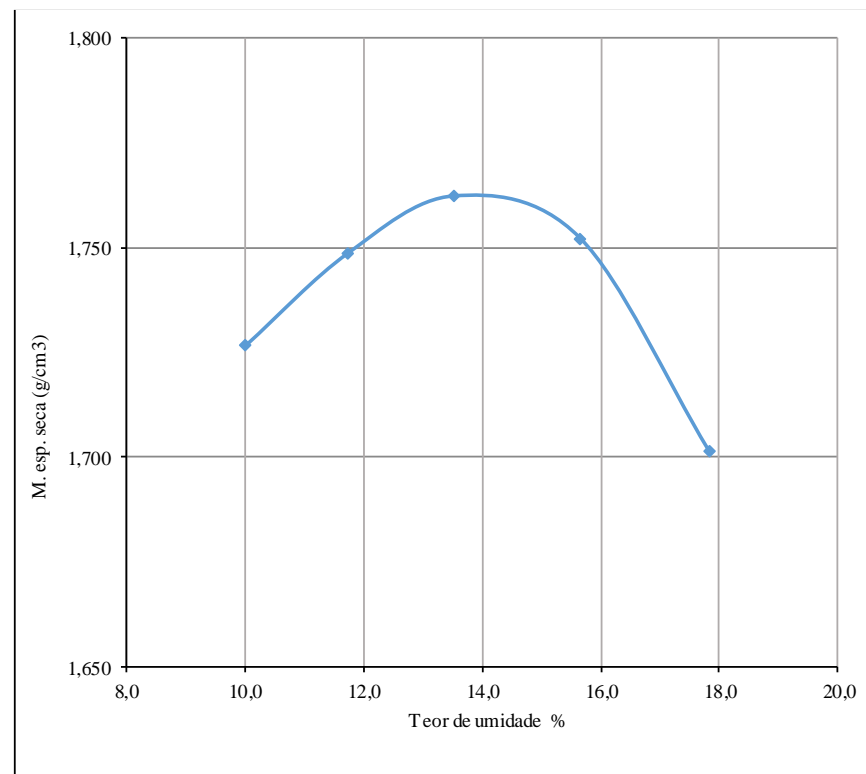
## APÊNDICE 6 - Continuação

 <b>INSTITUTO POLITÉCNICO DE BRAGANÇA</b> Escola Superior de Tecnologia e Gestão	<b>Ensaio PROCTOR</b>			
	<b>Ensaio:</b>	3 (2)	<b>Data:</b>	28/06/2018
	<b>Página:</b>	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)	8790	8903	9001	9055	9010
Peso solo húmido (gr)	3968	4081	4179	4233	4188
Volume do molde (cm <sup>3</sup> )	2089	2089	2089	2089	2089
M. esp. úmida (0,001 gr/cm <sup>3</sup> )	1,90	1,95	2,00	2,03	2,00

Número do recipiente	25	15	6	19	1
Peso do recipiente (0,1gr)	172,60	168,90	161,40	171,80	161,50
Peso recip. e solo um. (0,1gr)	746,00	585,10	507,20	822,30	751,20
Peso recip. e solo seco (0,1gr)	693,80	541,40	466,00	734,30	662,00
Peso da água (0,1gr)	52,20	43,70	41,20	88,00	89,20
Peso do solo seco (0,1gr)	521,20	372,50	304,60	562,50	500,50
Teor em água (0,1 %)	10,0	11,7	13,5	15,6	17,8
M. esp. seca (0,001 gr/cm <sup>3</sup> )	1,727	1,748	1,762	1,752	1,702

M. esp. seca máxima (gsmax.)	1,770	(0,01g/cm <sup>3</sup> )
Teor de umidade ótimo (Wopt)	14,0	(0,1%)



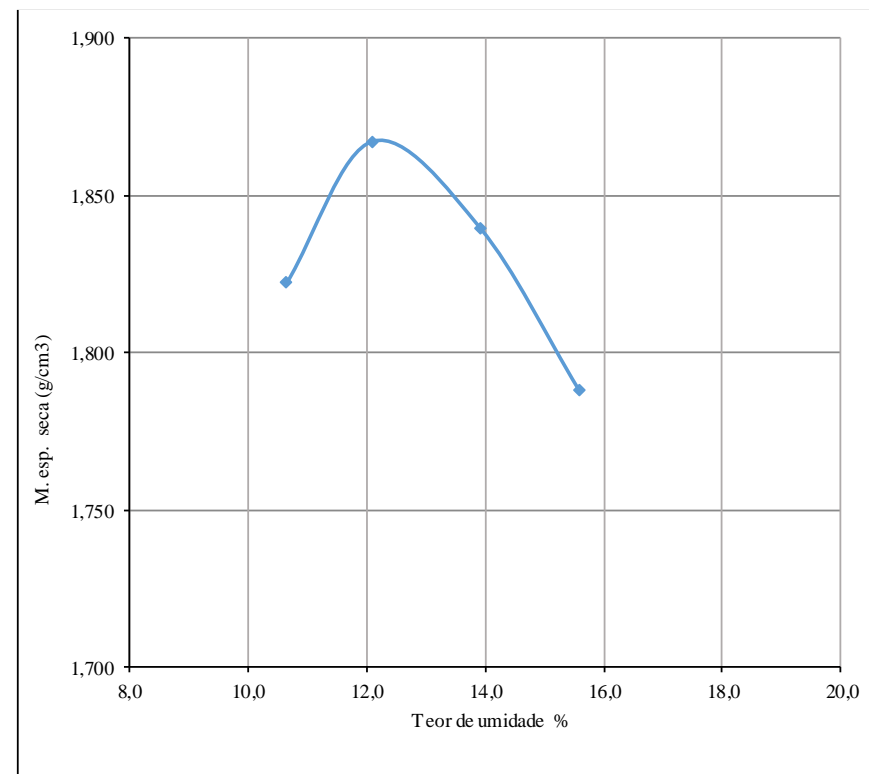
## APÊNDICE 6 - Continuação

 <b>INSTITUTO POLITÉCNICO DE BRAGANÇA</b> Escola Superior de Tecnologia e Gestão	<b>Ensaio PROCTOR</b>			
	<b>Ensaio:</b>	14 (2)	<b>Data:</b>	02/07/2018
	<b>Página:</b>	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)	9034	9195	9200	9140	-
Peso solo húmido (gr)	4212	4373	4378	4318	#VALOR!
Volume do molde (cm <sup>3</sup> )	2089	2089	2089	2089	2089
M. esp. úmida (0,001 gr/cm <sup>3</sup> )	2,02	2,09	2,10	2,07	#VALOR!

Número do recipiente	25	3	20	1	-
Peso do recipiente (0,1gr)	172,60	161,50	162,60	162,60	-
Peso recip. e solo um. (0,1gr)	549,50	494,70	551,90	670,50	-
Peso recip. e solo seco (0,1gr)	513,20	458,70	504,30	602,00	-
Peso da água (0,1gr)	36,30	36,00	47,60	68,50	#VALOR!
Peso do solo seco (0,1gr)	340,60	297,20	341,70	439,40	#VALOR!
Teor em água (0,1 %)	10,7	12,1	13,9	15,6	#VALOR!
M. esp. seca (0,001 gr/cm <sup>3</sup> )	1,822	1,867	1,839	1,788	#VALOR!

M. esp. seca máxima (gsmax.)	1,870	(0,01g/cm <sup>3</sup> )
Teor de umidade ótimo (Wopt)	12,5	.(0,1%)



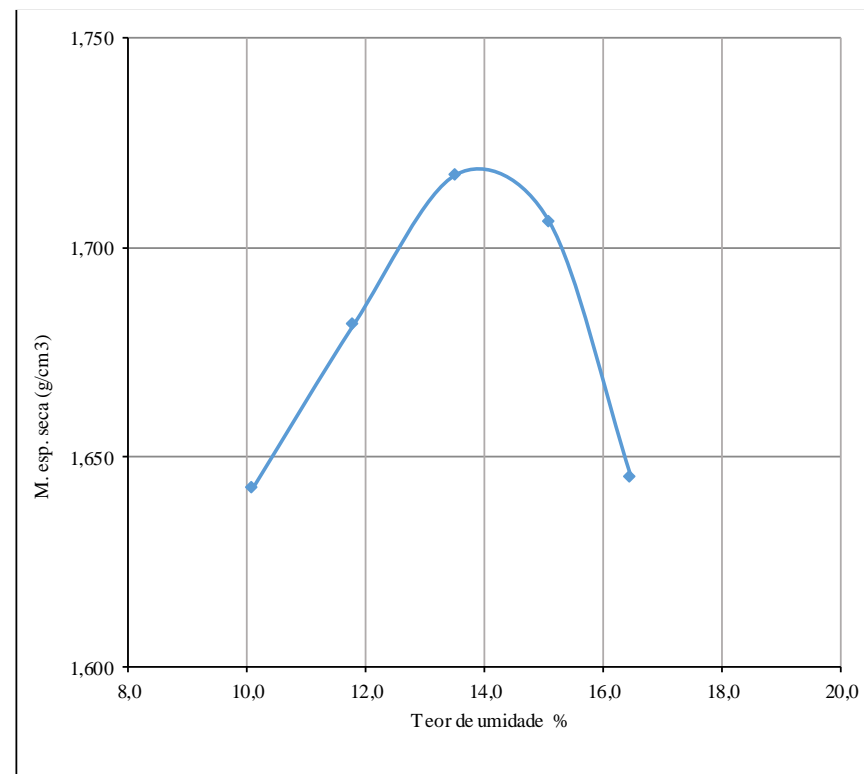
## APÊNDICE 6 - Continuação

	<b>Ensaio PROCTOR</b>			
	<b>Ensaio:</b>	21 (2)	<b>Data:</b>	05/07/2018
	<b>Página:</b>	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)	8600	8750	8895	8924	8825
Peso solo húmido (gr)	3778	3928	4073	4102	4003
Volume do molde (cm <sup>3</sup> )	2089	2089	2089	2089	2089
M. esp. úmida (0,001 gr/cm <sup>3</sup> )	1,81	1,88	1,95	1,96	1,92

Número do recipiente	11	3	4	20	25
Peso do recipiente (0,1gr)	159,90	161,50	172,01	162,67	172,60
Peso recip. e solo um. (0,1gr)	450,10	447,70	506,20	660,40	523,60
Peso recip. e solo seco (0,1gr)	423,50	417,50	466,40	595,20	474,00
Peso da água (0,1gr)	26,60	30,20	39,80	65,20	49,60
Peso do solo seco (0,1gr)	263,60	256,00	294,39	432,53	301,40
Teor em água (0,1 %)	10,1	11,8	13,5	15,1	16,5
M. esp. seca (0,001 gr/cm <sup>3</sup> )	1,643	1,682	1,718	1,706	1,645

M. esp. seca máxima (gsmax.)	1,720	(0,01g/cm <sup>3</sup> )
Teor de umidade ótimo (Wopt)	14,0	(0,1%)



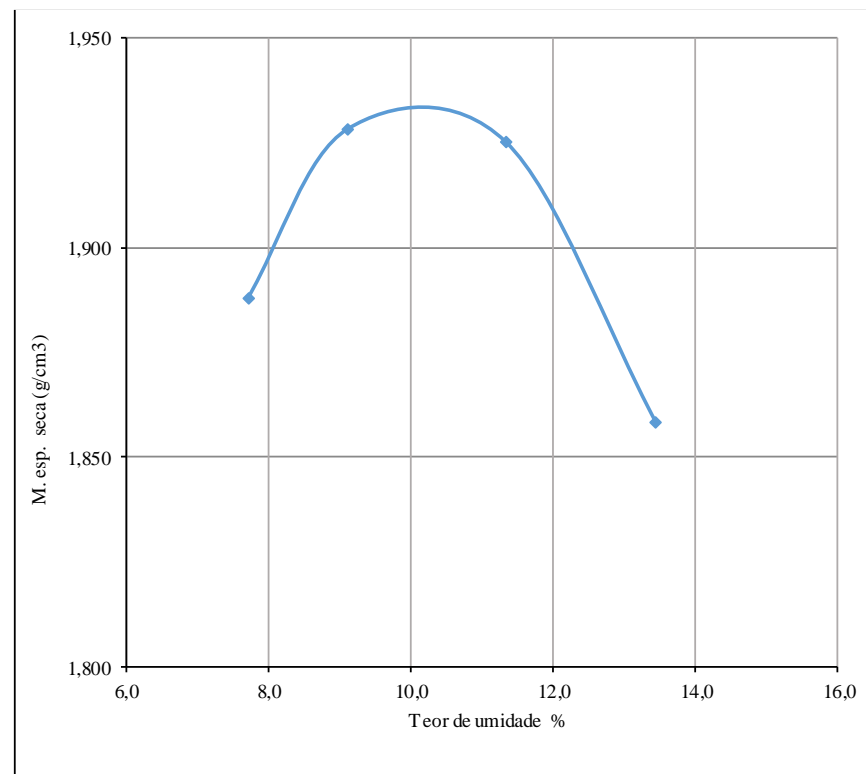
## APÊNDICE 6 - Continuação

	<b>Ensaio PROCTOR</b>			
	<b>Ensaio:</b>	31 (2)	<b>Data:</b>	09/07/2018
	<b>Página:</b>	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)	9070	9217	9300	9226	-
Peso solo húmido (gr)	4248	4395	4478	4404	#VALOR!
Volume do molde (cm <sup>3</sup> )	2089	2089	2089	2089	2089
M. esp. úmida (0,001 gr/cm <sup>3</sup> )	2,03	2,10	2,14	2,11	#VALOR!


Número do recipiente	1	2	4	20	-
Peso do recipiente (0,1gr)	162,61	160,24	172,01	162,67	-
Peso recip. e solo um. (0,1gr)	693,30	715,80	839,40	684,20	-
Peso recip. e solo seco (0,1gr)	655,30	669,40	771,50	622,40	-
Peso da água (0,1gr)	38,00	46,40	67,90	61,80	#VALOR!
Peso do solo seco (0,1gr)	492,69	509,16	599,49	459,73	#VALOR!
Teor em água (0,1 %)	7,7	9,1	11,3	13,4	#VALOR!
M. esp. seca (0,001 gr/cm <sup>3</sup> )	1,888	1,928	1,925	1,858	#VALOR!

M. esp. seca máxima (gsmax.)	1,930	(0,01g/cm <sup>3</sup> )
Teor de umidade ótimo (Wopt)	10,2	(0,1%)



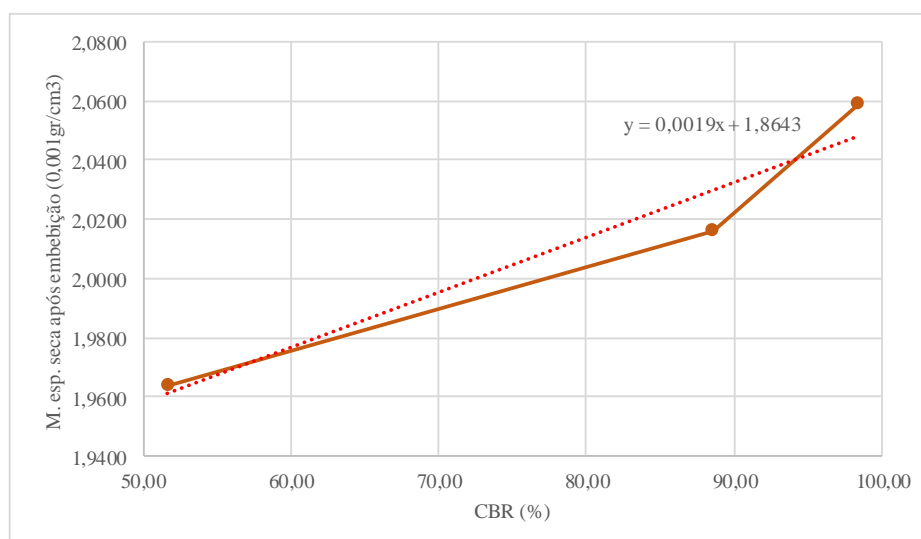
## 5.7. APÊNDICE 7 - Ensaio de CBR

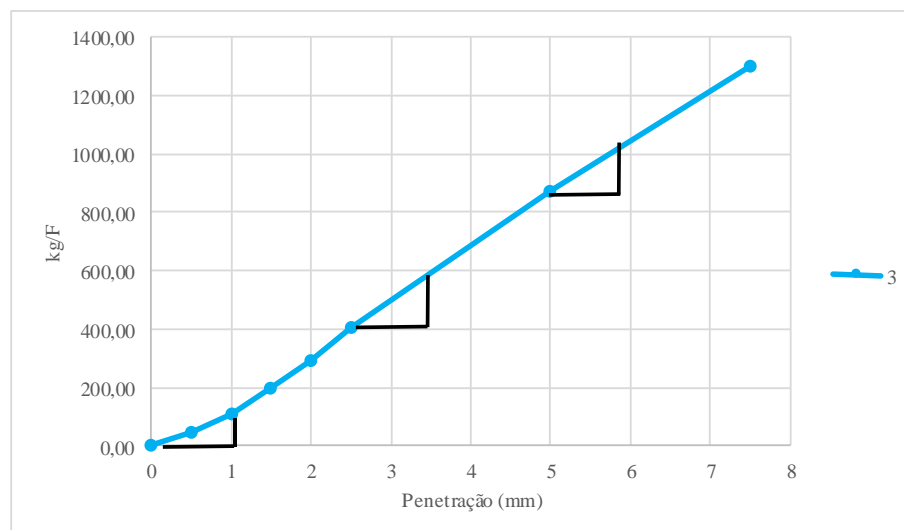
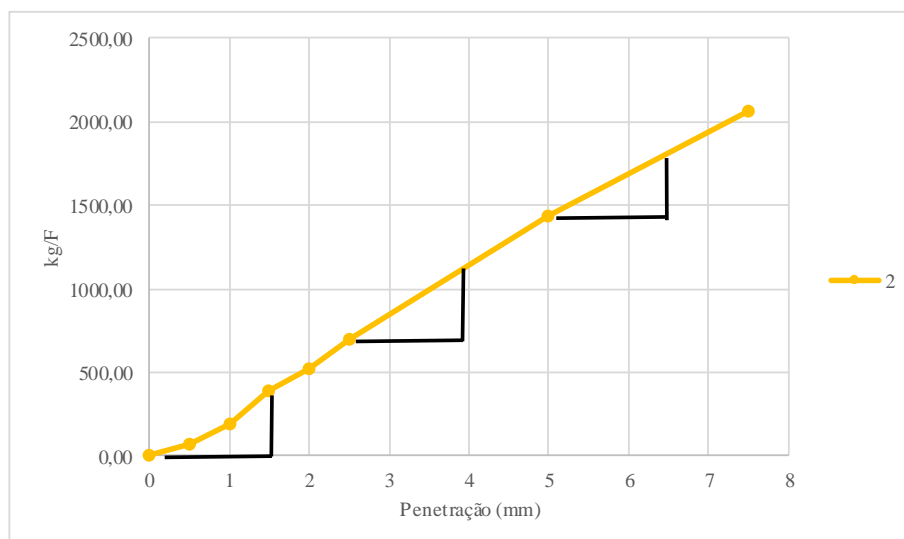
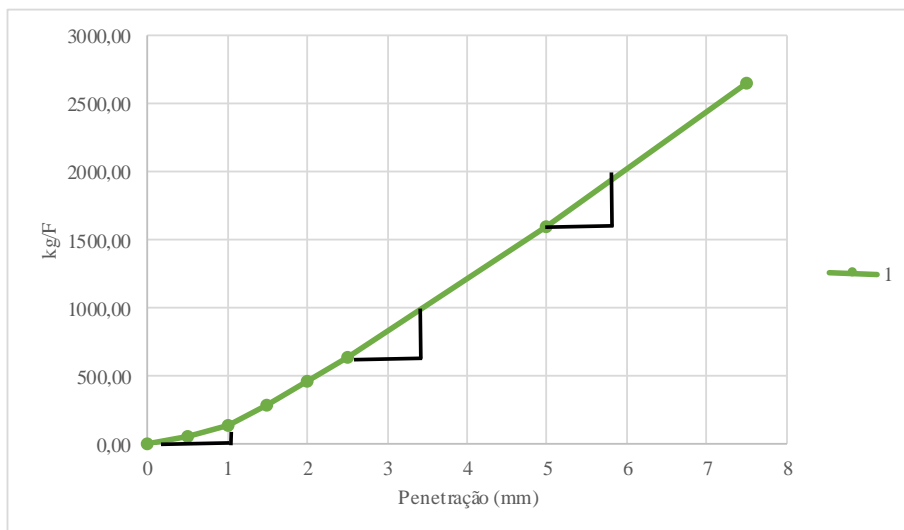
 <b>INSTITUTO POLITÉCNICO DE BRAGANÇA</b> Escola Superior de Tecnologia e Gestão	Ensaio CBR			
	Ensaio n.º	1 (1)	Data:	11/06/2018
	Página:	1 de 3		
		<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
Número de pancadas por camada		55	25	12
Altura do solo no cilindro (0,1cm)		11,45	11,45	11,45
Volume do solo (cm <sup>3</sup> )		2088	2088	2088
Peso do cilindro vazio (gr)		4822	4811	4949
Peso do cilindro com o solo (gr)		9462	9355	9378
Peso do solo (gr)		4640,3	4544,1	4429
Massa específica úmida (0,001 gr/cm <sup>3</sup> )		2,2219	2,1758	2,1207
Teor de umidade (0,1%)		8,8	8,7	8,7
Massa específica seca (0,001 gr/cm <sup>3</sup> )		2,042	2,002	1,951
Massa específica seca máx (0,001 gr/cm <sup>3</sup> )		2,040	2,040	2,040
Grau de Compactação (%)		100	98	96
Espessura 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)		0,005	0,008	0,020
Leitura no deflect. no 2.º dia (0,01 mm)		0,008	0,002	0,020
Leitura no deflect. no 3.º dia (0,01 mm)		0,010	0,005	0,020
Leitura no deflect. no 4.º dia (0,01 mm)		0,010	0,008	0,020
Expansão máxima (0,01 mm)		0,010	0,008	0,020
Expansão específica (0,1 %)		0,0873	0,0699	0,1747
Peso do cili. e solo após embeb. (gr)		9477	9390	9444
Peso da água absorvida (gr)		14,8	34,7	65,5
Peso do solo pós a embebição (gr)		4655,1	4578,8	4494,5
M. esp. umid. após embebição (0,001 gr/cm <sup>3</sup> )		2,229	2,192	2,152
Teor de úmida após embebição (0,1%)		8,2	8,7	9,6
M. esp. seca após embebição (0,001 gr/cm <sup>3</sup> )		2,059	2,016	1,964
Grau de Compactação (%)		101	99	96

 <b>INSTITUTO POLITÉCNICO DE BRAGANÇA</b> Escola Superior de Tecnologia e Gestão	<b>Ensaio CBR</b>			
	<b>Ensaio n.º</b> 1 (1)		<b>Data:</b> 11/06/2018	
	<b>Pág.</b>	2 de 3		


Teor de umidade						
Número do molde	1		2		3	
	H	H'	H	H'	H	H'
Número de cápsula	15	4	6	3	19	5
Peso da cápsula (0,01gr)	168,93	172,01	161,38	161,50	171,83	216,60
P.da cáps.e solo umid. (0,01gr)	608,70	700,90	587,20	762,60	645,00	1006,50
P.da cáps.e solo seco (0,01gr)	573,10	660,60	553,20	714,30	607,10	937,40
Peso da água ( 0,01gr )	35,60	40,30	34,00	48,30	37,90	69,10
Peso do solo seco (0,01gr)	404,17	488,59	391,82	552,80	435,27	720,80
Teor de umid. (%)	8,8	8,2	8,7	8,7	8,7	9,6


Penetração (mm)	1		2		3		Fz(kg)
	0,01 mm	kg/F	0,01 mm	kg/F	0,01 mm	kg/F	
0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-
0,5	0,05	61,20	0,06	73,44	0,04	48,96	<b>370</b>
1	0,12	146,88	0,16	195,84	0,09	110,16	<b>629</b>
1,5	0,24	292,74	0,32	390,66	0,16	195,84	<b>903</b>
2	0,38	464,10	0,43	525,30	0,24	292,74	<b>1129</b>
2,5	0,53	645,66	0,57	693,60	0,33	402,90	<b>1355</b>
5	1,32	1600,38	1,18	1431,06	0,72	874,14	<b>2033</b>
7,5	2,20	2647,92	1,70	2058,36	1,07	1297,44	<b>2575</b>
Correção 2,5mm	-	1000,00	-	1100,00	-	590,00	-
Correção 5mm	-	2000,00	-	1800,00	-	1050,00	-
CBR (2,5mm)	73,80		81,18		43,54		-
CBR (5mm)	98,38		88,54		51,65		-
CBR calc. (95%)	38,79						-





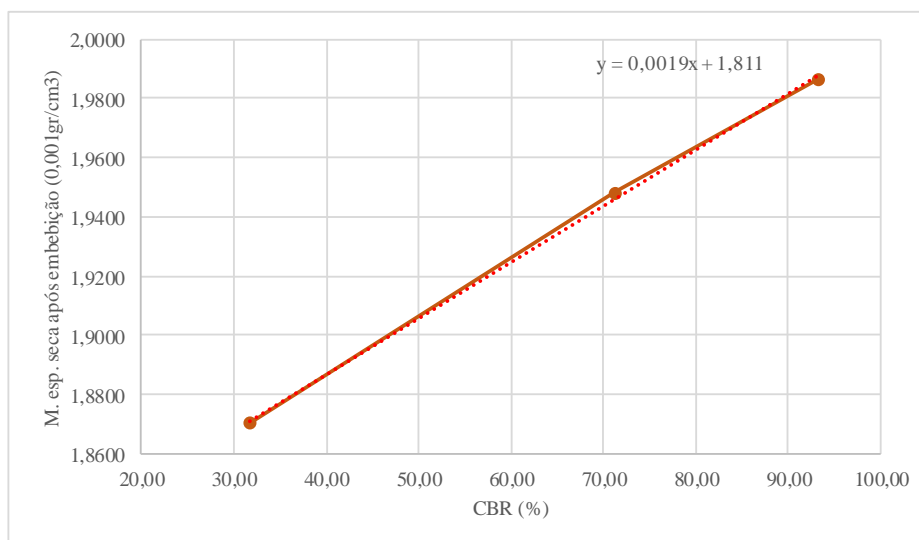
## APÊNDICE 7 - Continuação

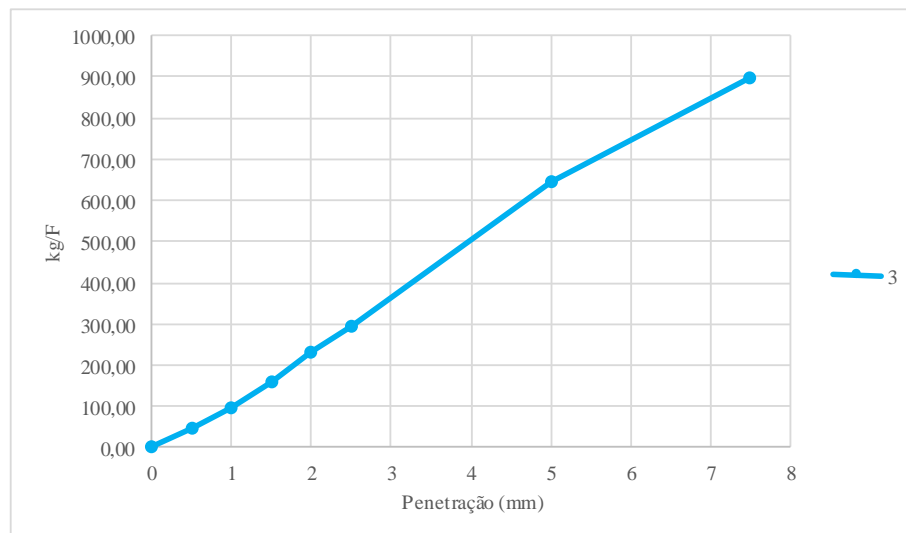
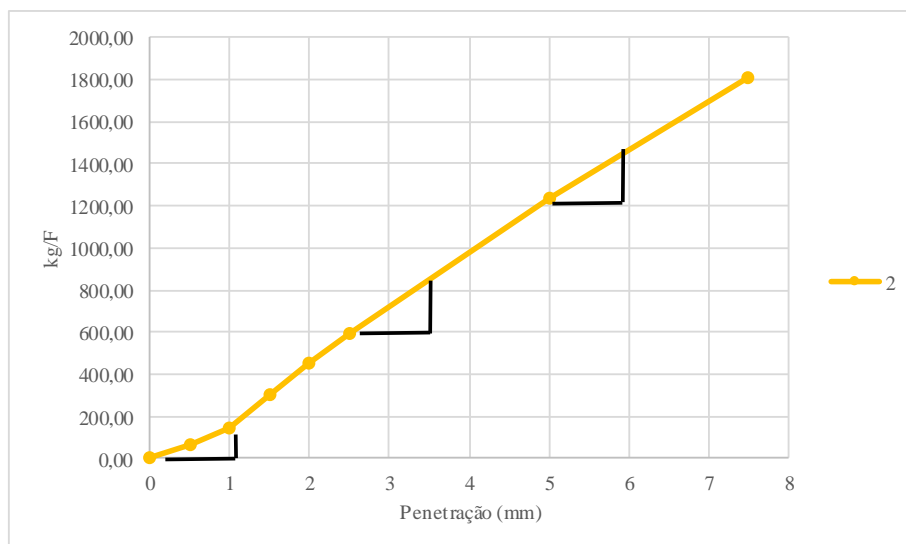
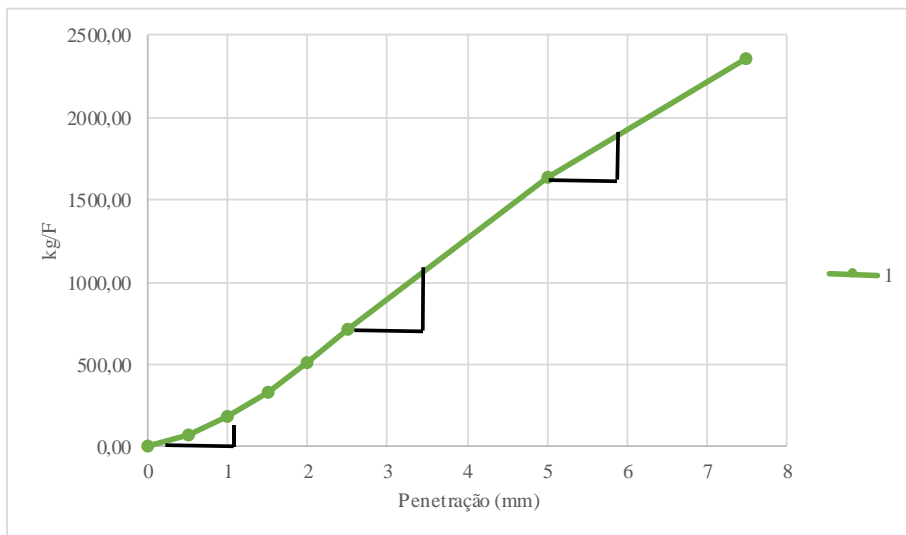
 <b>INSTITUTO POLITÉCNICO DE BRAGANÇA</b> Escola Superior de Tecnologia e Gestão	Ensaio CBR																																																										
	Ensaio n.º	3 (1)	Data:	08/06/2018																																																							
	Página:	1 de 3																																																									
	<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)	9355	9269	9232																																																								
Peso do solo (gr)	4533,1	4457,8	4282,9																																																								
Massa específica úmida (0,001 gr/cm <sup>3</sup> )	2,1705	2,1345	2,0507																																																								
Teor de umidade (0,1%)	9,6	9,7	9,8																																																								
Massa específica seca (0,001 gr/cm <sup>3</sup> )	1,980	1,946	1,868																																																								
Massa específica seca máx (0,001 gr/cm <sup>3</sup> )	1,980	1,980	1,980																																																								
Grau de Compactação (%)	100	98	94																																																								
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Espessura das placas de carga (cm)</th> <th>7,5</th> <th>7,5</th> <th>7,5</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Leitura no deflect. no 1.º dia (0,01 mm)</td> <td>0,022</td> <td>0,030</td> <td>0,030</td> </tr> <tr> <td>Leitura no deflect. no 2.º dia (0,01 mm)</td> <td>0,030</td> <td>0,032</td> <td>0,030</td> </tr> <tr> <td>Leitura no deflect. no 3.º dia (0,01 mm)</td> <td>0,030</td> <td>0,032</td> <td>0,030</td> </tr> <tr> <td>Leitura no deflect. no 4.º dia (0,01 mm)</td> <td>0,030</td> <td>0,032</td> <td>0,030</td> </tr> <tr> <td>Expansão máxima (0,01 mm)</td> <td>0,030</td> <td>0,032</td> <td>0,030</td> </tr> <tr> <td>Expansão específica (0,1 %)</td> <td>0,2620</td> <td>0,2795</td> <td>0,2620</td> </tr> <tr> <td>Peso do cili. e solo após embeb. (gr)</td> <td>9372</td> <td>9309</td> <td>9302</td> </tr> <tr> <td>Peso da água absorvida (gr)</td> <td>17</td> <td>40,3</td> <td>70,3</td> </tr> <tr> <td>Peso do solo pós a embebição (gr)</td> <td>4550,1</td> <td>4498,1</td> <td>4353,2</td> </tr> <tr> <td>M. esp. umid. após embebição (0,001gr/cm<sup>3</sup>)</td> <td>2,179</td> <td>2,154</td> <td>2,084</td> </tr> <tr> <td>Teor de úmida após embebição (0,1%)</td> <td>9,7</td> <td>10,5</td> <td>11,4</td> </tr> <tr> <td>M. esp. seca após embebição (0,001 gr/cm<sup>3</sup>)</td> <td>1,987</td> <td>1,948</td> <td>1,870</td> </tr> <tr> <td>Grau de Compactação (%)</td> <td>100</td> <td>98</td> <td>94</td> </tr> </tbody> </table>	Espessura das placas de carga (cm)	7,5	7,5	7,5	Leitura no deflect. no 1.º dia (0,01 mm)	0,022	0,030	0,030	Leitura no deflect. no 2.º dia (0,01 mm)	0,030	0,032	0,030	Leitura no deflect. no 3.º dia (0,01 mm)	0,030	0,032	0,030	Leitura no deflect. no 4.º dia (0,01 mm)	0,030	0,032	0,030	Expansão máxima (0,01 mm)	0,030	0,032	0,030	Expansão específica (0,1 %)	0,2620	0,2795	0,2620	Peso do cili. e solo após embeb. (gr)	9372	9309	9302	Peso da água absorvida (gr)	17	40,3	70,3	Peso do solo pós a embebição (gr)	4550,1	4498,1	4353,2	M. esp. umid. após embebição (0,001gr/cm <sup>3</sup> )	2,179	2,154	2,084	Teor de úmida após embebição (0,1%)	9,7	10,5	11,4	M. esp. seca após embebição (0,001 gr/cm <sup>3</sup> )	1,987	1,948	1,870	Grau 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)	0,022	0,030	0,030																																																								
Leitura no deflect. no 2.º dia (0,01 mm)	0,030	0,032	0,030																																																								
Leitura no deflect. no 3.º dia (0,01 mm)	0,030	0,032	0,030																																																								
Leitura no deflect. no 4.º dia (0,01 mm)	0,030	0,032	0,030																																																								
Expansão máxima (0,01 mm)	0,030	0,032	0,030																																																								
Expansão específica (0,1 %)	0,2620	0,2795	0,2620																																																								
Peso do cili. e solo após embeb. (gr)	9372	9309	9302																																																								
Peso da água absorvida (gr)	17	40,3	70,3																																																								
Peso do solo pós a embebição (gr)	4550,1	4498,1	4353,2																																																								
M. esp. umid. após embebição (0,001gr/cm <sup>3</sup> )	2,179	2,154	2,084																																																								
Teor de úmida após embebição (0,1%)	9,7	10,5	11,4																																																								
M. esp. seca após embebição (0,001 gr/cm <sup>3</sup> )	1,987	1,948	1,870																																																								
Grau de Compactação (%)	100	98	94																																																								

 <b>INSTITUTO POLITÉCNICO DE BRAGANÇA</b> Escola Superior de Tecnologia e Gestão	<b>Ensaio CBR</b>		
	Ensaio n.º		3 (1)
	Pág.	2 de 3	
		Data:	08/06/2018


Teor de umidade						
Número do molde	1		2		3	
	H	H'	H	H'	H	H'
Número de cápsula	20	3	18	25	11	4
Peso da cápsula (0,01gr)	162,57	161,50	172,10	172,60	159,90	172,01
P.da cáps.e solo umid. (0,01gr)	688,50	651,50	573,80	799,60	576,50	704,70
P.da cáps.e solo seco (0,01gr)	642,30	608,30	538,40	739,80	539,40	650,00
Peso da água ( 0,01gr )	46,20	43,20	35,40	59,80	37,10	54,70
Peso do solo seco (0,01gr)	479,73	446,80	366,30	567,20	379,50	477,99
Teor de umid. (%)	9,6	9,7	9,7	10,5	9,8	11,4


Penetração (mm)	1		2		3		Fz(kg)
	0,01 mm	kg/F	0,01 mm	kg/F	0,01 mm	kg/F	
0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0
0,5	0,06	73,44	0,05	61,20	0,04	48,96	370
1	0,15	183,60	0,12	146,88	0,08	97,92	629
1,5	0,27	329,46	0,25	304,98	0,13	159,12	903
2	0,42	513,06	0,37	451,86	0,19	232,56	1129
2,5	0,59	717,06	0,49	597,72	0,24	292,74	1355
5	1,35	1637,10	1,02	1236,24	0,53	645,66	2033
7,5	1,95	2353,14	1,49	1805,40	0,74	897,60	2575
Correção 2,5mm	-	1100,00	-	850,00	-	-	-
Correção 5mm	-	1900,00	-	1450,00	-	-	-
CBR (2,5mm)	81,18		62,73		21,60		-
CBR (5mm)	93,46		71,32		31,76		-
CBR calc. (95%)	36,84					-	





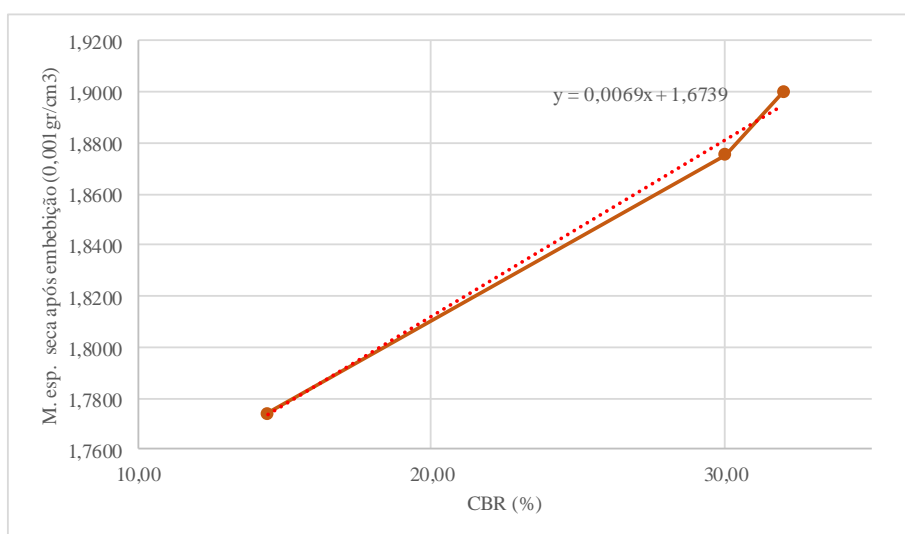
## APÊNDICE 7 - Continuação

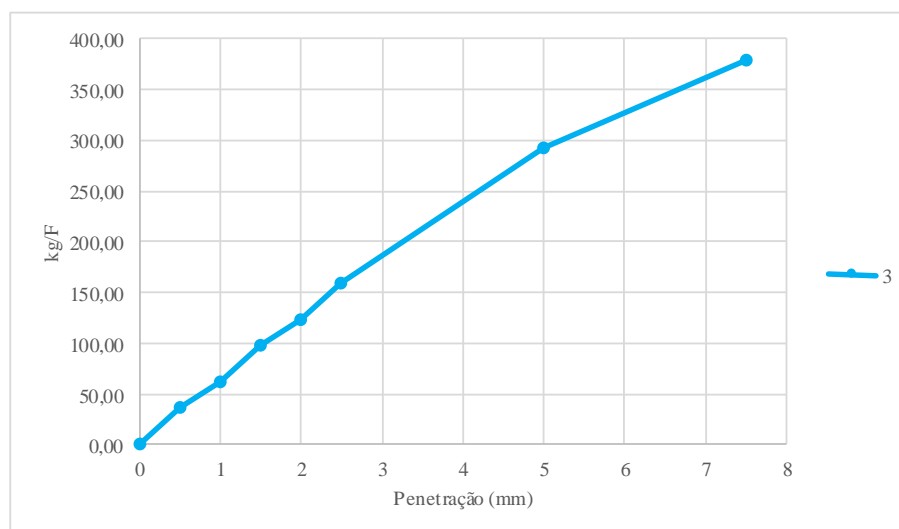
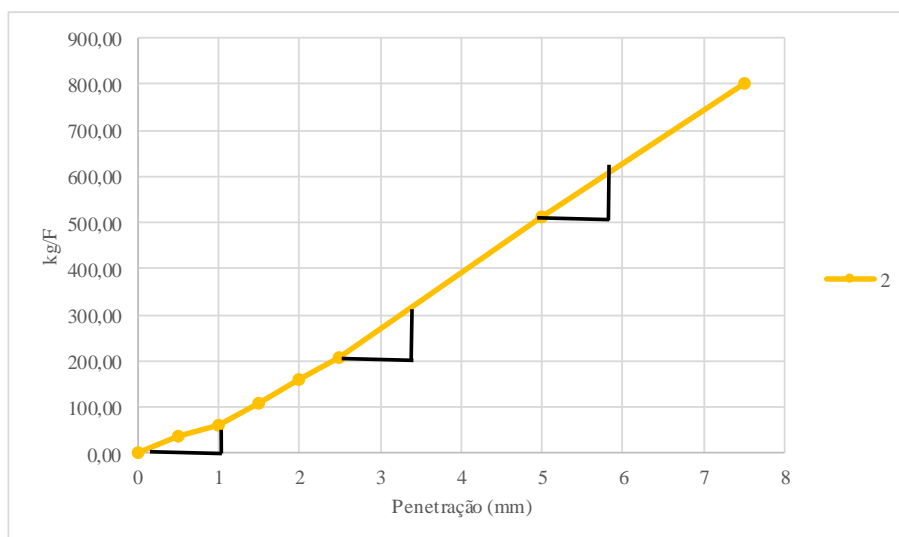
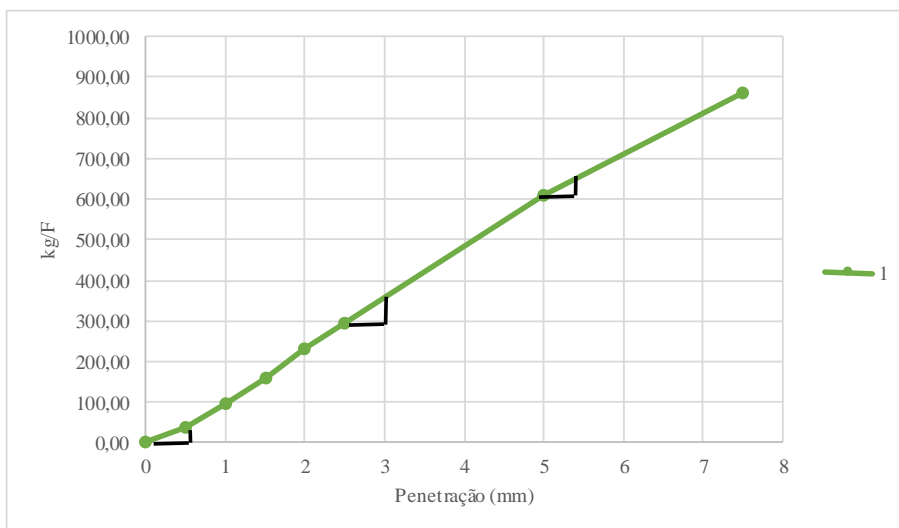
 <b>INSTITUTO POLITÉCNICO DE BRAGANÇA</b> Escola Superior de Tecnologia e Gestão	Ensaio CBR			
	Ensaio n.º	14 (1)	Data:	14/06/2018
	Página:	1 de 3		
	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	
Número de pancadas por camada	55	25	12	
Altura do solo no cilindro (0,1cm)	11,45	11,45	11,45	
Volume do solo (cm <sup>3</sup> )	2088	2088	2088	
Peso do cilindro vazio (gr)	4822	4811	4949	
Peso do cilindro com o solo (gr)	9297	9202	9081	
Peso do solo (gr)	4475	4391,2	4131,6	
Massa específica úmida (0,001 gr/cm <sup>3</sup> )	2,1427	2,1026	1,9783	
Teor de umidade (0,1%)	12,7	12,6	12,3	
Massa específica seca (0,001 gr/cm <sup>3</sup> )	1,901	1,867	1,761	
Massa específica seca máx (0,001 gr/cm <sup>3</sup> )	1,890	1,890	1,890	
Grau de Compactação (%)	101	99	93	
<b>Espeçura das placas de carga (cm)</b>	<b>7,5</b>	<b>7,5</b>	<b>7,5</b>	
Leitura no deflect. no 1.º dia (0,01 mm)	0,032	0,150	0,202	
Leitura no deflect. no 2.º dia (0,01 mm)	0,040	0,155	0,200	
Leitura no deflect. no 3.º dia (0,01 mm)	0,050	0,160	0,205	
Leitura no deflect. no 4.º dia (0,01 mm)	0,070	0,162	0,205	
Expansão máxima (0,01 mm)	0,070	0,162	0,205	
Expansão específica (0,1 %)	0,6114	1,4148	1,7904	
Peso do cili. e solo após embeb. (gr)	9326	9257	9216	
Peso da água absorvida (gr)	29,1	54,9	135,2	
Peso do solo pós a embebição (gr)	4504,1	4446,1	4266,8	
M. esp. umid. após embebição (0,001gr/cm <sup>3</sup> )	2,157	2,129	2,043	
Teor de úmida após embebição (0,1%)	13,5	13,5	15,2	
M. esp. seca após embebição (0,001 gr/cm <sup>3</sup> )	1,900	1,875	1,774	
Grau de Compactação (%)	101	99	94	

 <b>INSTITUTO POLITÉCNICO DE BRAGANÇA</b> Escola Superior de Tecnologia e Gestão	<b>Ensaio CBR</b>		
	<b>Ensaio n.º</b>	14 (1)	<b>Data:</b> 14/06/2018
	<b>Pág.</b>	2 de 3	


Teor de umidade						
Número do molde	1		2		3	
	H	H'	H	H'	H	H'
Número de cápsula	25	2	2	19	11	20
Peso da cápsula (0,01gr)	172,60	160,24	160,24	171,83	159,90	162,57
P.da cáps.e solo umid. (0,01gr)	549,70	797,00	577,20	764,20	594,00	704,80
P.da cáps.e solo seco (0,01gr)	507,10	721,20	530,50	693,60	546,30	633,40
Peso da água ( 0,01gr )	42,60	75,80	46,70	70,60	47,70	71,40
Peso do solo seco (0,01gr)	334,50	560,96	370,26	521,77	386,40	470,83
Teor de umid. (%)	12,7	13,5	12,6	13,5	12,3	15,2


Penetração (mm)	1		2		3		Fz(kg)
	0,01 mm	kg/F	0,01 mm	kg/F	0,01 mm	kg/F	
0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	<b>0</b>
0,5	0,03	36,72	0,03	36,72	0,03	36,72	<b>370</b>
1	0,08	97,92	0,05	61,20	0,05	61,20	<b>629</b>
1,5	0,13	159,12	0,09	110,16	0,08	97,92	<b>903</b>
2	0,19	232,56	0,13	159,12	0,10	122,40	<b>1129</b>
2,5	0,24	292,74	0,17	208,08	0,13	159,12	<b>1355</b>
5	0,50	608,94	0,42	513,06	0,24	292,74	<b>2033</b>
7,5	0,71	861,90	0,66	801,72	0,31	378,42	<b>2575</b>
Correção 2,5mm	-	360,00	-	310,00	-	-	-
Correção 5mm	-	650,00	-	610,00	-	-	-
CBR (2,5mm)	26,57		22,88		11,74		-
CBR (5mm)	31,97		30,00		14,40		-
CBR calc. (95%)	17,62						-





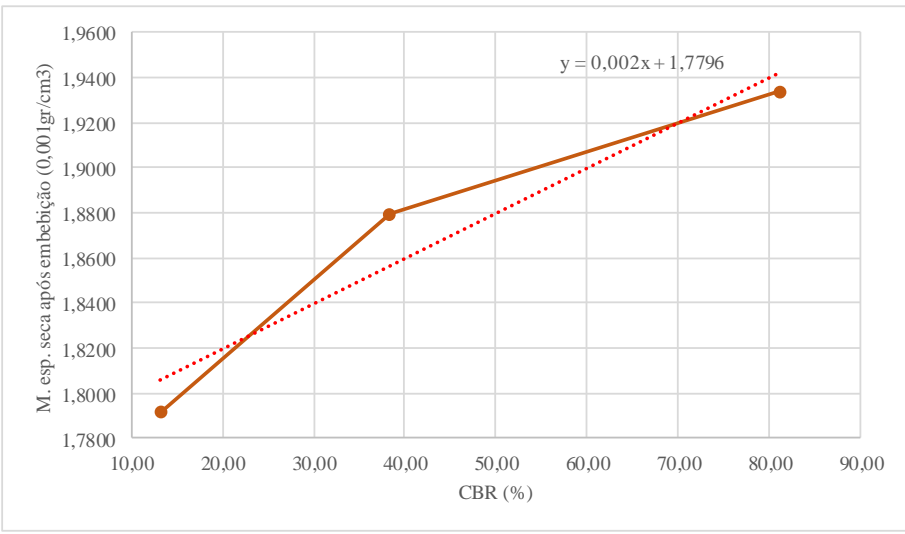
## APÊNDICE 7 - Continuação

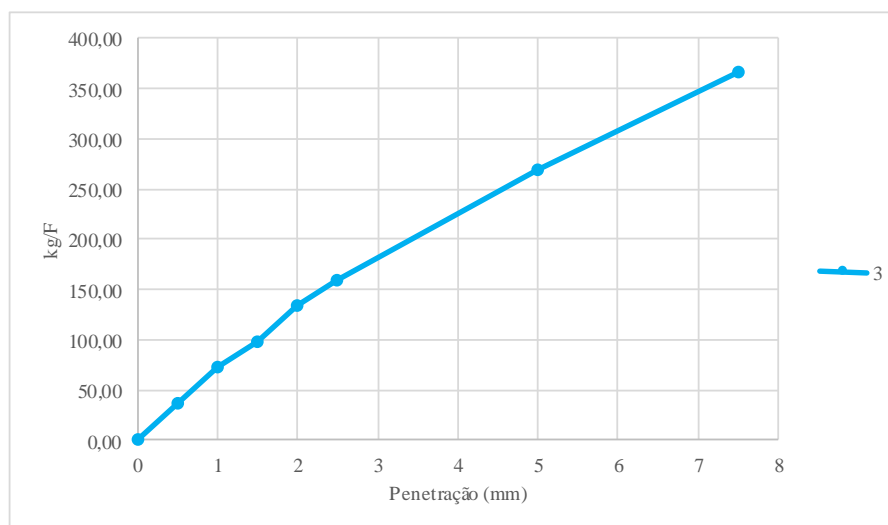
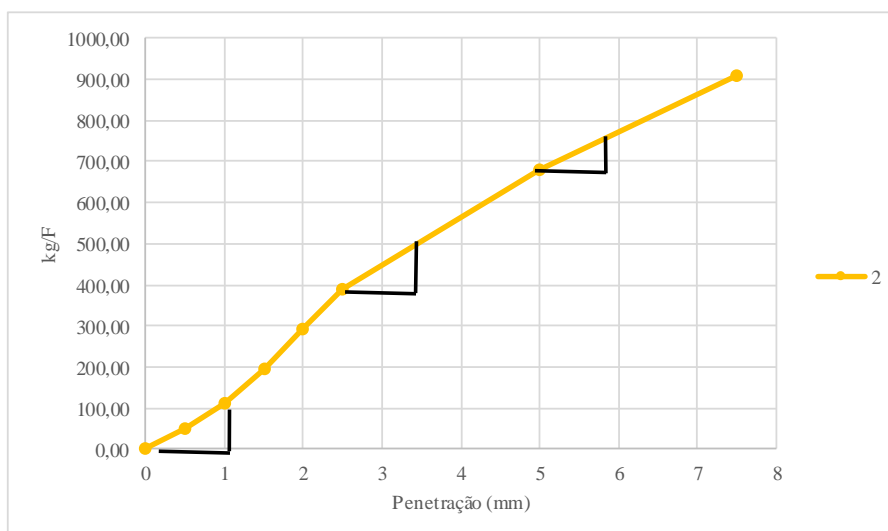
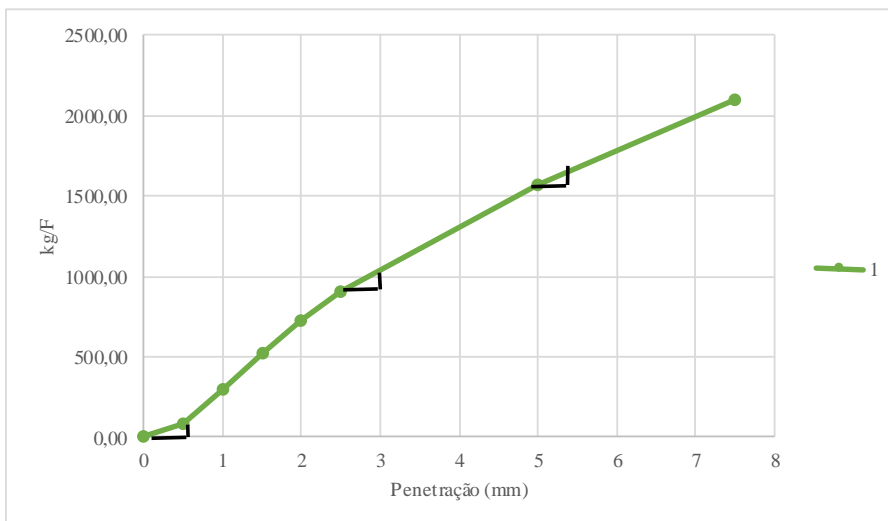
 <b>INSTITUTO POLITÉCNICO DE BRAGANÇA</b> Escola Superior de Tecnologia e Gestão	Ensaio CBR			
	Ensaio n.º	21 (1)	Data:	18/06/2018
	Página:	1 de 3		
	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	
Número de pancadas por camada	55	25	12	
Altura do solo no cilindro (0,1cm)	11,45	11,45	11,45	
Volume do solo (cm <sup>3</sup> )	2088	2088	2088	
Peso do cilindro vazio (gr)	4822	4811	4949	
Peso do cilindro com o solo (gr)	9189	9050	8988	
Peso do solo (gr)	4366,5	4239	4039,3	
Massa específica úmida (0,001 gr/cm <sup>3</sup> )	2,0908	2,0297	1,9341	
Teor de umidade (0,1%)	8,9	8,8	8,7	
Massa específica seca (0,001 gr/cm <sup>3</sup> )	1,920	1,866	1,780	
Massa específica seca máx (0,001 gr/cm <sup>3</sup> )	1,935	1,935	1,935	
Grau de Compactação (%)	99	96	92	
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)	0,130	0,162	0,150	
Leitura no deflect. no 2.º dia (0,01 mm)	0,140	0,170	0,152	
Leitura no deflect. no 3.º dia (0,01 mm)	0,145	0,182	0,152	
Leitura no deflect. no 4.º dia (0,01 mm)	0,145	0,182	0,152	
Expansão máxima (0,01 mm)	0,145	0,182	0,152	
Expansão específica (0,1 %)	1,2664	1,5895	1,3275	
Peso do cili. e solo após embeb. (gr)	9296	9208	9200	
Peso da água absorvida (gr)	107,9	157,6	211,5	
Peso do solo pós a embebição (gr)	4474,4	4396,6	4250,8	
M. esp. umid. após embebição (0,001gr/cm <sup>3</sup> )	2,142	2,105	2,035	
Teor de úmida após embebição (0,1%)	10,8	12,0	13,6	
M. esp. seca após embebição (0,001 gr/cm <sup>3</sup> )	1,933	1,879	1,792	
Grau de Compactação (%)	100	97	93	

 <b>INSTITUTO POLITÉCNICO DE BRAGANÇA</b> Escola Superior de Tecnologia e Gestão	<b>Ensaio CBR</b>				
	<b>Ensaio n.º</b>		21 (1)	<b>Data:</b>	18/06/2018
	<b>Pág.</b>	2 de 3			


Teor de umidade						
Número do molde	1		2		3	
	H	H'	H	H'	H	H'
Número de cápsula	4	11	3	18	1	19
Peso da cápsula (0,01gr)	172,01	159,90	161,50	172,10	161,52	171,83
P.da cáps.e solo umid. (0,01gr)	602,70	651,00	678,40	774,90	637,10	805,60
P.da cáps.e solo seco (0,01gr)	567,60	603,10	636,70	710,20	599,10	729,70
Peso da água ( 0,01gr )	35,10	47,90	41,70	64,70	38,00	75,90
Peso do solo seco (0,01gr)	395,59	443,20	475,20	538,10	437,58	557,87
Teor de umid. (%)	8,9	10,8	8,8	12,0	8,7	13,6


Penetração (mm)	1		2		3		Fz(kg)
	0,01 mm	kg/F	0,01 mm	kg/F	0,01 mm	kg/F	
0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	<b>0</b>
0,5	0,07	85,68	0,04	48,96	0,03	36,72	<b>370</b>
1	0,24	292,74	0,09	110,16	0,06	73,44	<b>629</b>
1,5	0,43	525,30	0,16	195,84	0,08	97,92	<b>903</b>
2	0,60	729,30	0,24	292,74	0,11	134,64	<b>1129</b>
2,5	0,75	909,84	0,32	390,66	0,13	159,12	<b>1355</b>
5	1,29	1564,68	0,56	681,36	0,22	268,26	<b>2033</b>
7,5	1,73	2094,06	0,75	909,84	0,30	366,18	<b>2575</b>
Correção 2,5mm	-	1005,00	-	500,00	-	-	-
Correção 5mm	-	1650,00	-	780,00	-	-	-
CBR (2,5mm)	74,17		36,90		11,74		-
CBR (5mm)	81,16		38,37		13,20		-
CBR calc. (95%)			29,33				-





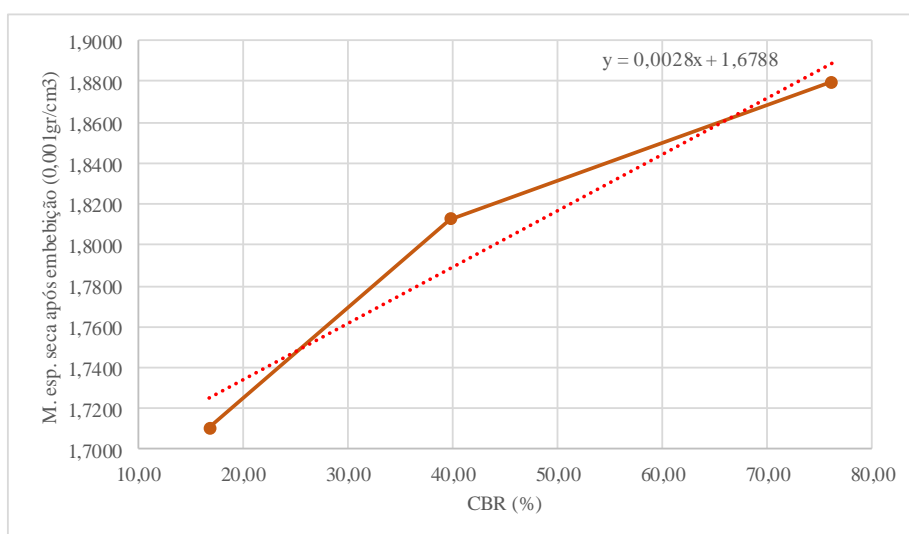
## APÊNDICE 7 - Continuação

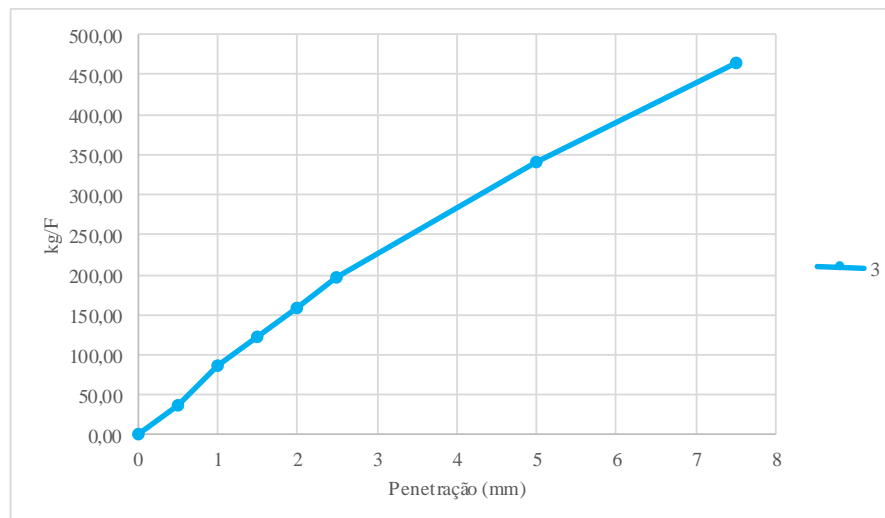
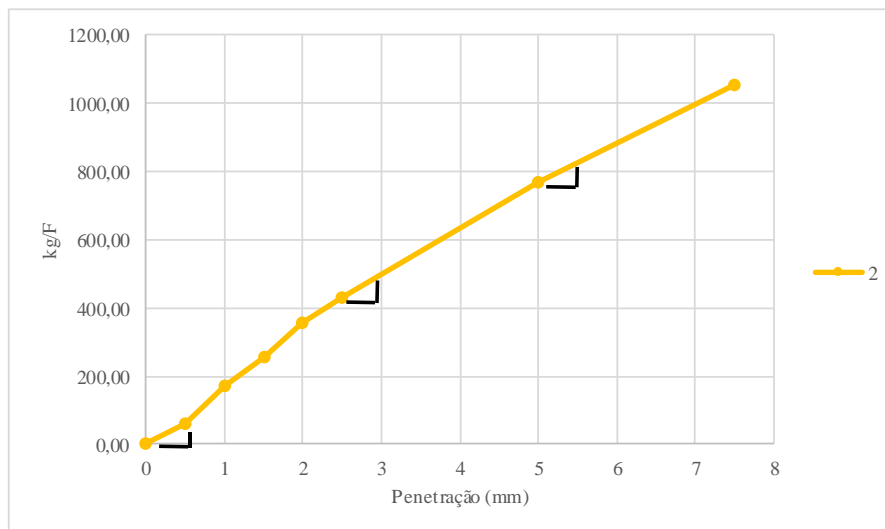
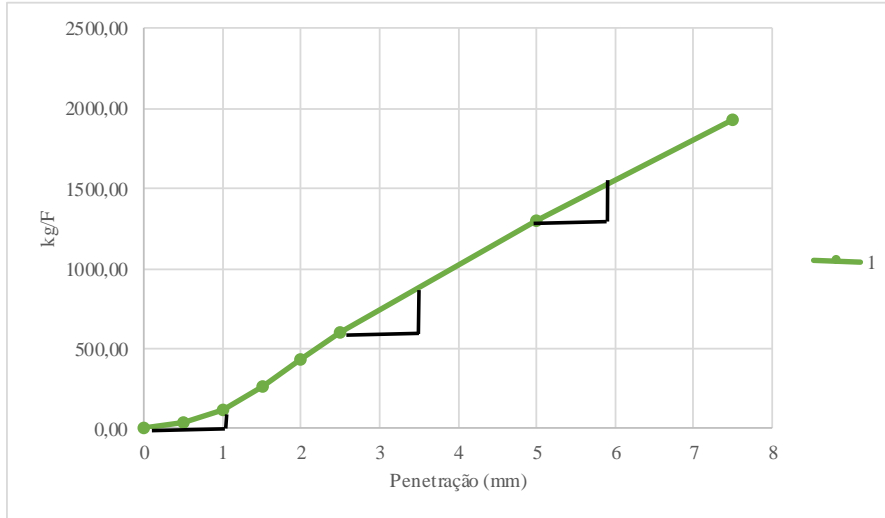
 <b>INSTITUTO POLITÉCNICO DE BRAGANÇA</b> Escola Superior de Tecnologia e Gestão	Ensaio CBR			
	Ensaio n.º	31 (1)	Data:	21/06/2018
	Página:	1 de 3		
	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	
Número de pancadas por camada	55	25	12	
Altura do solo no cilindro (0,1cm)	11,45	11,45	11,45	
Volume do solo (cm <sup>3</sup> )	2088	2088	2088	
Peso do cilindro vazio (gr)	4822	4811	4949	
Peso do cilindro com o solo (gr)	9208	9053	8966	
Peso do solo (gr)	4386,2	4241,6	4017,4	
Massa específica úmida (0,001 gr/cm <sup>3</sup> )	2,1002	2,0310	1,9236	
Teor de umidade (0,1%)	11,8	12,7	11,7	
Massa específica seca (0,001 gr/cm <sup>3</sup> )	1,878	1,802	1,722	
Massa específica seca máx (0,001 gr/cm <sup>3</sup> )	1,856	1,856	1,856	
Grau de Compactação (%)	101	97	93	
<b>Espeçura das placas de carga (cm)</b>	<b>7,5</b>	<b>7,5</b>	<b>7,5</b>	
Leitura no deflect. no 1.º dia (0,01 mm)	0,045	0,092	0,112	
Leitura no deflect. no 2.º dia (0,01 mm)	0,060	0,090	0,120	
Leitura no deflect. no 3.º dia (0,01 mm)	0,060	0,090	0,120	
Leitura no deflect. no 4.º dia (0,01 mm)	0,060	0,092	0,122	
Expansão máxima (0,01 mm)	0,060	0,092	0,122	
Expansão específica (0,1 %)	0,5240	0,8035	1,0655	
Peso do cili. e solo após embeb. (gr)	9227	9123	9096	
Peso da água absorvida (gr)	18,8	70,8	129,8	
Peso do solo pós a embebição (gr)	4405	4312,4	4147,2	
M. esp. umid. após embebição (0,001gr/cm <sup>3</sup> )	2,109	2,065	1,986	
Teor de úmida após embebição (0,1%)	12,2	13,9	16,1	
M. esp. seca após embebição (0,001 gr/cm <sup>3</sup> )	1,880	1,813	1,710	
Grau de Compactação (%)	101	98	92	

 <b>INSTITUTO POLITÉCNICO DE BRAGANÇA</b> Escola Superior de Tecnologia e Gestão	<b>Ensaio CBR</b>		
	<b>Ensaio n.º</b>	31 (1)	<b>Data:</b> 21/06/2018
	<b>Pág.</b>	2 de 3	


Teor de umidade						
Número do molde	1		2		3	
	H	H'	H	H'	H	H'
Número de cápsula	2	2	20	7	3	11
Peso da cápsula (0,01gr)	160,24	160,24	162,57	160,98	161,50	159,90
P.da cáps.e solo umid. (0,01gr)	453,30	569,00	457,70	678,40	591,30	739,00
P.da cáps.e solo seco (0,01gr )	422,30	524,50	424,40	615,20	546,30	658,70
Peso da água ( 0,01gr )	31,00	44,50	33,30	63,20	45,00	80,30
Peso do solo seco (0,01gr)	262,06	364,26	261,83	454,22	384,80	498,80
Teor de umid. (%)	11,8	12,2	12,7	13,9	11,7	16,1


Penetração (mm)	1		2		3		Fz(kg)
	0,01 mm	kg/F	0,01 mm	kg/F	0,01 mm	kg/F	
0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0
0,5	0,03	36,72	0,05	61,20	0,03	36,72	370
1	0,10	122,40	0,14	171,36	0,07	85,68	629
1,5	0,22	268,26	0,21	257,04	0,10	122,40	903
2	0,35	427,38	0,29	353,94	0,13	159,12	1129
2,5	0,49	597,72	0,35	427,38	0,16	195,84	1355
5	1,07	1297,44	0,63	766,02	0,28	341,70	2033
7,5	1,59	1925,76	0,87	1054,68	0,38	464,10	2575
Correção 2,5mm	-	750,00	-	500,00	-	-	-
Correção 5mm	-	1550,00	-	810,00	-	-	-
CBR (2,5mm)	55,35		36,90		14,45		-
CBR (5mm)	76,24		39,84		16,81		-
CBR calc. (95%)			30,14				-





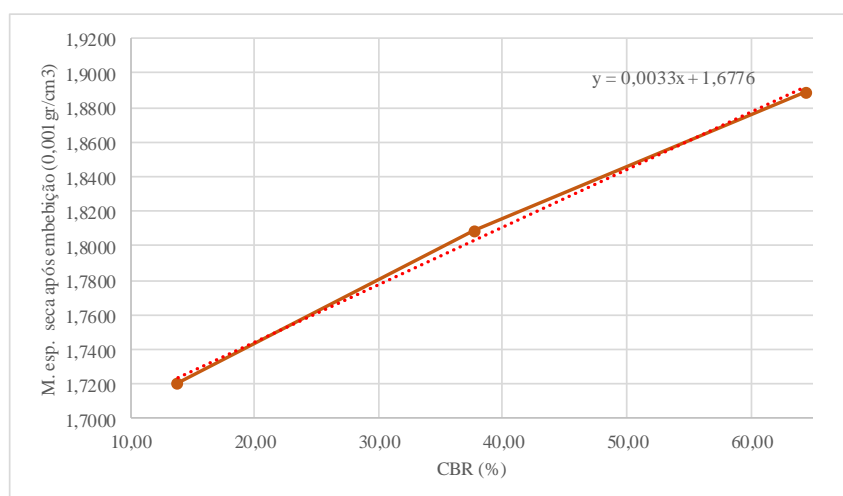
## APÊNDICE 7 - Continuação

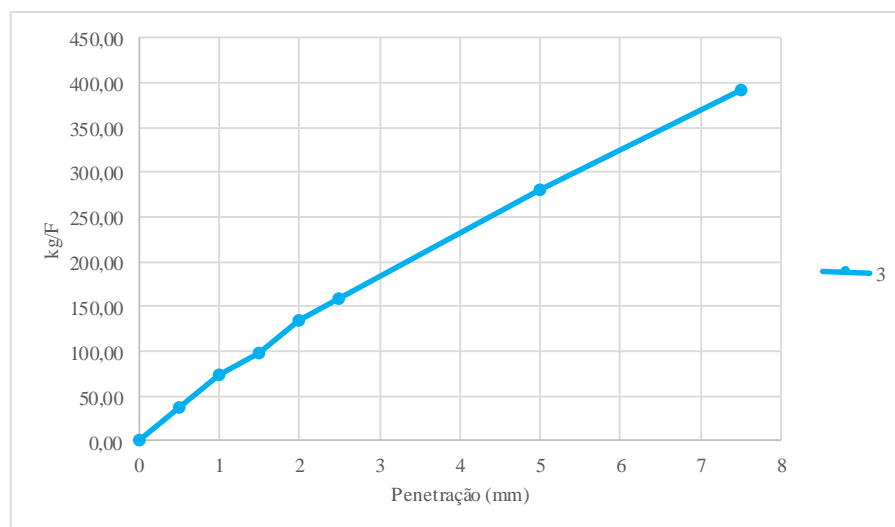
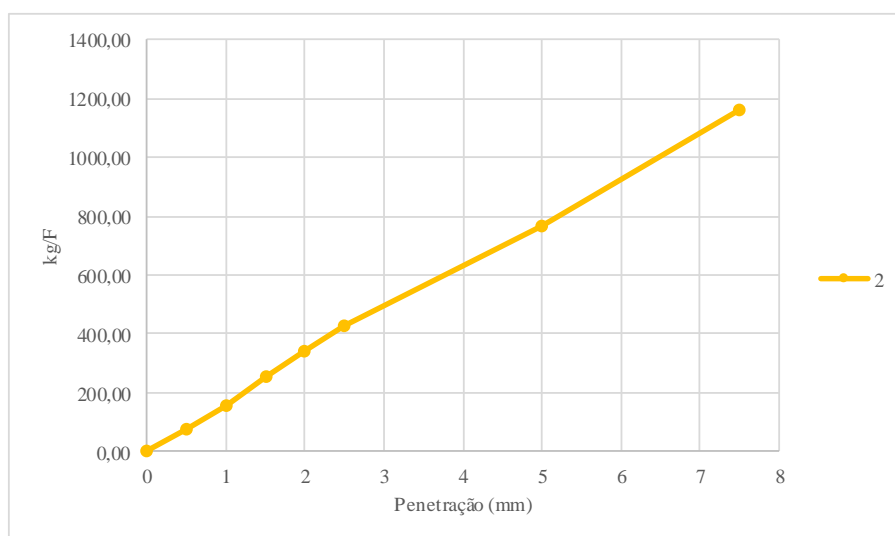
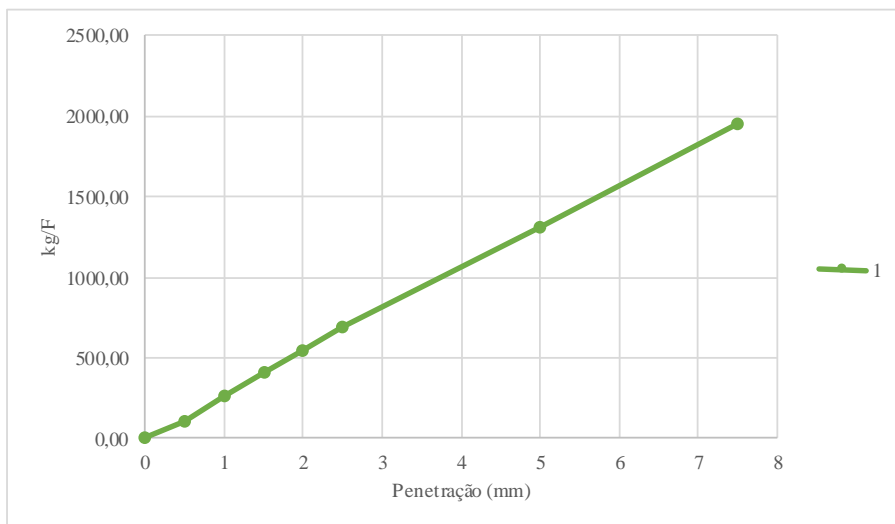
 <b>INSTITUTO POLITÉCNICO DE BRAGANÇA</b> Escola Superior de Tecnologia e Gestão	Ensaio CBR			
	Ensaio n.º	1 (2)	Data:	25/06/2018
	Página:	1 de 3		
	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	
Número de pancadas por camada	55	25	12	
Altura do solo no cilindro (0,1cm)	11,45	11,45	11,45	
Volume do solo (cm <sup>3</sup> )	2088	2088	2088	
Peso do cilindro vazio (gr)	4822	4811	4949	
Peso do cilindro com o solo (gr)	9183	8994	8920	
Peso do solo (gr)	4361,4	4183,4	3971	
Massa específica úmida (0,001 gr/cm <sup>3</sup> )	2,0883	2,0031	1,9014	
Teor de umidade (0,1%)	11,1	10,7	11,3	
Massa específica seca (0,001 gr/cm <sup>3</sup> )	1,880	1,810	1,709	
Massa específica seca máx (0,001 gr/cm <sup>3</sup> )	1,870	1,870	1,870	
Grau de Compactação (%)	101	97	91	
<b>Espessura das placas de carga (cm)</b>	<b>7,5</b>	<b>7,5</b>	<b>7,5</b>	
Leitura no deflect. no 1.º dia (0,01 mm)	0,068	0,178	0,168	
Leitura no deflect. no 2.º dia (0,01 mm)	0,072	0,182	0,172	
Leitura no deflect. no 3.º dia (0,01 mm)	0,075	0,190	0,180	
Leitura no deflect. no 4.º dia (0,01 mm)	0,075	0,190	0,180	
Expansão máxima (0,01 mm)	0,075	0,190	0,180	
Expansão específica (0,1 %)	0,6550	1,6594	1,5721	
Peso do cili. e solo após embeb. (gr)	9228	9094	9079	
Peso da água absorvida (gr)	44,3	99,2	159,4	
Peso do solo pós a embebição (gr)	4405,7	4282,6	4130,4	
M. esp. umid. após embebição (0,001gr/cm <sup>3</sup> )	2,110	2,051	1,978	
Teor de úmida após embebição (0,1%)	11,7	13,4	15,0	
M. esp. seca após embebição (0,001gr/cm <sup>3</sup> )	1,889	1,808	1,720	
Grau de Compactação (%)	101	97	92	

 <b>INSTITUTO POLITÉCNICO</b> Escola Superior <b>DE BRAGANÇA</b> de Tecnologia e Gestão	<b>Ensaio CBR</b>			
	<b>Ensaio n.º</b> 1 (2)		<b>Data:</b> 25/06/2018	
	<b>Pág.</b> 2 de 3			


Teor de umidade						
Número do molde	1		2		3	
	H	H'	H	H'	H	H'
Número de cápsula	2	2	15	15	1	1
Peso da cápsula (0,01gr)	160,24	160,24	168,93	168,93	161,52	161,52
P.da cáps.e solo umid. (0,01gr)	423,30	811,60	599,50	695,40	627,30	886,50
P.da cáps.e solo seco (0,01gr )	397,00	743,50	558,00	633,20	580,10	792,20
Peso da água ( 0,01gr )	26,30	68,10	41,50	62,20	47,20	94,30
Peso do solo seco (0,01gr)	236,76	583,26	389,07	464,27	418,58	630,68
Teor de umid. (%)	11,1	11,7	10,7	13,4	11,3	15,0


Penetração (mm)	1		2		3		Fz(kg)
	0,01 mm	kg/F	0,01 mm	kg/F	0,01 mm	kg/F	
0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0
0,5	0,09	110,16	0,06	73,44	0,03	36,72	370
1	0,22	268,26	0,13	159,12	0,06	73,44	629
1,5	0,34	415,14	0,21	257,04	0,08	97,92	903
2	0,45	548,76	0,28	341,70	0,11	134,64	1129
2,5	0,57	693,60	0,35	427,38	0,13	159,12	1355
5	1,08	1309,68	0,63	766,02	0,23	280,50	2033
7,5	1,61	1950,24	0,96	1163,82	0,32	390,66	2575
Correção 2,5mm	-	-	-	-	-	-	-
Correção 5mm	-	-	-	-	-	-	-
CBR (2,5mm)	51,19		31,54		11,74		-
CBR (5mm)	64,42		37,68		13,80		-
CBR calc. (95%)	29,97						-





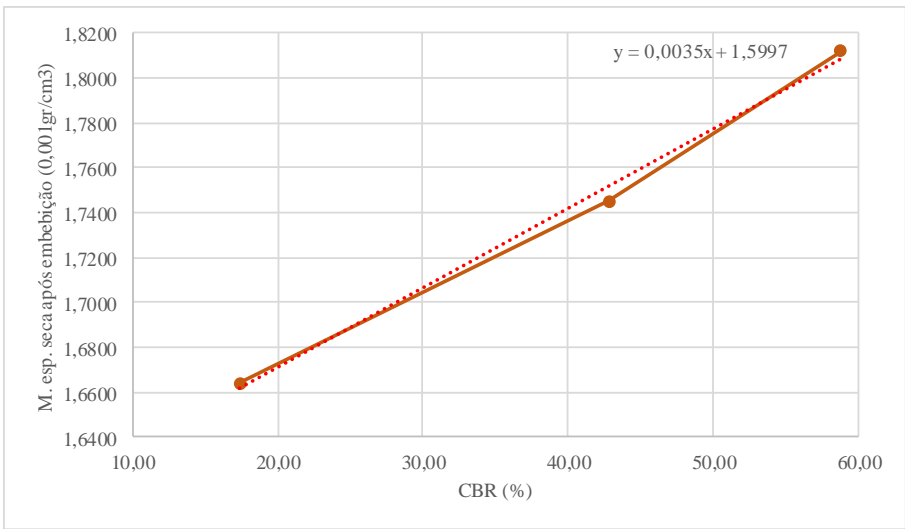
## APÊNDICE 7 - Continuação

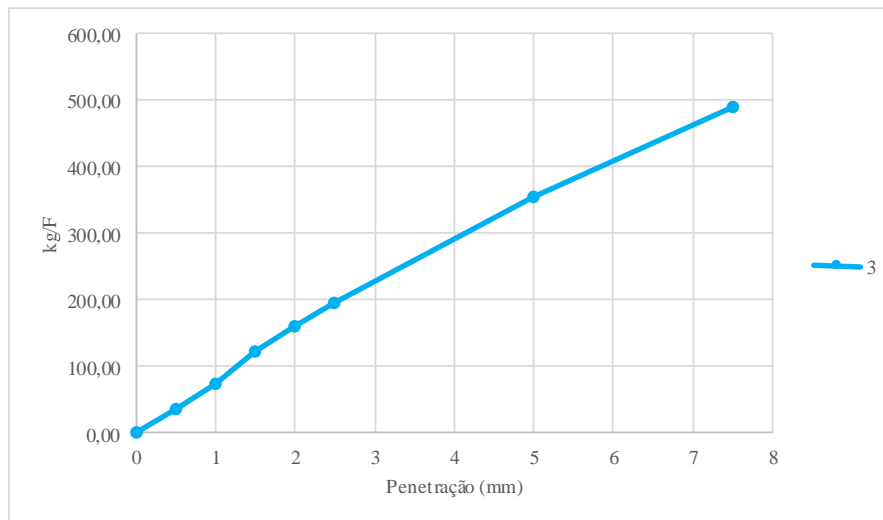
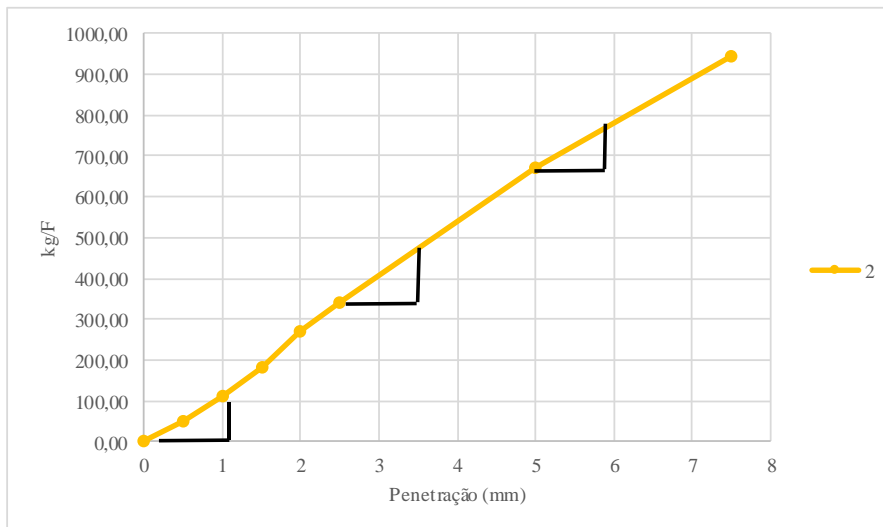
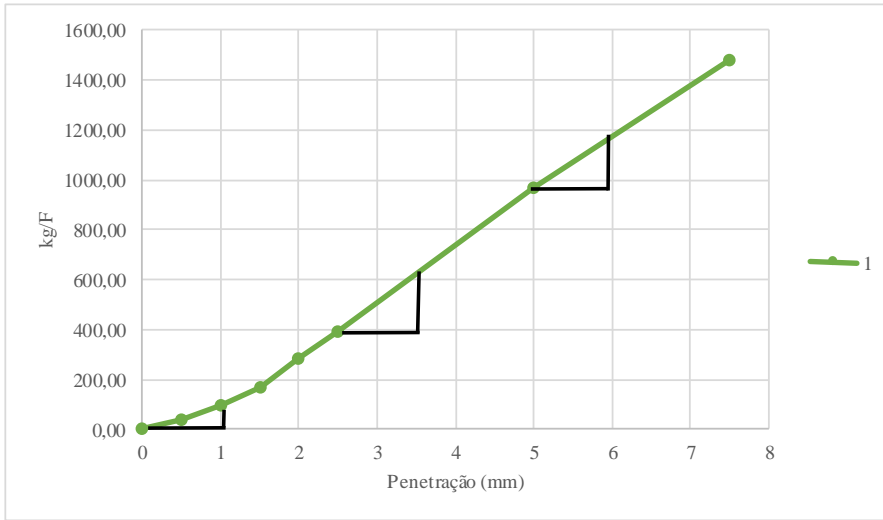
 <b>INSTITUTO POLITÉCNICO DE BRAGANÇA</b> Escola Superior de Tecnologia e Gestão	Ensaio CBR			
	Ensaio n.º	3 (2)	Data:	28/06/2018
	Página:	1 de 3		
	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	
Número de pancadas por camada	55	25	12	
Altura do solo no cilindro (0,1cm)	11,45	11,45	11,45	
Volume do solo (cm <sup>3</sup> )	2088	2088	2088	
Peso do cilindro vazio (gr)	4822	4811	4949	
Peso do cilindro com o solo (gr)	9099	8998	8897	
Peso do solo (gr)	4277,4	4187,2	3947,8	
Massa específica úmida (0,001 gr/cm <sup>3</sup> )	2,0481	2,0049	1,8903	
Teor de umidade (0,1%)	13,9	14,9	14,5	
Massa específica seca (0,001 gr/cm <sup>3</sup> )	1,799	1,745	1,652	
Massa específica seca máx (0,001 gr/cm <sup>3</sup> )	1,770	1,770	1,770	
Grau de Compactação (%)	102	99	93	
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)	0,022	0,050	0,105	
Leitura no deflect. no 2.º dia (0,01 mm)	0,051	0,052	0,110	
Leitura no deflect. no 3.º dia (0,01 mm)	0,070	0,060	0,115	
Leitura no deflect. no 4.º dia (0,01 mm)	0,700	0,060	0,115	
Expansão máxima (0,01 mm)	0,700	0,060	0,115	
Expansão específica (0,1 %)	6,1135	0,5240	1,0044	
Peso do cili. e solo após embeb. (gr)	9118	9037	9020	
Peso da água absorvida (gr)	18,6	38,9	122,9	
Peso do solo pós a embebição (gr)	4296	4226,1	4070,7	
M. esp. umid. após embebição (0,001gr/cm <sup>3</sup> )	2,057	2,024	1,949	
Teor de úmida após embebição (0,1%)	13,5	16,0	17,1	
M. esp. seca após embebição (0,001gr/cm <sup>3</sup> )	1,812	1,745	1,664	
Grau de Compactação (%)	102	99	94	

 <b>INSTITUTO POLITÉCNICO DE BRAGANÇA</b> Escola Superior de Tecnologia e Gestão	<b>Ensaio CBR</b>		
	<b>Ensaio n.º</b> 3 (2)		<b>Data:</b> 28/06/2018
	<b>Pág.</b>	2 de 3	


Teor de umidade						
Número do molde	1		2		3	
	H	H'	H	H'	H	H'
Número de cápsula	20	11	25	19	4	4
Peso da cápsula (0,01gr)	162,57	159,90	172,60	171,83	172,01	172,01
P.da cáps.e solo umid. (0,01gr)	510,20	729,80	502,80	695,60	509,40	692,70
P.da cáps.e solo seco (0,01gr)	467,90	661,90	460,00	623,50	466,80	616,50
Peso da água ( 0,01gr )	42,30	67,90	42,80	72,10	42,60	76,20
Peso do solo seco (0,01gr)	305,33	502,00	287,40	451,67	294,79	444,49
Teor de umid. (%)	13,9	13,5	14,9	16,0	14,5	17,1


Penetração (mm)	1		2		3		Fz(kg)
	0,01 mm	kg/F	0,01 mm	kg/F	0,01 mm	kg/F	
0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	<b>0</b>
0,5	0,03	36,72	0,04	48,96	0,03	36,72	<b>370</b>
1	0,08	97,92	0,09	110,16	0,06	73,44	<b>629</b>
1,5	0,14	171,36	0,15	183,60	0,10	122,40	<b>903</b>
2	0,23	280,50	0,22	268,26	0,13	159,12	<b>1129</b>
2,5	0,32	390,66	0,28	341,70	0,16	195,84	<b>1355</b>
5	0,80	970,02	0,55	669,12	0,29	353,94	<b>2033</b>
7,5	1,22	1479,00	0,78	945,54	0,40	488,58	<b>2575</b>
Correção 2,5mm	-	610,00	-	580,00	-	-	-
Correção 5mm	-	1195,00	-	795,00	-	-	-
CBR (2,5mm)	45,02		42,80		14,45		-
CBR (5mm)	58,78		39,10		17,41		-
CBR calc. (95%)	23,37						-





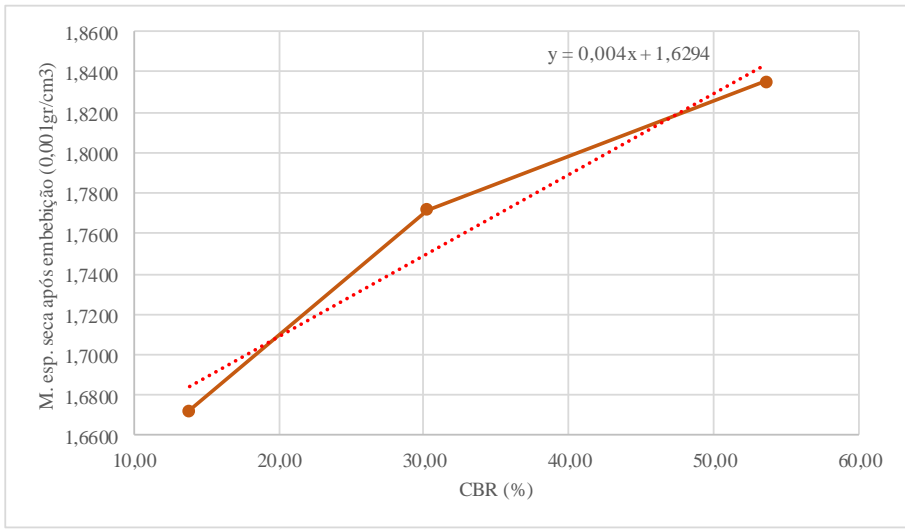
## APÊNDICE 7 - Continuação

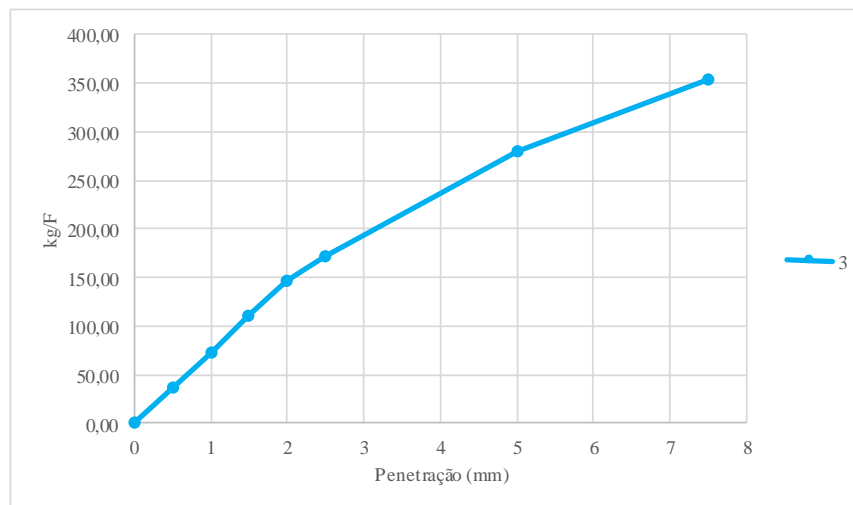
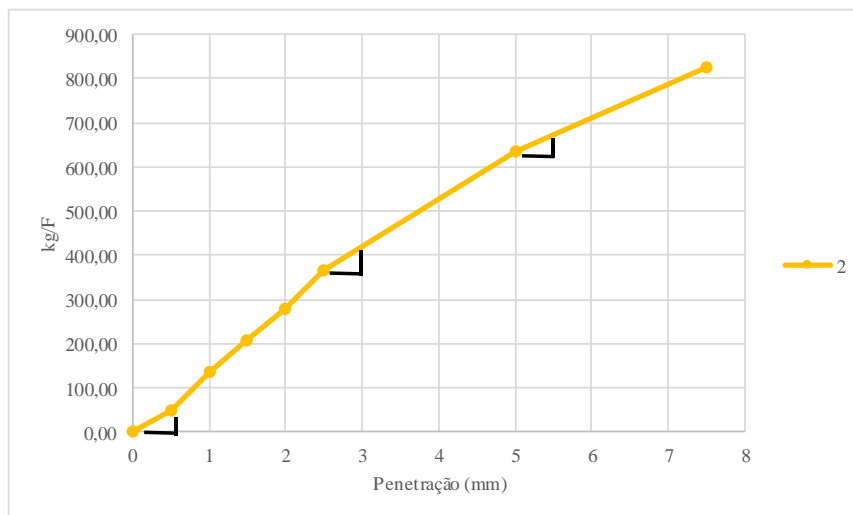
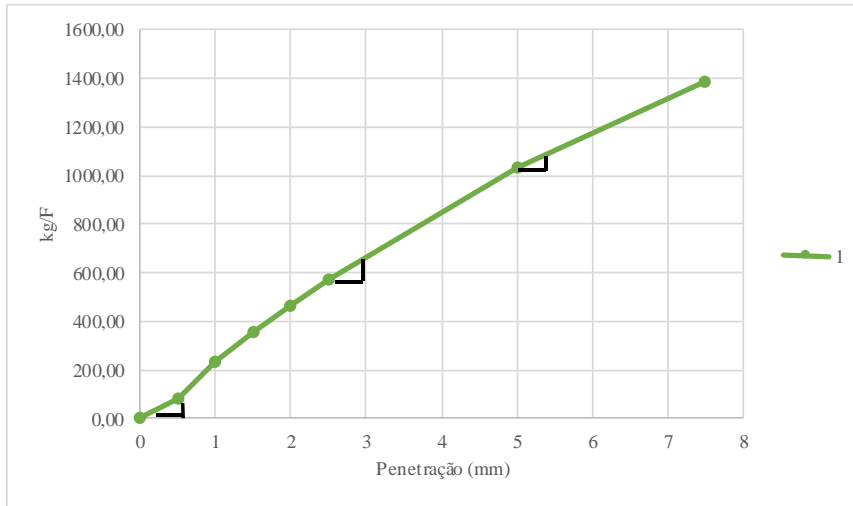
 <b>INSTITUTO POLITÉCNICO DE BRAGANÇA</b> Escola Superior de Tecnologia e Gestão	Ensaio CBR			
	Ensaio n.º	14 (2)	Data:	02/07/2018
	Página:	1 de 3		
	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	
Número de pancadas por camada	55	25	12	
Altura do solo no cilindro (0,1cm)	11,45	11,45	11,45	
Volume do solo (cm <sup>3</sup> )	2088	2088	2088	
Peso do cilindro vazio (gr)	4822	4811	4949	
Peso do cilindro com o solo (gr)	9089	8979	8867	
Peso do solo (gr)	4266,5	4168,2	3917,8	
Massa específica úmida (0,001 gr/cm <sup>3</sup> )	2,0429	1,9958	1,8759	
Teor de umidade (0,1%)	12,5	12,2	12,1	
Massa específica seca (0,001 gr/cm <sup>3</sup> )	1,816	1,778	1,674	
Massa específica seca máx (0,001 gr/cm <sup>3</sup> )	1,870	1,870	1,870	
Grau de Compactação (%)	97	95	90	
<b>Espeçura das placas de carga (cm)</b>	<b>7,5</b>	<b>7,5</b>	<b>7,5</b>	
Leitura no deflect. no 1.º dia (0,01 mm)	0,140	0,230	0,250	
Leitura no deflect. no 2.º dia (0,01 mm)	0,150	0,240	0,255	
Leitura no deflect. no 3.º dia (0,01 mm)	0,152	0,240	0,258	
Leitura no deflect. no 4.º dia (0,01 mm)	0,152	0,240	0,258	
Expansão máxima (0,01 mm)	0,152	0,240	0,258	
Expansão específica (0,1 %)	1,3275	2,0961	2,2533	
Peso do cili. e solo após embeb. (gr)	9171	9081	9042	
Peso da água absorvida (gr)	82,3	102	175,5	
Peso do solo pós a embebição (gr)	4348,8	4270,2	4093,3	
M. esp. umid. após embebição (0,001gr/cm <sup>3</sup> )	2,082	2,045	1,960	
Teor de úmida após embebição (0,1%)	13,5	15,4	17,2	
M. esp. seca após embebição (0,001 gr/cm <sup>3</sup> )	1,835	1,772	1,672	
Grau de Compactação (%)	98	95	89	

 <b>INSTITUTO POLITÉCNICO DE BRAGANÇA</b> Escola Superior de Tecnologia e Gestão	<b>Ensaio CBR</b>		
	<b>Ensaio n.º</b>	14 (2)	<b>Data:</b> 02/07/2018
	<b>Pág.</b>	2 de 3	


Teor de umidade						
Número do molde	1		2		3	
	H	H'	H	H'	H	H'
Número de cápsula	1	25	25	19	19	15
Peso da cápsula (0,01gr)	162,61	172,60	172,60	171,83	171,83	168,93
P.da cáps.e solo umid. (0,01 gr)	558,70	829,60	548,70	668,20	566,10	643,00
P.da cáps.e solo seco (0,01 gr )	514,70	751,60	507,70	601,90	523,60	573,40
Peso da água ( 0,01gr )	44,00	78,00	41,00	66,30	42,50	69,60
Peso do solo seco (0,01gr)	352,09	579,00	335,10	430,07	351,77	404,47
Teor de umid. (%)	12,5	13,5	12,2	15,4	12,1	17,2


Penetração (mm)	1		2		3		Fz(kg)
	0,01 mm	kg/F	0,01 mm	kg/F	0,01 mm	kg/F	
0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	<b>0</b>
0,5	0,07	85,68	0,04	48,96	0,03	36,72	<b>370</b>
1	0,19	232,56	0,11	134,64	0,06	73,44	<b>629</b>
1,5	0,29	353,94	0,17	208,08	0,09	110,16	<b>903</b>
2	0,38	464,10	0,23	280,50	0,12	146,88	<b>1129</b>
2,5	0,47	573,24	0,30	366,18	0,14	171,36	<b>1355</b>
5	0,85	1030,20	0,52	633,42	0,23	280,50	<b>2033</b>
7,5	1,14	1382,10	0,68	826,20	0,29	353,94	<b>2575</b>
Correção 2,5mm	-	660,00	-	410,00	-	-	-
Correção 5mm	-	1090,00	-	680,00	-	-	-
CBR (2,5mm)	48,71		30,26		12,65		-
CBR (5mm)	53,62		33,45		13,80		-
CBR calc. (95%)	36,78					-	





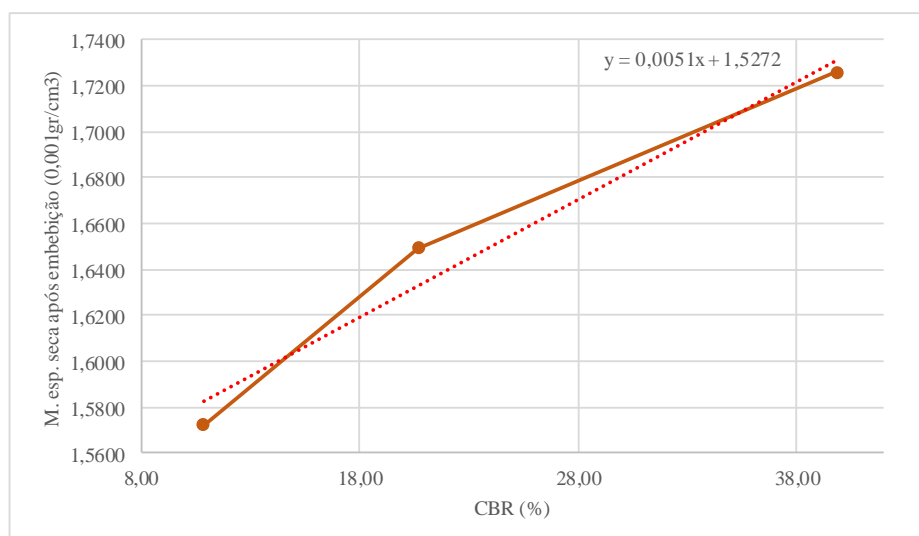
## APÊNDICE 7 - Continuação

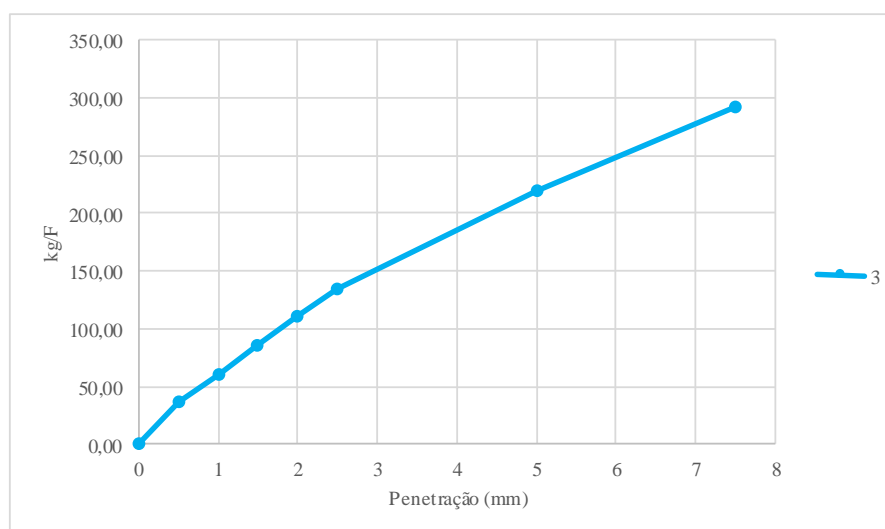
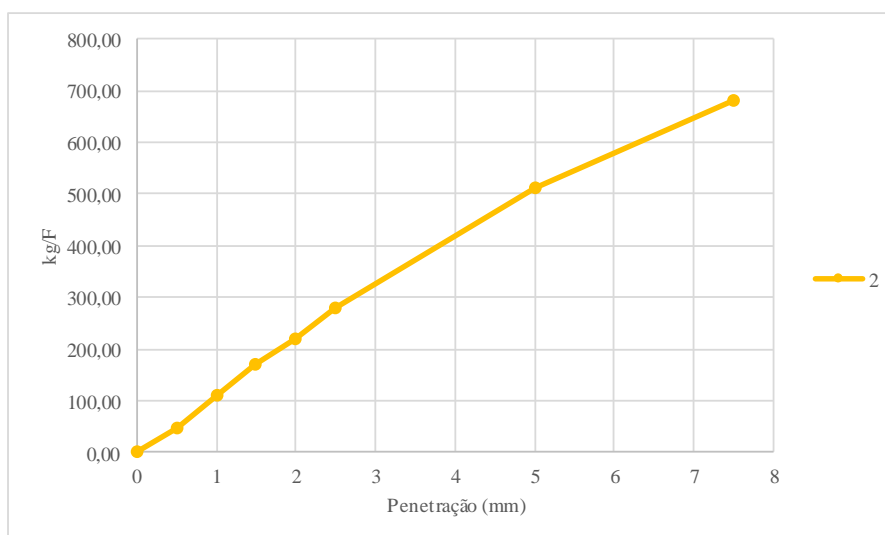
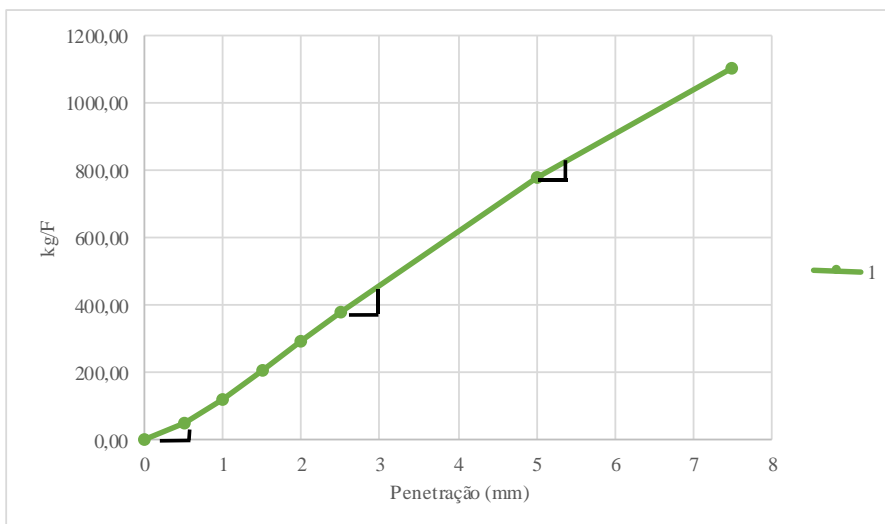
 <b>INSTITUTO POLITÉCNICO DE BRAGANÇA</b> Escola Superior de Tecnologia e Gestão	Ensaio CBR			
	Ensaio n.º	21 (2)	Data:	05/07/2018
	Página:	1 de 3		
	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	
Número de pancadas por camada	55	25	12	
Altura do solo no cilindro (0,1cm)	11,45	11,45	11,45	
Volume do solo (cm <sup>3</sup> )	2088	2088	2088	
Peso do cilindro vazio (gr)	4822	4811	4949	
Peso do cilindro com o solo (gr)	8948	8785	8727	
Peso do solo (gr)	4126	3974,4	3777,9	
Massa específica úmida (0,001 gr/cm <sup>3</sup> )	1,9756	1,9030	1,8089	
Teor de umidade (0,1%)	14,5	14,1	14,6	
Massa específica seca (0,001 gr/cm <sup>3</sup> )	1,725	1,668	1,579	
Massa específica seca máx (0,001 gr/cm <sup>3</sup> )	1,720	1,720	1,720	
Grau de Compactação (%)	100	97	92	
 Espessura 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)	0,222	0,360	0,412	
Leitura no deflect. no 2.º dia (0,01 mm)	0,250	0,392	0,432	
Leitura no deflect. no 3.º dia (0,01 mm)	0,258	0,400	0,435	
Leitura no deflect. no 4.º dia (0,01 mm)	0,260	0,402	0,450	
Expansão máxima (0,01 mm)	0,260	0,402	0,450	
Expansão específica (0,1 %)	2,2707	3,5109	3,9301	
Peso do cili. e solo após embeb. (gr)	8993	8888	8889	
Peso da água absorvida (gr)	44,7	103	162,2	
Peso do solo pós a embebição (gr)	4170,7	4077,4	3940,1	
M. esp. umid. após embebição (0,001gr/cm <sup>3</sup> )	1,997	1,952	1,887	
Teor de úmida após embebição (0,1%)	15,7	18,4	20,0	
M. esp. seca após embebição (0,001 gr/cm <sup>3</sup> )	1,726	1,649	1,572	
Grau de Compactação (%)	100	96	91	

 <b>IPB</b> INSTITUTO POLITÉCNICO DE BRAGANÇA <small>Escola Superior de Tecnologia e Gestão</small>	<b>Ensaio CBR</b>				
	<b>Ensaio n.º</b>		21 (2)	<b>Data:</b>	05/07/2018
	<b>Pág.</b>	2 de 3			


Teor de umidade						
Número do molde	1		2		3	
	H	H'	H	H'	H	H'
Número de cápsula	7	7	18	3	3	18
Peso da cápsula (0,01gr)	160,98	160,98	172,10	161,50	161,50	172,10
P.da cáps.e solo umid. (0,01gr)	639,40	637,20	693,30	670,80	639,80	641,80
P.da cáps.e solo seco (0,01gr )	578,80	572,50	629,00	591,70	579,00	563,50
Peso da água ( 0,01gr )	60,60	64,70	64,30	79,10	60,80	78,30
Peso do solo seco (0,01gr)	417,82	411,52	456,90	430,20	417,50	391,40
Teor de umid. (%)	14,5	15,7	14,1	18,4	14,6	20,0


Penetração (mm)	1		2		3		Fz(kg)
	0,01 mm	kg/F	0,01 mm	kg/F	0,01 mm	kg/F	
0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0
0,5	0,04	48,96	0,04	48,96	0,03	36,72	370
1	0,10	122,40	0,09	110,16	0,05	61,20	629
1,5	0,17	208,08	0,14	171,36	0,07	85,68	903
2	0,24	292,74	0,18	220,32	0,09	110,16	1129
2,5	0,31	378,42	0,23	280,50	0,11	134,64	1355
5	0,64	777,24	0,42	513,06	0,18	220,32	2033
7,5	0,91	1102,62	0,56	681,36	0,24	292,74	2575
Correção 2,5mm	-	430,00	-	-	-	-	-
Correção 5mm	-	810,00	-	-	-	-	-
CBR (2,5mm)	31,73		20,70		9,94		-
CBR (5mm)	39,84		25,24		10,84		-
CBR calc. (95%)			20,94				-





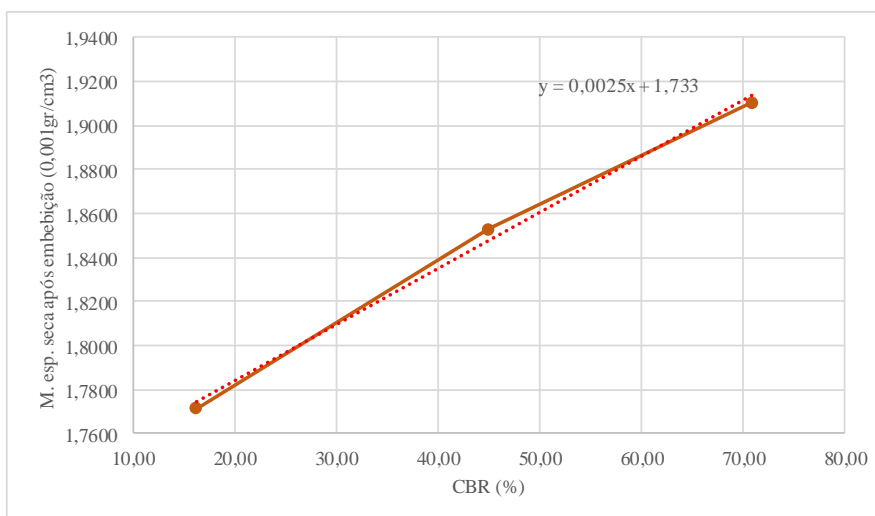
## APÊNDICE 7 - Continuação

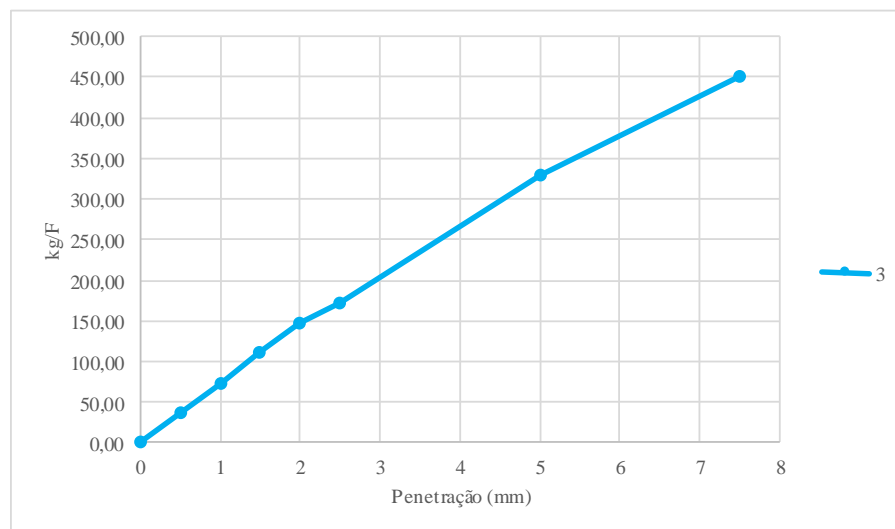
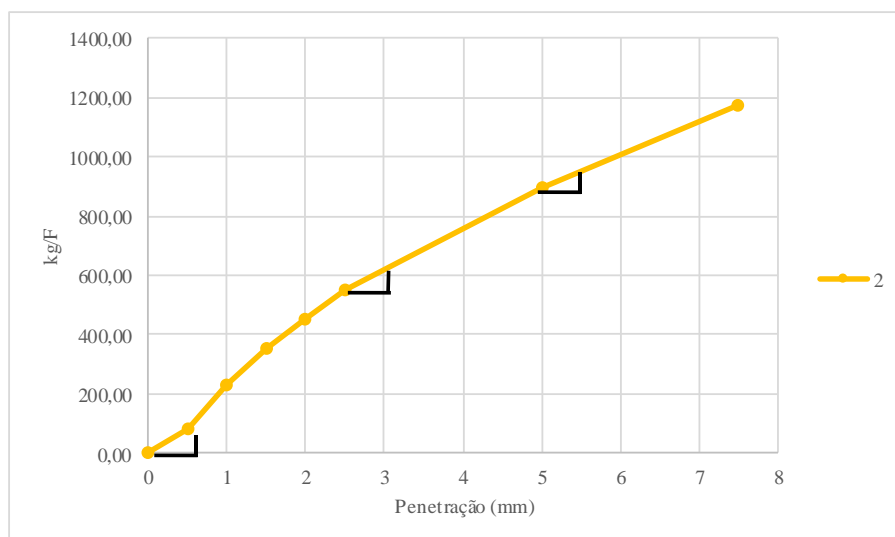
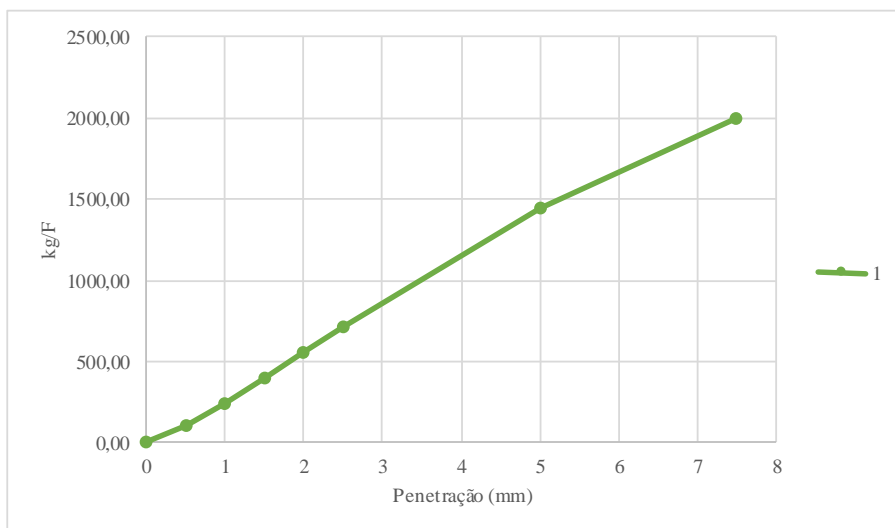
 <b>INSTITUTO POLITÉCNICO DE BRAGANÇA</b> Escola Superior de Tecnologia e Gestão	Ensaio CBR			
	Ensaio n.º	31 (2)	Data:	09/07/2018
	Página:	1 de 3		
		<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
Número de pancadas por camada		55	25	12
Altura do solo no cilindro (0,1cm)		11,45	11,45	11,45
Volume do solo (cm <sup>3</sup> )		2088	2088	2088
Peso do cilindro vazio (gr)		4822	4811	4949
Peso do cilindro com o solo (gr)		9138	8997	8966
Peso do solo (gr)		4316,2	4185,5	4016,6
Massa específica úmida (0,001 gr/cm <sup>3</sup> )		2,0667	2,0041	1,9232
Teor de umidade (0,1%)		8,6	8,4	8,4
Massa específica seca (0,001 gr/cm <sup>3</sup> )		1,902	1,849	1,775
Massa específica seca máx (0,001 gr/cm <sup>3</sup> )		1,930	1,930	1,930
Grau de Compactação (%)		99	96	92
<b>Espeçura das placas de carga (cm)</b>		<b>7,5</b>	<b>7,5</b>	<b>7,5</b>
Leitura no deflect. no 1.º dia (0,01 mm)		0,108	0,112	0,092
Leitura no deflect. no 2.º dia (0,01 mm)		0,110	0,120	0,095
Leitura no deflect. no 3.º dia (0,01 mm)		0,112	0,122	0,100
Leitura no deflect. no 4.º dia (0,01 mm)		0,112	0,122	0,100
Expansão máxima (0,01 mm)		0,112	0,122	0,100
Expansão específica (0,1 %)		0,9782	1,0655	0,8734
Peso do cili. e solo após embeb. (gr)		9263	9171	9179
Peso da água absorvida (gr)		124,9	174	213,4
Peso do solo pós a embebição (gr)		4441,1	4359,5	4230
M. esp. umid. após embebição (0,001gr/cm <sup>3</sup> )		2,126	2,087	2,025
Teor de úmida após embebição (0,1%)		11,3	12,7	14,3
M. esp. seca após embebição (0,001 gr/cm <sup>3</sup> )		1,911	1,853	1,772
Grau de Compactação (%)		99	96	92

 <b>IPB</b> <small>INSTITUTO POLITÉCNICO DE BRAGANÇA</small> <small>Escola Superior de Tecnologia e Gestão</small>	<b>Ensaio CBR</b>			
	<b>Ensaio n.º</b>		31 (2)	
	<b>Pág.</b>	2 de 3		<b>Data:</b>


Teor de umidade						
Número do molde	1		2		3	
	H	H'	H	H'	H	H'
Número de cápsula	25	25	1	2	2	7
Peso da cápsula (0,01gr)	172,60	172,60	162,61	160,24	160,24	160,98
P.da cáps.e solo umid. (0,01gr)	596,10	785,20	507,00	716,80	490,50	776,10
P.da cáps.e solo seco (0,01gr)	562,40	723,00	480,30	654,30	465,00	699,00
Peso da água ( 0,01gr )	33,70	62,20	26,70	62,50	25,50	77,10
Peso do solo seco (0,01gr)	389,80	550,40	317,69	494,06	304,76	538,02
Teor de umid. (%)	8,6	11,3	8,4	12,7	8,4	14,3

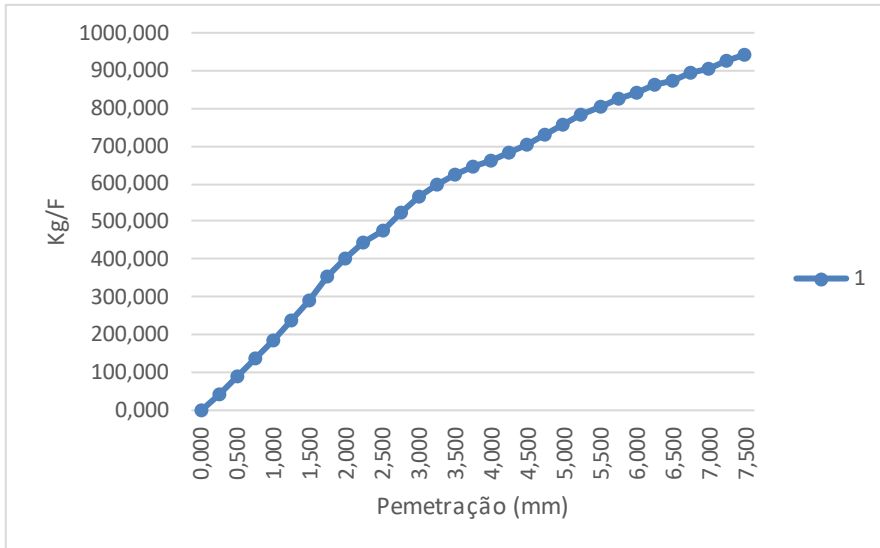
Penetração (mm)	1		2		3		Fz(kg)
	0,01 mm	kg/F	0,01 mm	kg/F	0,01 mm	kg/F	
0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0
0,5	0,09	110,16	0,07	85,68	0,03	36,72	370
1	0,20	244,80	0,19	232,56	0,06	73,44	629
1,5	0,33	402,90	0,29	353,94	0,09	110,16	903
2	0,46	561,00	0,37	451,86	0,12	146,88	1129
2,5	0,59	717,06	0,45	548,76	0,14	171,36	1355
5	1,19	1443,30	0,74	897,60	0,27	329,46	2033
7,5	1,65	1998,18	0,97	1176,06	0,37	451,86	2575
Correção 2,5mm	-	-	-	610,00	-	-	-
Correção 5mm	-	-	-	950,00	-	-	-
CBR (2,5mm)	52,92		45,02		12,65		-
CBR (5mm)	70,99		46,73		16,21		-
CBR calc. (95%)	40,20						-






## 5.8. APÊNDICE 8 - Ensaio de CBR *in situ*

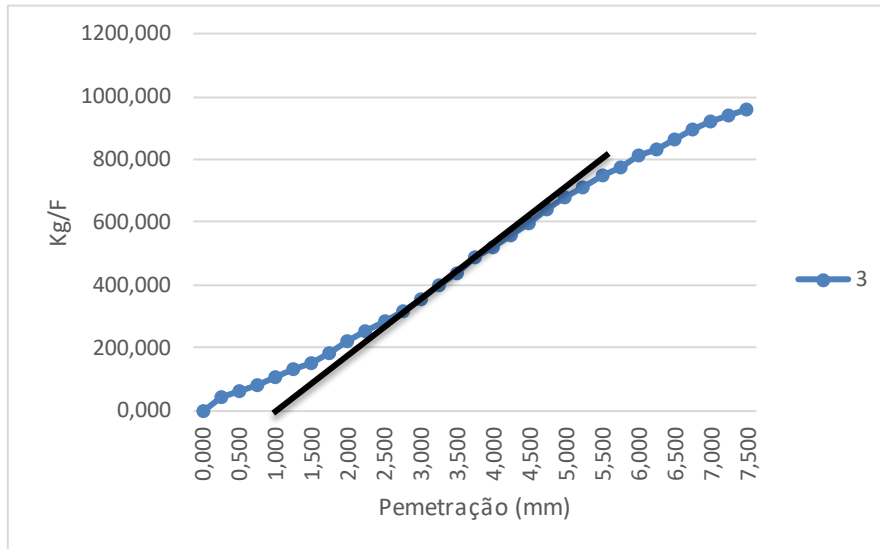
 INSTITUTO POLITÉCNICO DE BRAGANÇA Escola Superior de Tecnologia e Gestão		Ensaio de CBR <i>in situ</i>			
		Ponto n.º	1	GPS:	41° 57' 44" N 6° 48' 28" W
		Pág.:	1 de 2	Data:	23/10/2018
Pmacaco (Psi)=F/A	Medida (mm)	Kg/F			
<b>CBR in situ</b>	0,000	0,000			
	0,250	42,738			
	0,500	88,230			
	0,750	136,272			
	1,000	184,212			
	1,250	234,702			
	1,500	290,292			
	1,750	353,430			
	2,000	398,922			
	2,250	444,312			
	2,500	474,606			
	2,750	522,036			
	3,000	565,590			
	3,250	599,454			
	3,500	623,628			
	3,750	642,906			
	4,000	659,838			
	4,250	684,012			
	4,500	703,392			
	4,750	729,912			
	5,000	758,982			
	5,250	785,502			
	5,500	804,882			
	5,750	824,160			
	6,000	843,540			
6,250	862,818				
6,500	874,956				
6,750	894,336				
7,000	906,372				
7,250	925,752				
7,500	940,236				



Penetração (mm)	kg/F	Fz(kg)
2,5mm	474,61	<b>1355</b>
5mm	758,98	<b>2033</b>
Correção 2,5mm	-	-
Correção 5mm	-	-
CBR (2,5mm)	35,03	-
CBR (5mm)	37,33	-


## APÊNDICE 8 - Continuação

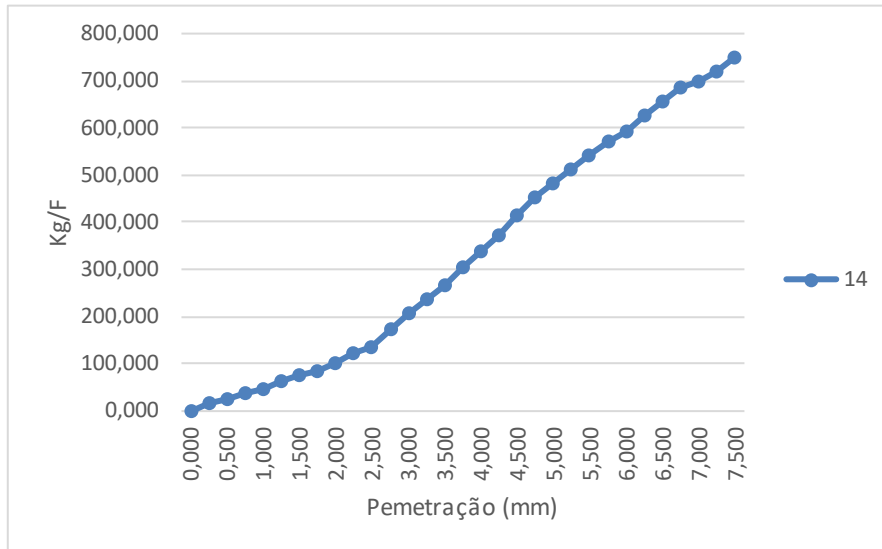
 <b>INSTITUTO POLITÉCNICO DE BRAGANÇA</b> Escola Superior de Tecnologia e Gestão		Ensaio de CBR in situ			
		Ponto n.º	3	GPS:	41° 57' 39" N 6° 48' 32" W
		Pág.:	1 de 2	Data:	23/10/2018
Pmacaco (Psi)=F/A	Medida (mm)	Kg/F			
<b>CBR in situ</b>	0,000	0,000			
	0,250	40,290			
	0,500	62,934			
	0,750	80,682			
	1,000	103,428			
	1,250	128,622			
	1,500	148,818			
	1,750	179,112			
	2,000	219,606			
	2,250	249,900			
	2,500	282,744			
	2,750	315,486			
	3,000	355,980			
	3,250	401,370			
	3,500	436,764			
	3,750	487,254			
	4,000	522,036			
	4,250	555,900			
	4,500	597,006			
	4,750	638,112			
	5,000	676,770			
	5,250	712,980			
	5,500	751,638			
	5,750	773,466			
6,000	812,124				
6,250	831,402				
6,500	865,266				
6,750	894,336				
7,000	920,856				
7,250	942,582				
7,500	961,962				



Penetração (mm)	kg/F	Fz(kg)
2,5mm	282,74	<b>1355</b>
5mm	676,77	<b>2033</b>
Correção 2,5mm	436,76	-
Correção 5mm	812,12	-
CBR (2,5mm)	32,23	-
CBR (5mm)	39,95	-


## APÊNDICE 8 - Continuação

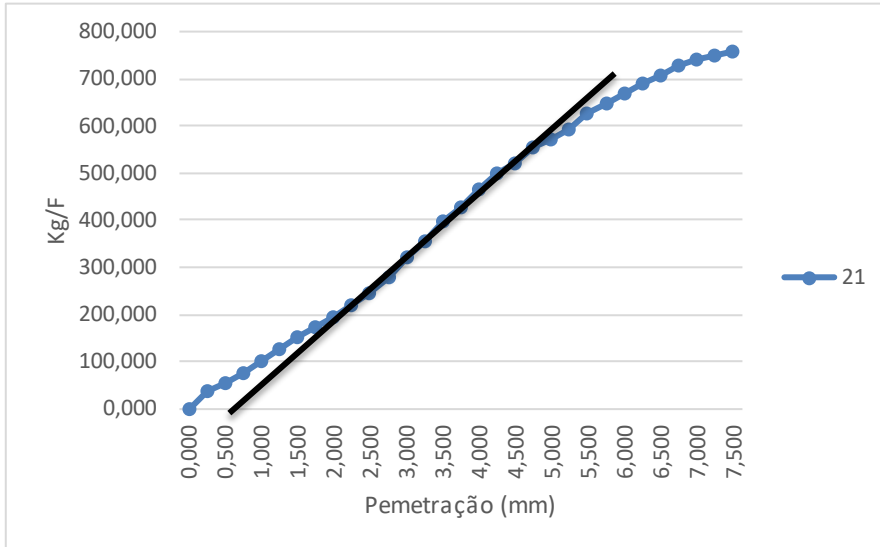
 <b>INSTITUTO POLITÉCNICO DE BRAGANÇA</b> Escola Superior de Tecnologia e Gestão		Ensaio de CBR in situ			
		Ponto n.º	14	GPS:	41° 57' 2" N 6° 48' 38" W
		Pág.:	1 de 2	Data:	23/10/2018
Pmacaco (Psi)=F/A	Medida (mm)	Kg/F			
<b>CBR in situ</b>	0,000	0,000			
	0,250	14,994			
	0,500	25,092			
	0,750	35,190			
	1,000	45,288			
	1,250	60,486			
	1,500	73,134			
	1,750	83,232			
	2,000	100,878			
	2,250	121,074			
	2,500	136,272			
	2,750	171,564			
	3,000	204,408			
	3,250	237,252			
	3,500	267,546			
	3,750	305,388			
	4,000	338,232			
	4,250	373,626			
	4,500	414,018			
	4,750	451,962			
	5,000	482,256			
5,250	512,448				
5,500	541,416				
5,750	570,384				
6,000	594,558				
6,250	625,974				
6,500	657,390				
6,750	684,012				
7,000	700,944				
7,250	720,222				
7,500	749,292				



Penetração (mm)	kg/F	Fz(kg)
2,5mm	136,27	<b>1355</b>
5mm	482,26	<b>2033</b>
Correção 2,5mm		-
Correção 5mm		-
CBR (2,5mm)	10,06	-
CBR (5mm)	23,72	-


## APÊNDICE 8 - Continuação

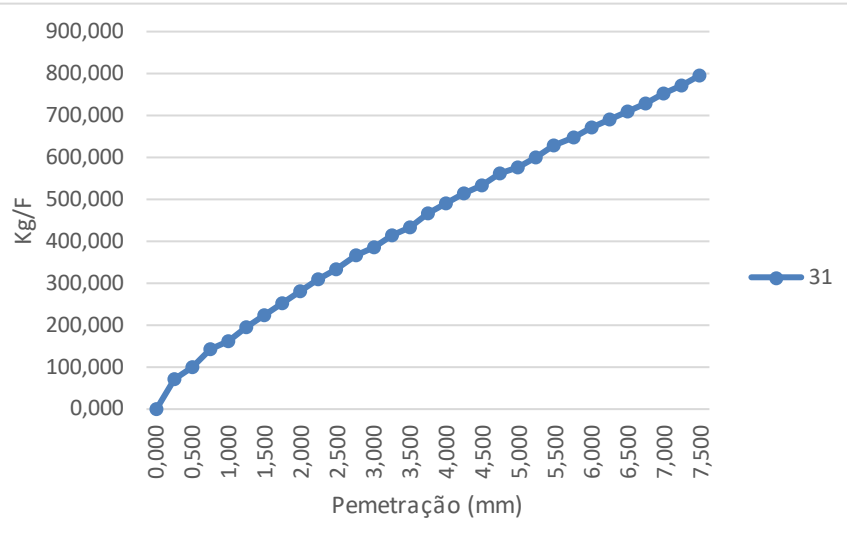
 <b>INSTITUTO POLITÉCNICO DE BRAGANÇA</b> Escola Superior de Tecnologia e Gestão		Ensaio de CBR in situ			
		Ponto n.º	21	GPS:	41° 56' 39" N 6° 48' 43" W
		Pág.:	1 de 2	Data:	23/10/2018
Pmacaco (Psi)=F/A	Medida (mm)	Kg/F			
<b>CBR in situ</b>	0,000	0,000			
	0,250	35,190			
	0,500	52,836			
	0,750	75,582			
	1,000	98,328			
	1,250	126,072			
	1,500	151,368			
	1,750	171,564			
	2,000	194,310			
	2,250	219,606			
	2,500	244,800			
	2,750	280,194			
	3,000	320,586			
	3,250	355,980			
	3,500	396,372			
	3,750	429,216			
	4,000	464,508			
	4,250	499,902			
	4,500	519,690			
	4,750	555,900			
	5,000	572,832			
	5,250	594,558			
	5,500	625,974			
	5,750	647,802			
	6,000	667,080			
6,250	688,806				
6,500	705,738				
6,750	729,912				
7,000	742,050				
7,250	751,638				
7,500	758,982				



Penetração (mm)	kg/F	Fz(kg)
2,5mm	244,80	<b>1355</b>
5mm	572,83	<b>2033</b>
Correção 2,5mm	320,59	-
Correção 5mm	625,97	-
CBR (2,5mm)	23,66	-
CBR (5mm)	30,79	-

## APÊNDICE 8 - Continuação

 <b>INSTITUTO POLITÉCNICO DE BRAGANÇA</b> Escola Superior de Tecnologia e Gestão		Ensaio de CBR in situ			
		Ponto n.º	31	GPS:	41° 56' 7" N 6° 48' 50" W
		Pág.:	1 de 2	Data:	23/10/2018
Pmacaco (Psi)=F/A	Medida (mm)	Kg/F			
<b>CBR in situ</b>	0,000	0,000			
	0,250	68,034			
	0,500	100,878			
	0,750	141,270			
	1,000	161,466			
	1,250	191,760			
	1,500	224,604			
	1,750	249,900			
	2,000	280,194			
	2,250	307,938			
	2,500	330,684			
	2,750	366,078			
	3,000	386,274			
	3,250	411,468			
	3,500	431,664			
	3,750	464,508			
	4,000	492,354			
	4,250	514,794			
	4,500	534,174			
	4,750	563,142			
	5,000	577,626			
	5,250	601,800			
	5,500	630,870			
	5,750	645,354			
	6,000	671,976			
6,250	688,806				
6,500	710,634				
6,750	729,912				
7,000	751,638				
7,250	773,466				
7,500	797,640				



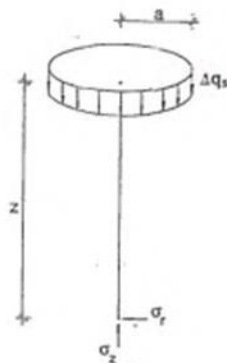
Penetração (mm)	kg/F	Fz(kg)
2,5mm	330,68	<b>1355</b>
5mm	577,63	<b>2033</b>
Correção 2,5mm		-
Correção 5mm		-
CBR (2,5mm)	24,40	-
CBR (5mm)	28,41	-

## 5.9. APÊNDICE 9 - Correlações

Nos ensaios de PDL e CBR em laboratório, o solo foi analisado em profundidade, enquanto que nos ensaios de carga em placa e CBR *in situ* apresenta um único resultado à superfície.

Os resultados de CBR em laboratório para o mesmo grau de compactação *in situ* da primeira camada foram determinado. Entretanto para a segunda camada não foi possível obter este resultado, usou-se portanto o CBR para o grau de compactação a 95%, para realizar as correlações.

Para correlacionar todos os ensaio, utilizou resultados equivalentes, relativos à superfície. Desta maneira, foi realizada uma média ponderada com os valores de K1 da imagem abaixo para os ensaios de CBR em laboratório e PDL quando comparados ao ensaio de carga em placa.



$$\sigma_z = \Delta q_s \cdot \left[ 1 - \left\{ \frac{1}{1 + (a/z)^2} \right\}^{3/2} \right] = K_1 \cdot \Delta q_s$$

$$\sigma_r = \sigma_\theta = \frac{\Delta q_s}{2} \left[ (1+2\nu) \frac{2(1+\nu)z}{(a^2+z^2)^{3/2}} + \frac{z^3}{(a^2+z^2)^{5/2}} \right] = K_2 \cdot \Delta q_s$$

z/a	K <sub>1</sub>	K <sub>2</sub>		
		ν = 0,3	ν = 0,4	ν = 0,5
0.0	1.000	0.800	0.900	1.000
0.1	0.999	0.671	0.761	0.851
0.2	0.992	0.549	0.629	0.710
0.3	0.976	0.438	0.510	0.581
0.4	0.949	0.343	0.406	0.469
0.5	0.911	0.263	0.319	0.374
0.6	0.864	0.199	0.248	0.296
0.7	0.811	0.149	0.191	0.234
0.8	0.756	0.110	0.147	0.185
0.9	0.701	0.080	0.113	0.146
1.0	0.646	0.058	0.087	0.116
1.2	0.547	0.028	0.051	0.074
1.4	0.461	0.012	0.030	0.049
1.5	0.424	0.006	0.023	0.040
1.6	0.390	0.003	0.018	0.033
1.8	0.332	0.000	0.010	0.023
2.0	0.284	0.000	0.006	0.016

Pressão uniforme aplicada a uma área circular. FONTE: [40]

E a correlação com resultados do ensaio PDL vs CBR, foi realizada uma média relativa a profundidade apresentada.

As tabelas abaixo, mostram os valores utilizados para as correlações.

Para os valores de K1, coeficiente de ponderação relativo a profundidade, foi utilizado:

<b>Estado de tensões</b>		
<b>a</b>	0,3	
<b>z</b>	<b>z/a</b>	<b>K1</b>
0,1	0,3	0,976
0,15	0,5	0,911
0,2	0,7	0,811
0,25	0,8	0,756
0,3	1,0	0,646
0,4	1,3	0,443
0,5	1,7	0,361
0,6	2,0	0,284
0,7	2,3	0,207
0,8	2,7	0,176
0,9	3,0	0,146
1	3,3	0,124

Os valores de CBR em laboratório para o grau de compactação *in situ*:

<b>Pontos</b>	<b>Camada</b>	<b>Prof. (cm)</b>	<b>CBR (%)</b>	<b>K1</b>	<b>CBR equivalente (%)</b>
<b>1</b>	<b>1.º</b>	10,00	38,79	0,976	36,04
	<b>2.º</b>	40,00	29,97	0,443	
<b>3</b>	<b>1.º</b>	25,00	36,84	0,756	31,87
	<b>2.º</b>	40,00	23,37	0,443	
<b>14</b>	<b>1.º</b>	20,00	17,62	0,811	24,74
	<b>2.º</b>	40,00	37,78	0,443	
<b>21</b>	<b>1.º</b>	10,00	29,33	0,976	26,71
	<b>2.º</b>	40,00	20,94	0,443	
<b>31</b>	<b>1.º</b>	10,00	30,14	0,976	33,28
	<b>2.º</b>	40,00	40,20	0,443	

Os resultados de carga em placa (EV1 e EV2 em MPa) utilizados para correlações dos pontos representativos foram:

<b>Pontos</b>	<b>Módulos de def. (MPa)</b>	
	<b>EV1</b>	<b>EV2</b>
<b>1</b>	108,6	157,2
<b>3</b>	124,9	142,6
<b>14</b>	37,9	63,0
<b>21</b>	124,5	101,8
<b>31</b>	67,1	99,6

Os valores do ensaio de PDL para correlações dos pontos representativos foram:

<b>Pontos</b>	<b>DPL - Resistência (qd)</b>				<b>Camada</b>	<b>Prof. (cm)</b>	<b>DPL (MPa)</b>
	<b>0,1</b>	<b>0,2</b>	<b>0,3</b>	<b>0,4</b>			
<b>1</b>	35,83	32,44	21,12	18,86	<b>1.º</b>	10,00	35,83
					<b>2.º</b>	40,00	24,14
<b>3</b>	44,88	37,34	17,35	8,67	<b>1.º</b>	25,00	30,30
					<b>2.º</b>	40,00	8,67
<b>14</b>	7,92	25,65	24,14	25,65	<b>1.º</b>	20,00	16,78
					<b>2.º</b>	40,00	24,89
<b>21</b>	15,46	14,71	24,89	14,71	<b>1.º</b>	10,00	15,46
					<b>2.º</b>	40,00	18,10
<b>31</b>	18,10	43,00	18,86		<b>1.º</b>	10,00	18,10
					<b>2.º</b>	40,00	30,93

E os resultados de PDL utilizados para correlação de todos os 31 pontos são apresentados a seguir:

<b>DPL</b>											
<b>Pontos</b>	<b>Resistência MPa (qd)</b>										<b>DPL equivalente (MPa)</b>
	<b>0,1</b>	<b>0,2</b>	<b>0,3</b>	<b>0,4</b>	<b>0,5</b>	<b>0,6</b>	<b>0,7</b>	<b>0,8</b>	<b>0,9</b>	<b>1</b>	
	<b>0,976</b>	<b>0,811</b>	<b>0,646</b>	<b>0,443</b>	<b>0,361</b>	<b>0,284</b>	<b>0,207</b>	<b>0,176</b>	<b>0,146</b>	<b>0,124</b>	
<b>1</b>	35,830	32,435	21,121	18,858							28,956
<b>2</b>	43,750	25,269	19,612	13,955	6,789	3,772	3,017	3,394	3,394	2,452	20,989
<b>3</b>	44,881	37,338	17,349	8,675	9,052	6,034	13,955	18,858			25,702
<b>4</b>	43,750	33,567	6,789	5,657	5,657	3,017	2,640	2,640	3,394	4,290	19,592
<b>5</b>	22,252	35,075	30,549	29,795	14,332	9,806	3,017	1,131	1,131	0,613	22,074
<b>6</b>	33,190	50,161	18,858								35,042
<b>7</b>	36,961	37,715									37,303
<b>8</b>	30,927	49,030	37,715								38,764
<b>9</b>	15,463	10,183	7,543	7,920	3,772	2,263	0,754	1,509	3,394	4,597	8,440
<b>10</b>	11,315	10,560	12,446	30,172	21,498	13,200	10,560	4,903	2,263	1,839	13,447
<b>11</b>	13,200	9,806	15,463	12,446	6,412	3,017	3,017	2,640	4,149	10,725	10,191
<b>12</b>	16,972	10,937	8,675	7,166	16,595	18,858					12,940
<b>13</b>	11,692	37,715	10,937	9,052	6,789	5,657	7,543	13,955	24,138		19,980
<b>14</b>	7,920	25,646	24,138	25,646	13,955	10,183	7,543	7,543	8,675	12,258	16,553
<b>15</b>	7,543	4,526	5,280	6,789	4,149	1,886	7,920	13,578	12,823	29,418	6,953
<b>16</b>	12,823	9,052	5,657	4,903	5,657	4,903	0,377	0,377	14,332	15,322	7,967
<b>17</b>	12,446	7,920	7,920	22,252	18,858						12,464
<b>18</b>	15,463	18,858	18,858								17,496
<b>19</b>	7,920	7,166	4,149	1,131	0,754	1,131	1,131	0,754	1,131	0,613	4,296
<b>20</b>	10,183	11,692	20,366	14,332	6,412	5,280	6,412	14,332	38,847		12,905
<b>21</b>	15,463	14,709	24,892	14,709	7,920	18,858					16,425
<b>22</b>	10,560	10,560	19,989	9,806	4,526	3,394	5,280	8,297	30,172	15,322	11,401
<b>23</b>	17,349	9,806	8,297	5,280	5,280	3,394	5,657	12,446	41,487		11,081
<b>24</b>	21,498	20,743	36,207	41,487							27,666
<b>25</b>	17,349	16,595	15,840	11,692	11,692	16,972	55,442	18,858			17,834
<b>26</b>	13,955	18,858	25,269	11,315	7,920	10,560	5,657	2,263	3,017	5,822	14,099
<b>27</b>	16,972	12,446	8,297	6,412	10,183	6,412	10,183	35,830	18,858		12,723
<b>28</b>	14,332	9,806	8,675	17,349	15,086	9,429	6,034	6,789	6,789	6,435	11,401
<b>29</b>	16,972	16,595	13,200	8,675	4,526	3,772	2,640	2,263	2,263	3,371	11,212
<b>30</b>	10,560	10,183	10,183	10,560	11,692	9,052	9,429	18,858			10,729
<b>31</b>	18,103	42,996	18,858								26,601