

**ESTUDO E AVALIAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS DA TEXTURA DE UM
TRECHO DE PAVIMENTO RODOVIÁRIO COM UTILIZAÇÃO DE
METODOLOGIAS PONTUAIS E CONTÍNUAS**

YASMIN YORRANE DUARTE

MONOGRAFIA DE PROJETO FINAL EM ENGENHARIA CIVIL

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA

FACULDADE DE TECNOLOGIA

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL

BRASÍLIA / DF: MAIO / 2021

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA

FACULDADE DE TECNOLOGIA

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL

**ESTUDO E AVALIAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS DA TEXTURA DE UM
TRECHO DE PAVIMENTO RODOVIÁRIO COM UTILIZAÇÃO DE
METODOLOGIAS PONTUAIS E CONTÍNUAS**

YASMIN YORRANE DUARTE

ORIENTADOR: LUIZ GUILHERME RODRIGUES DE MELLO

MONOGRAFIA DE PROJETO FINAL EM PAVIMENTAÇÃO

BRASÍLIA / DF: MAIO / 2021

**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL**

**ESTUDO E AVALIAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS DA TEXTURA DE UM
TRECHO DE PAVIMENTO RODOVIÁRIO COM UTILIZAÇÃO DE
METODOLOGIAS PONTUAIS E CONTÍNUAS**

YASMIN YORRANE DUARTE

**MONOGRAFIA DE PROJETO FINAL SUBMETIDA AO DEPARTAMENTO DE
ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL DA UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA COMO
PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE
BACHAREL EM ENGENHARIA CIVIL.**

APROVADA POR:

**Luiz Guilherme Rodrigues de Mello, D.Sc. (UnB)
(ORIENTADOR)**

**Rafael Cerqueira Silva, D.Sc. (UnB)
(EXAMINADOR)**

**Letícia Cardoso Nunes, Msc. (UnB)
(EXAMINADORA)**

DATA: BRASÍLIA/DF, 25 de MAIO de 2021.

FICHA CATALOGRÁFICA

DUARTE, YASMIN YORRANE

Estudo e avaliação das características da textura de um trecho de pavimento rodoviário com utilização de metodologias pontuais e contínuas.

Distrito Federal, 2021.

xii, 98 p., 297 mm (ENC/FT/UnB, Bacharel, Engenharia Civil, 2020)

Monografia de Projeto Final 01 - Universidade de Brasília. Faculdade de Tecnologia.

Departamento de Engenharia Civil e Ambiental.

1. Pavimentação

2. Textura do Pavimento

3. Métodos de Ensaio

4. Novas tecnologias

I. ENC/FT/UnB

II. Título (Bacharel)

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

DUARTE, Y.Y. (2021). Estudo e avaliação das características da textura de um trecho de pavimento rodoviário com utilização de metodologias pontuais e contínuas. Monografia de Projeto Final, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 98 p.

CESSÃO DE DIREITOS

AUTOR: Yasmin Yorrane Duarte

TÍTULO: Estudo e avaliação das características da textura de um trecho de pavimento rodoviário com utilização de metodologias pontuais e contínuas.

GRAU/ANO: Bacharel em Engenharia Civil / 2021

É concedida à Universidade de Brasília a permissão para reproduzir cópias desta monografia de Projeto Final e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte desta monografia de Projeto Final pode ser reproduzida sem a autorização por escrito do autor.

Yasmin Yorrane Duarte

Universidade de Brasília, Campus Darcy Ribeiro

Faculdade de Tecnologia, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental.

CEP 70910-900 – Brasília/DF – Brasil

yorrane@gmail.com

Dedico esse trabalho a minha mãe, que sempre me incentivou e acreditou em mim.

AGRADECIMENTOS

A minha mãe e irmãos, por toda a paciência ao longo desses anos de curso.

Ao Professor Luiz Guilherme que me aceitou como orientanda e propôs o tema do estudo.

Aos Professores Rafael Cerqueira Silva e Letícia Cardoso Nunes, que contribuíram com sugestões importantes para o melhor desenvolvimento da pesquisa.

À Dynatest Engenharia, pelo fornecimento de dados que subsidiaram essa pesquisa, em especial ao Daniel Borges e Isabela Mendoza, que se dispuseram a me explicar sobre as metodologias.

À Universidade de Brasília, essencial no meu processo de formação profissional. Um ciclo que se encerra e que deixará saudades.

Aos professores da UnB, por toda a dedicação e amor que entregam em suas aulas, principalmente nesse momento de pandemia. Carrego uma parte de cada um comigo.

Aos meus colegas de curso, pelo companheirismo e pela troca de experiências que me permitiram crescer não só como pessoa, mas também como formanda. Em especial a Isabela Melo, que deixou de ser colega de curso e se tornou uma grande amiga.

A todos os amigos e familiares que torceram por mim desde a minha entrada na universidade.

Ao meu namorado, pelo amor e apoio nessa etapa importante.

À todas as pessoas que contribuíram de alguma forma para a minha chegada a formatura.

“Acreditarei em qualquer coisa, por mais absurda e ridícula que seja, se existirem evidências para sustentá-la. Quanto mais absurda e mais ridícula for essa coisa, mais firmes e sólidas essas evidências terão que ser.”

Isaac Asimov

ESTUDO E AVALIAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS DA TEXTURA DE UM TRECHO DE PAVIMENTO RODOVIÁRIO COM UTILIZAÇÃO DE METODOLOGIAS PONTUAIS E CONTÍNUAS

RESUMO

O modal rodoviário é o que possui maior participação na matriz de transportes no país, tendo assim grande impacto no desenvolvimento e economia nacional. Em razão disso, se mostra imperativa a busca e utilização de ferramentas e equipamentos que tragam inovação e otimizem os processos e serviços realizados atualmente pelas entidades públicas e privadas. Nesse contexto, a presente pesquisa buscou atestar a confiabilidade dos equipamentos *Grip Tester* e *Pavement Scanner*, para avaliação da microtextura e macrotextura do pavimento, respectivamente, de forma a avaliar a pertinência da sua utilização, aumentando a velocidade dos levantamentos, frente à uma avaliação pontual realizada atualmente pelos métodos do Pêndulo Britânico e Mancha de Areia. Como conclusão, obteve resultados favoráveis à sua utilização em termos de correlação, confiabilidade das avaliações e custos envolvidos.

Palavras-chave: *Grip Tester*, *Pavement Scanner*, Pêndulo Britânico, Mancha de Areia, microtextura, macrotextura, textura superficial, atrito, novas tecnologias.

STUDY AND EVALUATION OF THE TEXTURE CHARACTERISTICS OF A ROAD PAVEMENT SEGMENT WITH THE USE OF PUNCTUAL AND CONTINUOUS METHODOLOGIES

ABSTRACT

The road transportation is the main transportation mode in Brazil, thus having a great impact on national development and economy. Therefore, it is of major importance to search and use tools and equipments that bring innovation and optimize the process and services performed by public and private entities. In this context, this research sought to attest the reliability of the equipments *Grip Tester* and *Pavement Scanner*, to evaluate the microtexture and macrotexture of the pavement, respectively, in order to evaluate the relevance of its use increasing the speed of the measurements currently performed, by the British Pendulum and Sand Patch Test methods, that make punctual evaluations. As a conclusion, it obtained favorable results for its use in terms of correlation, reliability of the evaluations and costs involved.

Keywords: *Grip Tester*, *Pavement Scanner*, British Pendulum, Sand Patch Test, microtexture, macrotexture, surface texture, friction, new technologies.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	16
1.1	MOTIVAÇÃO.....	18
1.2	OBJETIVOS DA PESQUISA.....	19
1.2.1	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	20
1.3	ESTRUTURA DO TRABALHO	20
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	22
2.1	ADERÊNCIA PNEU-PAVIMENTO.....	22
2.1.1	MACROTEXTURA.....	24
2.1.2	MICROTEXTURA.....	24
2.1.3	INTERAÇÃO PNEU-PAVIMENTO.....	25
2.2	ÍNDICES E EQUIPAMENTOS DE AVALIAÇÃO.....	27
2.2.1	MANCHA DE AREIA.....	27
2.2.2	PAVEMENT SCANNER.....	30
2.2.3	PÊNDULO BRITÂNICO.....	33
2.2.4	GRIP TESTER.....	35
2.3	CORRELAÇÃO ENTRE ÍNDICES.....	38
2.3.1	CÁLCULO DO IFI – MODELO PIARC.....	39
2.3.2	FAIXAS DE CLASSIFICAÇÃO DE VALORES DE IFI.....	43
2.4	ATRITO E SEGURANÇA DA RODOVIA.....	46
3	METODOLOGIA	50
3.1	ETAPA 1 – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	50
3.2	ETAPA 2 – OBTENÇÃO DOS DADOS.....	51
3.3	ETAPA 3 – ESTUDO DE CASO.....	56
3.4	ETAPA 4 – CALIBRAÇÃO DOS EQUIPAMENTOS.....	56
3.5	ETAPA 5 – COMPARATIVO DOS MÉTODOS.....	57
4	ANÁLISE DOS RESULTADOS.....	59
4.1	ESTUDO DE CASO.....	59
4.1.1	MACROTEXTURA.....	59
4.1.2	MICROTEXTURA.....	61
4.1.3	CORRELAÇÃO ENTRE ÍNDICES UTILIZANDO O IFI.....	62
4.2	CALIBRAÇÃO DO PAVEMENT SCANNER E DO GRIP TESTER PARA CÁLCULO DO IFI.....	69
4.2.1	1ª TENTATIVA.....	69
4.2.2	2ª TENTATIVA.....	70
4.2.3	3ª TENTATIVA.....	73

4.3	COMPARATIVO ENTRE OS MÉTODOS	77
4.3.1	CUSTOS DOS ENSAIOS.....	77
4.3.2	COMPARATIVO ENTRE METODOLOGIAS	79
5	CONCLUSÃO	80
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	83
	ANEXO A – DADOS UTILIZADOS NO ESTUDO DE CASO NA ÍNTEGRA	86
	ANEXO B – DADOS UTILIZADOS NA 3ª TENTATIVA DE CALIBRAÇÃO DOS EQUIPAMENTOS <i>PAVEMENT SCANNER</i> E <i>GRIP TESTER</i>	96
	ANEXO C – COMPOSIÇÕES DE CUSTO UNITÁRIO.....	97

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 Representação dos fenômenos de adesão e histerese (adaptado de MATAEI et al., 2016).....	23
Figura 2.2 Macrotextura e microtextura do pavimento (MATTOS, 2009).	23
Figura 2.3 Tipos de superfície em função da classe da macrotextura e microtextura (APS, 2006).	26
Figura 2.4 Esquema representativo do ensaio de Mancha de Areia (MATTOS, 2009).....	28
Figura 2.5 Equipamento para medição da macrotextura pelo método da mancha de areia (ASTM E 965, 2019).	29
Figura 2.6 - <i>Pavement Scanner</i> (Pavemetrics, 2020).	30
Figura 2.7 <i>Laser Cracking Measurement System - LCMS</i> (Pavemetrics, 2020).	31
Figura 2.8 - <i>Mean Profile Depth - MPD</i> (FLINTSCH et al., 2003).....	33
Figura 2.9 Elementos constituintes do Pêndulo Britânico (MATTOS, 2009).	34
Figura 2.10 <i>Grip Tester</i> Modelo MK2 da Findlay Irvine (Findlay Irvine, 2020).	36
Figura 2.11 <i>Micro Grip Tester</i> (Findlay Irvine, 2020).	37
Figura 2.12 Curva de referência do modelo do IFI (APS, 2006).....	43
Figura 2.13 Significado das distintas zonas de um diagrama de atrito – textura (adaptado de WANBOLD et al., 1995).....	43
Figura 2.14 - Taxa de Acidentes em Pavimentos Molhados versus Coeficiente de Atrito da Superfície do Pavimento (MATAEI, 2016).....	49
Figura 3.1 Etapas envolvidas na pesquisa	50
Figura 3.2 Equipamento <i>Pavement Scanner</i> utilizado nos levantamentos (Dynatest, 2021). ..	52
Figura 3.3 Equipamento <i>Grip Tester</i> utilizado pela empresa (Dynatest, 2021).	54
Figura 3.4 Quadro resumo dos levantamentos realizados	55
Figura 4.1 Comparação entre os resultados da macrotextura obtidos pelos dois métodos	60
Figura 4.2 Condição da macrotextura pela Mancha de Areia.....	60
Figura 4.3 Condição da macrotextura pelo MTD obtido com o <i>Pavement Scanner</i>	60
Figura 4.4 Condição da microtextura pelo Pêndulo Britânico.....	62
Figura 4.5 Condição da microtextura pelo <i>Grip Tester</i>	62
Figura 4.6 Tipo de intervenção recomendada com base no valor do IFI obtido com a Mancha de Areia e Pêndulo Britânico (adaptado de APS, 2006).....	64
Figura 4.7 Tipo de intervenção recomendada com base no valor do IFI obtido com o <i>Pavement Scanner</i> (MTD) e <i>Grip Tester</i> (adaptado de APS, 2006)	66
Figura 4.8 Comparação entre os resultados do IFI dos levantamentos pontuais versus levantamentos contínuos.....	67
Figura 4.9 Condição da aderência pneu-pavimento pelo método do IFI calculado com os ensaios da Mancha de Areia e Pêndulo Britânico	68
Figura 4.10 Condição da aderência pneu-pavimento pelo método do IFI calculado com os equipamentos <i>Pavement Scanner</i> e <i>Grip Tester</i>	68
Figura 4.11 Regressão S_p da Mancha de Areia x MTD obtido com <i>Pavement Scanner</i> na 1ª tentativa.....	69
Figura 4.12 Regressão S_p da Mancha de Areia x MTD obtido com <i>Pavement Scanner</i> na 2ª tentativa.....	70

Figura 4.13 Regressão F60 da Mancha de Areia e Pêndulo Britânico x FR60 obtido com <i>Grip Tester</i> e <i>Pavement Scanner</i> calibrado pela 2ª tentativa	71
Figura 4.14 Comparação entre os resultados do IFI dos levantamentos pontuais versus levantamentos contínuos pós calibração da 2ª tentativa	72
Figura 4.15 Regressão S_p da Mancha de Areia x MTD obtido com <i>Pavement Scanner</i> pela 3ª tentativa.....	73
Figura 4.16 Regressão F60 da Mancha de Areia e Pêndulo Britânico x FR60 obtido com <i>Grip Tester</i> e <i>Pavement Scanner</i> calibrado pela 3ª tentativa	74
Figura 4.17 Comparação entre os resultados do IFI dos levantamentos pontuais versus levantamentos contínuos pós calibração da 3ª tentativa	76
Figura 4.18 Aceitabilidade do trecho estudado pelo IFI	76

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1 - Classificação da textura na superfície do pavimento (ASTM E-867, 2020).....	24
Tabela 2.2 - Classes de macrotextura pelo método da mancha de areia (DNIT, 2006).	30
Tabela 2.3 Correção da leitura do Pêndulo Britânico devido à temperatura (DNIT,2006).....	35
Tabela 2.4 - Classes de microtextura pelo Método do Pêndulo Britânico (DNIT, 2006).	35
Tabela 2.5 - Faixas de valores de referência de GN e conceituação (Adaptado de AMARANTE JR. et al., 2005)	38
Tabela 2.6 - Valores de a e b para estimativa da constante S_p (WANBOLD et al., 1995).	40
Tabela 2.7 - Relação de equipamentos calibrados pela PIARC (WANBOLD et al., 1995).....	42
Tabela 2.8 - Classificação de valores do IFI (APS, 2006).....	45
Tabela 2.9 Valores do IFI (DNIT, 2006).....	45
Tabela 3.1 – Resultado do levantamento da macrotextura pelo método da Mancha de Areia (Dynatest, 2020).	51
Tabela 3.2 Resultado do levantamento da microtextura pelo método do Pêndulo Britânico (Dynatest, 2020).	52
Tabela 3.3 Resultado do levantamento da macrotextura pelo <i>Pavement Scanner</i> (Dynatest, 2020).	53
Tabela 3.4 Resultado do levantamento da microtextura pelo <i>Grip Tester</i> (Dynatest, 2020). ..	54
Tabela 4.1 Avaliação da macrotextura do segmento.....	59
Tabela 4.2 Avaliação da microtextura do segmento	61
Tabela 4.3 IFI - Mancha de Areia versus Pêndulo Britânico.....	64
Tabela 4.4 IFI – <i>Pavement Scanner</i> (MTD) versus <i>Grip Tester</i>	65
Tabela 4.5 Síntese dos resultados do IFI	67
Tabela 4.6 Constantes propostas para cálculo de S_p com <i>Pavement Scanner</i>	70
Tabela 4.7 Constantes propostas para cálculo de F60 com <i>Grip Tester</i>	71
Tabela 4.8 Síntese dos resultados do IFI pós calibração da 2ª tentativa	72
Tabela 4.9 Constantes propostas para cálculo de S_p e F60 com <i>Pavement Scanner</i> e <i>Grip Tester</i> obtidos na 2ª e 3ª tentativas.....	74
Tabela 4.10 Síntese dos resultados do IFI pós calibração da 3ª tentativa	75
Tabela 4.11 Custos unitários dos ensaios (SICRO, 2017).....	77
Tabela 4.12 Custos dos ensaios para um levantamento de 5 km	78

LISTA DE NOMENCLATURAS E ABREVIACÕES

AIPCR – *Association Internationale Permanente des Congrès de la Route*

ANAC – Agência Nacional de Aviação Civil

ANTT – Agência Nacional de Transporte Terrestre

ARTESP – Agência Nacional do Estado de São Paulo

ASTM – *American Society for Testing and Materials*

BPN – *British Pendulum Number*

CNT – Confederação Nacional de Transportes

DNIT – Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes

GN – *Grip Number*

IAC – Instrução de Aviação Civil

ICAO – *International Civil Aviation Organization*

IFI – *International Friction Index*

IPEA – Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada

IRI – *International Roughness Index*

LCMS – *Laser Cracking Measurement System*

MPD – *Mean Profile Depth*

MTD – *Mean Texture Depth*

OECD – *Organization for Economic Cooperation and Development*

PIARC – *Permanent International Association of Road Congresses*

PRF – Polícia Rodoviária Federal

SICRO – Sistema de Custos Referenciais de Obras

UnB – Universidade de Brasília

VRD – Valor de Resistência à Derrapagem

LISTA DE SÍMBOLOS

- a e b – Constantes determinadas em função do equipamento utilizado
- A, B e C – Constantes de calibração de acordo com o equipamento utilizado
- D_m – Diâmetro médio da mancha de areia medido em 4 direções
- F60 – Valor do atrito harmonizado para a velocidade de 60 km/h
- Fh – Força Horizontal
- FR60 – Valor do atrito ajustado para a velocidade de 60 km/h
- FRS – Valor do atrito medido a uma velocidade V
- Fv – Força Vertical
- H_1 – Altura do maior pico da primeira metade do segmento no cálculo do MPD
- H_2 – Altura do maior pico da segunda metade do segmento no cálculo do MPD
- H_m – Altura média do segmento
- HS – Profundidade média de mancha de areia
- Km - Quilômetro
- R^2 – Coeficiente de determinação
- S – Velocidade de deslizamento relativo do equipamento de avaliação da microtextura
- S_p – Constante de referência de velocidade
- Tx – Valor de macrotextura medida no pavimento
- V – Velocidade do veículo
- V – Volume de material granular

1 INTRODUÇÃO

A malha rodoviária brasileira conta com aproximadamente 214.000 km de rodovias pavimentadas, 12,4% da malha total, de acordo com as últimas pesquisas conduzidas pela Confederação Nacional do Transportes – CNT, no ano de 2019, sobre a qualidade das rodovias brasileiras. Esse valor está longe de ser o ideal, entretanto, segundo o estudo, o modal rodoviário é o que possui maior participação na matriz de transportes do país, movimentando 61% das mercadorias e 95% dos passageiros.

Enquanto isso, a comunidade rodoviária nacional encontra-se em um momento de aprimoramento tecnológico, o que pode ser percebido pelos esforços conduzidos pelo Ministério da Infraestrutura e suas vinculadas, na modernização e informatização de processos e serviços públicos, bem como ampliação do diálogo sobre inovação na área por meio de promoção de eventos.

Apesar dos esforços, o país ainda tem muito o que crescer nesse sentido e se mostra imperativa a busca por mais ferramentas que tragam inovação e otimizem os serviços realizados pelas entidades públicas da área, dada a importância e o impacto da infraestrutura rodoviária para o desenvolvimento econômico do país.

Um pavimento viário adequado deve atender bem a três critérios básicos: estrutural, funcional e de segurança. O aspecto estrutural diz respeito ao dimensionamento do pavimento de modo a entregar um pavimento composto por camadas que protejam o subleito das ações impostas pelo tráfego. O aspecto funcional se relaciona com o conforto ao rolamento percebido pelo usuário, e é dado principalmente pela camada de revestimento. Por fim, a segurança do pavimento se deve a aderência pneu-pavimento entregue aos veículos durante o tráfego.

No que concerne ao aspecto de segurança, a textura do pavimento se relaciona diretamente a esse critério, visto que uma textura adequada contribui para a resistência a derrapagem e drenagem da água do pavimento, um dos principais fatores quando se fala em acidentes rodoviários. Esta se relaciona também ao aspecto funcional da via, apesar de uma textura maior se mostrar mais eficiente quanto aos fatores mencionados, uma textura excessivamente rugosa e aberta pode causar ruído indesejado e desgaste dos veículos que trafegam na via.

A textura do revestimento do pavimento pode ser dividida entre macrotextura e microtextura. A microtextura está relacionada com a aspereza dos agregados utilizados e a macrotextura é dada pela dimensão e arranjo desses agregados dentro da mistura asfáltica. Em um sistema de gerência de pavimentos, esses dois aspectos são avaliados no recebimento de pavimentos novos e nas avaliações periódicas de qualidade.

No âmbito de rodovias federais concessionadas no Brasil, desde 1996, em seus primeiros contratos de concessão, a Agência Nacional de Transporte Terrestre – ANTT, já prevê o monitoramento da aderência pneu-pavimento anualmente para seguimentos críticos. Em 2009, estabelece no Programa de Concessão Rodoviária (PER) da BR-116/BA e BR-324/BA, quais equipamentos devem ser utilizados para obtenção da macrotextura e microtextura do pavimento, bem como limites aceitáveis. A partir de 2013, todas as concessões de 3ª e 4 etapas também apresentam os mesmos critérios.

A avaliação da microtextura apresenta um indicativo da aderência pneu-pavimento encontrada na via, esse fator é verificado por meio do coeficiente de atrito existente nessa interação, que é entregue pela rugosidade do pavimento (microtextura). Por sua vez, a textura superficial, ou macrotextura, também é um fator determinante na aderência pneu-pavimento, principalmente a altas velocidades, onde esse fator protagoniza, governando a interação.

Atualmente, no mundo se dispõem de diversos equipamentos e métodos de avaliação da textura e atrito do pavimento. No Brasil, essas avaliações são realizadas em campo através dos ensaios de Mancha de Areia, para avaliar a macrotextura do pavimento, e Pêndulo Britânico, para a microtextura, como indicado no Manual de Restauração de Pavimentos Asfálticos do DNIT (2006).

Ambos os equipamentos são portáteis, de especificações econômicas e capazes de fornecer informações importantes sobre a textura dos revestimentos, como destacado no referido manual. Além disso, são de utilização simplória e se mostram bastante confiáveis nas medições. Entretanto, apesar das vantagens apresentadas, essas metodologias de obtenção dos parâmetros de textura apresentam resultados pontuais que se mostram obsoletos frente a outros dispositivos disponíveis atualmente no mercado.

SCABELLO (2000) aponta que a forma de avaliação da textura no Brasil é muito artesanal propiciando o enviesamento dos resultados pelo fator humano, e defende que avaliações mecanizadas propiciam a obtenção de resultados mais fidedignos. Outras desvantagens que podem ser atribuídas a utilização dos métodos pontuais são a baixa produtividade e o risco de acidentes envolvendo o operador do ensaio e os usuários da via, que ficam confusos com os desvios do tráfego.

1.1 MOTIVAÇÃO

Nesse contexto, são apresentados o *Grip Tester* e *Pavement Scanner*, ou *PavScan*, para leitura da microtextura e macrotextura do pavimento, respectivamente. Ambos os equipamentos conseguem fazer leituras em velocidades de até 100 km/h de toda a extensão do pavimento e já são utilizados atualmente no Brasil, apesar de não haver normativos que instruem sua utilização.

O equipamento *Grip Tester* já é amplamente utilizado no país em pavimentos aeroportuários. A Agência Nacional de Aviação Civil – ANAC, prevê sua utilização e estabelece velocidades de levantamento e limites mínimos aceitáveis do coeficiente de atrito (ANAC, 2012).

Quanto a utilização do equipamento no âmbito rodoviário, é possível citar estudo de caso conduzido por AMARANTE JR. et al., (2005), que utilizou do *Grip Tester* para comparação da microtextura do pavimento, apresentada antes e depois de aplicação de técnica de fresagem fina. O estudo foi realizado para o trecho conhecido como Serra das Araras, localizada na rodovia concessionada BR-116/RJ, com objetivo de prevenir a ocorrência de acidentes.

Atualmente, a Agência Nacional do Estado de São Paulo – ARTESP (2021), já estabelece em seus contratos de concessões rodoviárias, a utilização do *Grip Tester* e equipamento de escaneamento de superfície (tecnologia laser), com especificações correspondentes ao *Pavement Scanner*. A agência recomenda a realização dos ensaios da Mancha de Areia e Pêndulo Britânico para eventuais calibrações e aferições dos resultados obtidos com os equipamentos de levantamento contínuo.

A empresa Dynatest Engenharia Ltda apresenta *cases* de utilização dos equipamentos no país inteiro. Um estudo recente que pode ser citado, apresentado à Prefeitura da Cidade do Rio de Janeiro em março de 2021, consistiu em avaliar as características de aderência, geometria e

defeitos do Aterro do Flamengo, localizado no Rio de Janeiro, onde a macrotextura foi obtida pelo Mancha de Areia e também pelo *Pavement Scanner* (Dynatest, 2021).

Quanto a produtividade dos levantamentos, CORDEIRO *et al.* (2017) conduziu estudo que comparou os métodos tradicionais e contínuos, chegando à conclusão que os métodos mecanizados possuem uma produtividade de 50 km/h por hora em média para o levantamento com os dois equipamentos, enquanto que os levantamentos tradicionais atingem uma taxa de 0,010 km/h, isto é, 10 m/h. FERREIRA (2016) encontrou em seu estudo uma produtividade de 20 avaliações pontuais diárias em campo para o Pêndulo Britânico, onde cada avaliação corresponde a uma estaca, enquanto que para o *Grip Tester* encontrou um tempo de 10 minutos para um trecho de 300 m, ou seja, 15 estacas.

Sobre os resultados obtidos, CORDEIRO *et al.* (2017), atribuiu a baixa produtividade dos levantamentos pontuais a ações de desvio de tráfego prévias aos ensaios e apontou que, além do dispêndio em termos de tempo, os levantamentos também trazem risco a vida dos avaliadores técnicos, uma vez que o tráfego de veículos, inclusive de grande porte, ocorre à uma grande proximidade da condução do ensaio, fator que pode influenciar inclusive no resultado da avaliação, devida a pressa em liberar o tráfego novamente.

Dado o exposto, uma vez que os equipamentos *Grip Tester* e *Pavement Scanner* já vem sendo utilizados no âmbito nacional por entidades públicas e privadas, possuindo a capacidade de dar celeridade aos levantamentos sem ensejar em risco a vida dos operadores, essa pesquisa busca fornecer subsídios que evoluam sua utilização no país, por meio do estudo da correlação dos resultados obtidos pelos mesmos e pelas metodologias já utilizadas pelo Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes - DNIT, de modo a atestar a confiabilidade dos seus resultados.

1.2 OBJETIVOS DA PESQUISA

O presente trabalho tem como objetivo geral avaliar a confiabilidade dos métodos de leitura contínua de atrito e textura superficial do pavimento e a pertinência da sua utilização, aumentando a velocidade dos levantamentos, frente à uma avaliação pontual realizada atualmente.

1.2.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Comparar os resultados obtidos por levantamento contínuo com *Pavement Scanner* e *Grip Tester* para macrotextura e microtextura do pavimento, com os ensaios pontuais de Mancha de Areia e Pêndulo Britânico utilizando o método do *International Friction Index* (IFI);
- Avaliar a confiabilidade dos métodos de levantamento contínuo e a pertinência da sua utilização exclusiva para análise de textura do pavimento, buscando o abandono dos métodos pontuais;
- Analisar economicamente os custos envolvidos nos levantamentos contínuos e nos ensaios pontuais e compará-los.

1.3 ESTRUTURA DO TRABALHO

O presente trabalho está estruturado em cinco capítulos. O primeiro apresenta à introdução da pesquisa, justificativa e motivação do estudo, objetivos gerais e específicos a serem alcançados. O segundo capítulo apresenta a revisão bibliográfica dividida em quatro partes: a) aderência pneu-pavimento; b) índices e equipamentos de avaliação; c) correlação entre índices e; d) atrito e segurança da rodovia.

No segundo capítulo serão apresentados os aspectos que influenciam a aderência pneu-pavimento e como eles se relacionam com a macrotextura e microtextura. Depois, serão apresentados os equipamentos utilizados para avaliação destes, suas rotinas de ensaio e índices obtidos, nos levantamentos pontuais, por meio do método da Mancha de Areia e Pêndulo Britânico, e nos levantamentos contínuos, com o *Pavement Scanner* e *Grip Tester*. Depois será introduzido o *International Friction Index* – IFI, um método para correlações desses índices. Por fim, é apresentado uma breve revisão da bibliografia disponível sobre a relação desses índices e a segurança na rodovia, através da tentativa de correlacioná-los com a ocorrência de acidentes.

O terceiro capítulo descreve a metodologia empregada nesse estudo em 5 etapas. Apresenta os dados obtidos a ser analisados e sua forma de obtenção, e explica as análises que serão realizadas.

O quarto capítulo concretiza o que foi previsto na metodologia e é dividido em três partes. A primeira faz a avaliação da macrotextura e microtextura levantada pelos equipamentos, e compara os dados por meio de índice internacional de atrito. A segunda objetiva calibrar os equipamentos *Pavement Scanner* e *Grip Tester* de modo adequar melhor a sua utilização. E a terceira e última parte, avalia os custos e produtividade das metodologias do estudo e compara suas vantagens e desvantagens.

Por fim, o quinto capítulo avalia se os objetivos propostos foram atendidos, expõe as dificuldades encontradas no decorrer do estudo, consolida as conclusões finais e fornece sugestões para pesquisas futuras.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 ADERÊNCIA PNEU-PAVIMENTO

O Manual de Restauração de Pavimentos Asfálticos do DNIT (2006) aponta a resistência a derrapagem como um entre os mais importantes defeitos a ser considerado visando a intervenção em rodovias. As condições adequadas de atrito e aderência na interação pneu-pavimento estão ligadas a resistência a derrapagem proporcionada aos veículos na pista, sendo importantes fatores de segurança, principalmente em condição de pavimento molhado.

A força de atrito consiste na força tangencial que atua no contato pneu-pavimento de modo a resistir ao movimento do veículo na direção longitudinal da via. O termo aderência refere-se ao limite de atrito desenvolvido. O atrito é responsável por proporcionar ao veículo mobilidade, dirigibilidade e condições de desenvolver manobras seguras como aceleração, parada e deslocamento em curvas.

MATAEI et al. (2016), explica que o atrito se apresenta como a soma de dois fenômenos: adesão e histerese. A adesão é dada pelas forças intermoleculares das superfícies (Van der Waals). Está relacionada com o tempo de contato entre os dois materiais, velocidade de deslizamento, composição da borracha do pneu e microtextura do revestimento asfáltico.

O fenômeno da histerese é função da perda de energia devido a deformação cíclica dada a compressão e descompressão da borracha do pneu em contato com a aspereza do revestimento. MATAEI et al. (2016), cita que o componente de histerese atinge seu valor máximo a altas velocidades de rolamento enquanto a adesão atinge seu valor máximo em velocidades mais baixas. A Figura 2.1 representa os dois fenômenos mencionados.

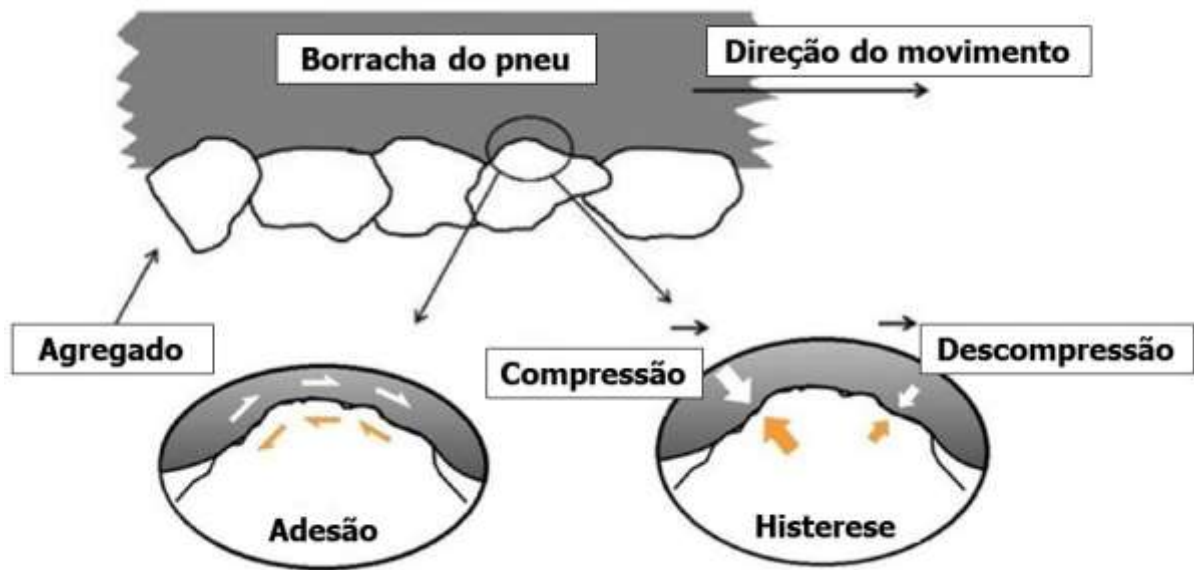


Figura 2.1 Representação dos fenômenos de adesão e histerese (adaptado de MATAEI et al., 2016).

O desenvolvimento de atrito entre pneu-pavimento está relacionado com as características de duas escalas da textura da superfície do revestimento: macrotextura e microtextura. A macrotextura está relacionada com a dimensão e arranjo dos agregados presente no revestimento asfáltico, enquanto a microtextura se relaciona com a aspereza desses agregados. A Figura 2.2 ilustra a diferença entre as duas escalas de textura.

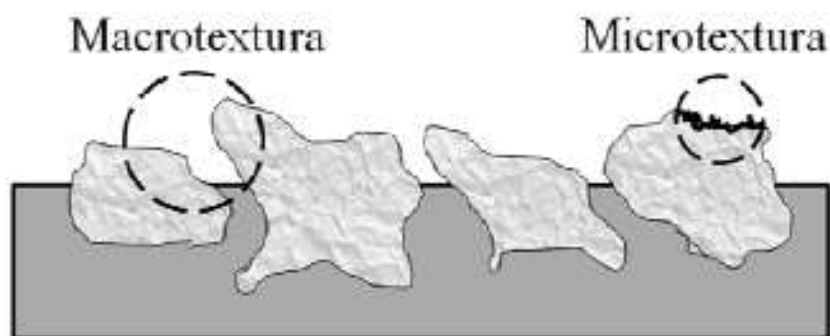


Figura 2.2 Macrotextura e microtextura do pavimento (MATTOS, 2009).

A ASTM E-867 (2020) classifica as escalas de textura em três categorias de acordo com o comprimento e altura de onda dos seus componentes: microtextura, macrotextura e

megatextura. Comprimentos de onda maiores que 50 cm são considerados irregularidades do pavimento. A Tabela 2.1 apresenta a classificação da ASTM.

Tabela 2.1 - Classificação da textura na superfície do pavimento (ASTM E-867, 2020).

Escala	Intervalo de dimensões	
	Horizontal	Vertical
Microtextura	0 - 0,5 mm	0 - 0,2 mm
Macrotextura	0,5 - 50 mm	0,2 - 10 mm
Megatextura	50 - 500 mm	1 - 50 mm
Irregularidade	500 - 5000 mm	1 -1200 mm

2.1.1 MACROTEXTURA

A macrotextura é função da rugosidade transmitida pelos desvios entre as partículas dos agregados na superfície do pavimento e afeta o atrito no que concerne ao componente da histerese. A magnitude desse componente depende do tamanho, formato e distribuição dos agregados utilizados na mistura asfáltica do revestimento, bem como do teor de betume. Pode ser classificada como aberta (grosseira) ou fechada (fina).

A macrotextura é responsável pela aderência pneu-pavimento em velocidades médias a altas, sendo responsável por escoar as águas superficiais do pavimento e evitar a derrapagem do veículo. O desgaste imposto pela ação do tráfego ao longo do tempo deixa a macrotextura mais fechada, diminuindo a capacidade de escoar a água, o que constitui em fator de risco para a segurança viária. (MATTOS, 2009).

2.1.2 MICROTEXTURA

A microtextura é a menor escala de irregularidade do pavimento, é função da aspereza dos agregados pétreos individuais e pode ser classificada como rugosa ou polida (lisa). A aspereza do agregado é atribuída principalmente a sua composição mineralógica e estrutura e exerce influência no componente de adesão do atrito. A magnitude da microtextura depende da rugosidade inicial da superfície do agregado e da resistência ao polimento pelas ações do tráfego e do tempo, bem como pela capacidade de manter arestas vivas (MATAEI et al.,2016).

Em pavimentos molhados, a microtextura tem papel principal na resistência à derrapagem de veículos quando em velocidades baixas a moderadas, aproximadamente até 50 km/h, sendo responsável pela ruptura da película de água formada na superfície do pavimento. Em velocidades maiores, onde o contato entre o pneu e pavimento diminui, cabe a macrotextura garantir a drenagem superficial (MATTOS, 2009).

2.1.3 INTERAÇÃO PNEU-PAVIMENTO

A superfície resultante do pavimento depende das características conjuntas da macro e microtextura do revestimento asfáltico. A boa interação pneu-pavimento está relacionada com a qualidade da área de contato entre os dois elementos. A perda de contato entre pneu-pavimento é influenciada principalmente pela altura de lâmina d'água presente no pavimento e velocidade desenvolvida pelo veículo (MATTOS, 2009).

A presença de água no pavimento pode levar a dois fenômenos importantes: hidroplanagem e viscoplanagem. De acordo com MATTOS (2009), a viscoplanagem é responsável pela maior parte dos acidentes por derrapagem e consiste na perda de aderência entre o pneu e o pavimento provocada por pequena presença de água, altura menor que 0,10 mm. A hidroplanagem ocorre quando o veículo perde totalmente o contato com a superfície do pavimento devido a lâmina d'água, fazendo com que o pneu flutue sobre a água e o motorista perca o controle do veículo.

Ambos os fenômenos têm relação com a condição da textura do pavimento e da capacidade de drenabilidade da água pelo pavimento, além de fatores como a qualidade e conservação dos pneus, intensidade pluviométrica e habilidade do motorista.

Em termos da macro e microtextura, a superfície do pavimento pode ser classificada de quatro formas: rugosa e aberta, rugosa e fechada, polida e aberta e polida e fechada. A condição rugosa e aberta é a mais desejável, pois apresenta elevado atrito por adesão e histerese, logo melhores condições de segurança mesmo na presença de água na pista. A condição polida e fechada é a menos desejável e caracteriza um pavimento que já atingiu seu limite funcional, necessitando intervenção. A Figura 2.3 ilustra os tipos de superfície mencionados.

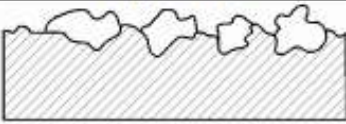



Microtextura	Macrot textura	Superfície	Tipo de Textura
Rugosa	Aberta		Rugosa e Aberta
	Fechada		Rugosa e Fechada
Polid a ou Lisa	Aberta		Polid a e Aberta
	Fechada		Polid a e Fechada

Figura 2.3 Tipos de superfície em função da classe da macrot textura e microtextura (APS, 2006).

Como pôde ser observado, a boa qualidade dos agregados tem fator de importância na textura do pavimento. BERNUCCI et al. (2008) apresenta as características tecnológicas importantes dos agregados para pavimentação asfáltica, sendo eles:

- Tamanho e graduação: O agregado deve possuir tamanho e granulometria adequados e controlados para determinada aplicação pois a distribuição granulométrica está relacionada com o entrosamento entre as partículas e o atrito entre elas, assegurando a estabilidade da camada de revestimento asfáltico;
- Limpeza: O agregado deve ser limpo e livre de materiais deletérios típicos tais como vegetação, conchas e grumos de argila presentes sobre sua superfície;
- Resistência à abrasão: Os agregados devem se mostrar resistente a quebras, degradação e desintegração durante o processo de manuseio e execução do revestimento asfáltico, bem como as ações do tráfego;
- Textura superficial: Influida na trabalhabilidade da mistura asfáltica, na adesividade e na resistência ao atrito e ao cisalhamento das misturas para pavimentação;
- Forma das partículas: Influida na trabalhabilidade e resistência ao cisalhamento;
- Absorção: Busca-se pela utilização de agregados com baixa porosidade, pois a alta porosidade leva a um maior consumo de ligante na mistura;
- Adesividade ao ligante asfáltico: Refere-se ao efeito indesejado da água de separar ou descolar a película de ligante asfáltico da superfície do agregado;

- h) Sanidade: Testar e utilizar agregados que não sofram com processos de desintegração química quando expostos às condições ambientais no pavimento;

Dentre eles, a resistência à abrasão do agregado é especialmente importante para o desenvolvimento de atrito e aderência pneu-pavimento, bem como da drenabilidade de água na via ao longo do tempo, pois tem influência direta na duração das características iniciais de macro e microtextura do revestimento asfáltico executado. Ou seja, a escolha de bons agregados apresentará bom desempenho desses parâmetros por mais tempo para tráfegos não muito intensos, observando-se as manutenções preventivas necessárias.

2.2 ÍNDICES E EQUIPAMENTOS DE AVALIAÇÃO

Existe uma variedade grande de métodos para avaliação da textura de pavimentos no mundo todo. A macrotextura pode ser avaliada por métodos volumétricos, laser ou de drenabilidade do pavimento, enquanto a microtextura pode ser avaliada por equipamentos estáticos, com roda oblíqua, bloqueada ou parcialmente bloqueada. (APS, 2006)

Contudo, o presente trabalho se restringirá a descrição apenas dos equipamentos e procedimentos que são escopo desse estudo, sendo eles dois para avaliação da macrotextura e dois para avaliação da microtextura: Método da Mancha de Areia, *Pavement Scanner*, Pêndulo Britânico e *Grip Tester*.

2.2.1 MANCHA DE AREIA

O ensaio de mancha de areia, normatizado pela ASTM E 965 (2019), consiste na avaliação da macrotextura da superfície do pavimento pela aplicação de um volume conhecido de material, espalhamento e medição do diâmetro médio obtido. De acordo com a norma, o método estima uma média da altura da macrotextura e é insensível a microtextura.

A rotina do procedimento padronizado pela ASTM consiste no preenchimento dos vazios da textura superficial do pavimento com um volume de 25.000 m³ de microesferas de vidro passantes na peneira #60 (0,250 mm) e retido na peneira #80 (0,177 mm). A área deve estar previamente limpa com uma escova macia e livre de resíduos. O espalhamento do material deve ser realizado com um disco de aproximadamente 25 mm de espessura e 60 a 75 mm de diâmetro

em movimento circulares suaves. Ao fim é medido o diâmetro do espalhamento da areia com uma régua graduada.

Apesar de se apresentar como um procedimento bastante simplório, a repetibilidade do ensaio por diferentes operadores apresenta correlação forte. (APS, 2006). A Figura 2.4 ilustra o procedimento.

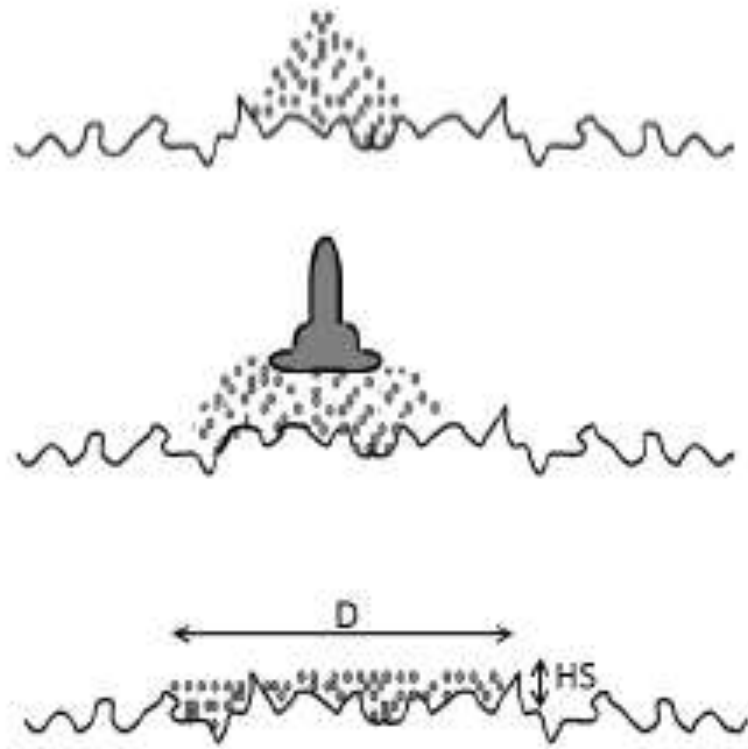


Figura 2.4 Esquema representativo do ensaio de Mancha de Areia (MATTOS, 2009).

Em âmbito nacional, a Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC) especifica o procedimento na sua IAC-4302 de 2001 de forma similar. Em sua instrução recomenda a utilização de areia limpa e seca com granulometria contida entre as peneiras #50 (0,300 mm) e #100 (0,150 mm). A Figura 2.5 ilustra o equipamento para execução do procedimento de acordo com a ASTM.

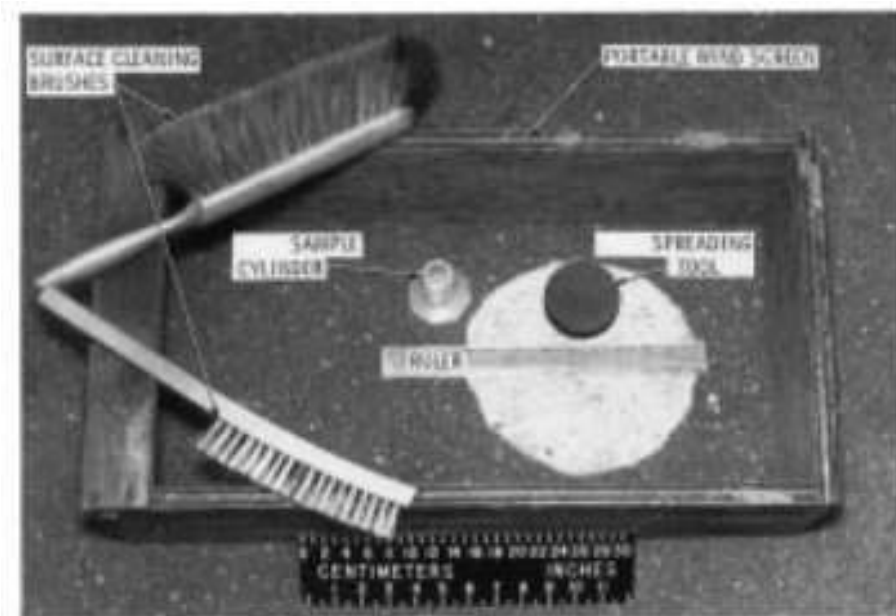


Figura 2.5 Equipamento para medição da macrotextura pelo método da mancha de areia (ASTM E 965, 2019).

O resultado do ensaio é expresso em profundidade média de mancha de areia (HS), conforme o DNIT (2006), ou *Mean Texture Depth* (MTD), de acordo com a ASTM (2019). A formulação está expressa na Equação 2.1.

$$HS = \frac{4 \cdot V}{D_m^2 \cdot \pi} \quad 2.1$$

Onde,

HS = Profundidade média de mancha de areia (mm);

V = Volume de material granular (mm³);

D_m = Diâmetro médio da mancha de areia medido em 4 direções (mm).

O Manual de Restauração de Pavimentos Asfálticos do DNIT (2006) apresenta parâmetros para avaliação da macrotextura baseada no método reproduzidos na Tabela 2.2 a seguir. Os limites aceitáveis para a profundidade média sugeridos pelo DNIT ficam no intervalo entre 0,6 mm e 1,2 mm. A limitação superior quanto ao valor de HS se deve a geração de ruídos por pavimentos de textura muito grossa que causam desconforto ao condutor do veículo. (MATTOS, 2009)

Tabela 2.2 - Classes de macrotextura pelo método da mancha de areia (DNIT, 2006).

Textura Superficial	Profundidade Média (mm)
Muito Fina ou Muito Fechada	HS < 0,20 mm
Fina ou Fechada	0,20 mm < HS < 0,40 mm
Média	0,40 mm < HS < 0,80 mm
Grosseira ou Aberta	0,80 mm < HS < 1,20 mm
Muito Grosseira ou Muito Aberta	HS > 1,20 mm

2.2.2 PAVEMENT SCANNER

O *Pavement Scanner*, ou *PavScan*, consiste em equipamento de avaliação do pavimento que utiliza de tecnologia laser para obter o perfil tridimensional de pavimentos viários. Os dados obtidos pelo equipamento podem ser analisados para determinar de forma automatizada a macrotextura, defeitos no pavimento, irregularidade dos perfis longitudinais (IRI – *International Roughness Index*), declividade longitudinal da via e inclinação transversal. A Figura 2.6 ilustra o equipamento.



Figura 2.6 - *Pavement Scanner* (Pavemetrics, 2020).

O sistema utilizado no *Pavement Scanner* é o *Laser Cracking Measurement System* – LCMS (Figura 2.7), consiste em linhas de projeção de laser, câmeras de alta potência e óptica avançada

para adquirir o perfil 3D de pavimentos flexíveis ou rígidos. O sistema coleta dados em 3D e 2D da superfície do pavimento com resolução de 1 mm, sobre uma largura de 4 m em pista, em velocidades até 100 km/h.



Figura 2.7 *Laser Cracking Measurement System - LCMS* (Pavemetrics, 2020).

O levantamento com o *Pavement Scanner* funciona através do registro dos perfis transversais realizados ao longo da via. O equipamento é capaz de registrar um perfil a cada 5 mm a uma velocidade de tráfego de 100 km/h onde cada perfil contém até 4160 pontos de dados.

A seção da rodovia é dada pela série de perfis consecutivos, que tem em média 5 a 10 m de comprimento típico configurável. O mapa de profundidade da superfície da via obtido pelo equipamento consiste em um conjunto de coordenadas 3D, onde Y é a coordenada ao longo do eixo longitudinal da rodovia, X a coordenada do eixo transversal e Z é o eixo de profundidade.

O Manual do LCMS da Pavemetrics traz as especificações do sistema, são eles:

- Número de perfis a laser: 2;
- Velocidade de aquisição: de 5600 perfis/segundo até 11200 perfis/segundo;
- 4096 pontos na trilha de roda;

- Dados 3D e 2D para caracterização: fissuras, panelas, desagregação, trincamentos, juntas no concreto, etc.;
- Velocidade do veículo: 0 km/h até 100 km/h;
- Espaço entre os perfis: de 1 até 5 mm (ajustável);
- Largura transversal de visão: 4 m;
- Precisão transversal: 1 mm;
- Resolução transversal: 4096 pontos/perfil;
- Profundidade de visão: 250 mm (ajustável);
- Precisão (em profundidade): 0,5 mm;
- Dimensões do perfil do laser: 428 mm (altura) x 265 mm (largura) x 139 mm (profundidade);
- Peso: 10 kg (por sensor);
- Consumo de energia (máx.): 150W a 120/240 VAC.

A leitura da macrotextura pelo *Pavement Scanner* pode ser determinado por dois parâmetros: *Mean Texture Depth* (MTD) e o *Mean Profile Depth* (MPD). O MTD da superfície é obtido de forma semelhante ao método de mancha de areia, normatizado pela ASTM E 965 (2019). O equipamento faz o cálculo do volume de vazios de ar contido entre a superfície digital 3D e a própria superfície do pavimento, o dado de saída é uma profundidade média da textura

O MPD é determinado de acordo com as especificações normativas da ASTM E 1845 (2015) e consiste em uma estimativa bidimensional de uma leitura tridimensional. É realizado da seguinte forma:

- a) Divide-se o pavimento em oito segmentos com um comprimento de base de 100 mm;
- b) Cada segmento é dividido ao meio e é computada a altura de pico mais alta de cada metade;
- c) A diferença entre as alturas computadas para cada metade do segmento e a altura média do segmento é calculada;
- d) O valor médio entre as diferenças dos dois lados do segmento é o MPD.

A Figura 2.8 ilustra o MPD do segmento.

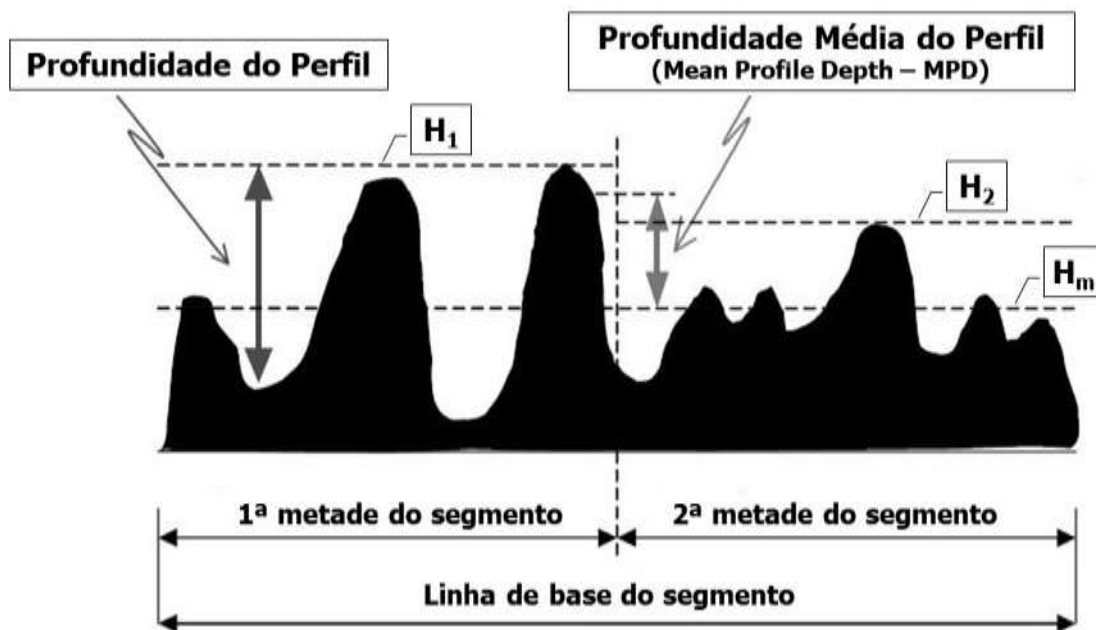


Figura 2.8 - Mean Profile Depth - MPD (FLINTSCH et al., 2003).

O MPD é apresentado de forma automática pelo *Pavement Scanner*, mas pode ser sintetizado na Equação 2.2 a seguir.

$$MPD = \frac{(H_1 - H_m) + (H_2 - H_m)}{2} \quad 2.2$$

Onde,

MPD = Mean Profile Depth (mm);

H₁ = Altura do maior pico da primeira metade do segmento (mm);

H₂ = Altura do maior pico da segunda metade do segmento (mm);

H_m = Altura média do segmento.

2.2.3 PÊNDULO BRITÂNICO

O pêndulo britânico consiste em equipamento do tipo estático para avaliação da microtextura do pavimento. Sua utilização é especificada pela ASTM E 303-93 (2018) e seu funcionamento consiste na medição da perda de energia de um pêndulo com base emborrachada ao deslizar

sobre um pavimento com película de água, simulando a passagem de um pneu de veículo com baixa velocidade sobre o pavimento molhado.

O equipamento é portátil e utilizado para medições em campo e em laboratório. É constituído por um tripé horizontal de apoio e nivelamento, uma coluna que suporta o pêndulo e o quadrante da escala de medida. A sapata emborrachada na base da haste do pêndulo simula o pneu do veículo. A Figura 2.9 apresenta os elementos constituintes do equipamento de pêndulo britânico.

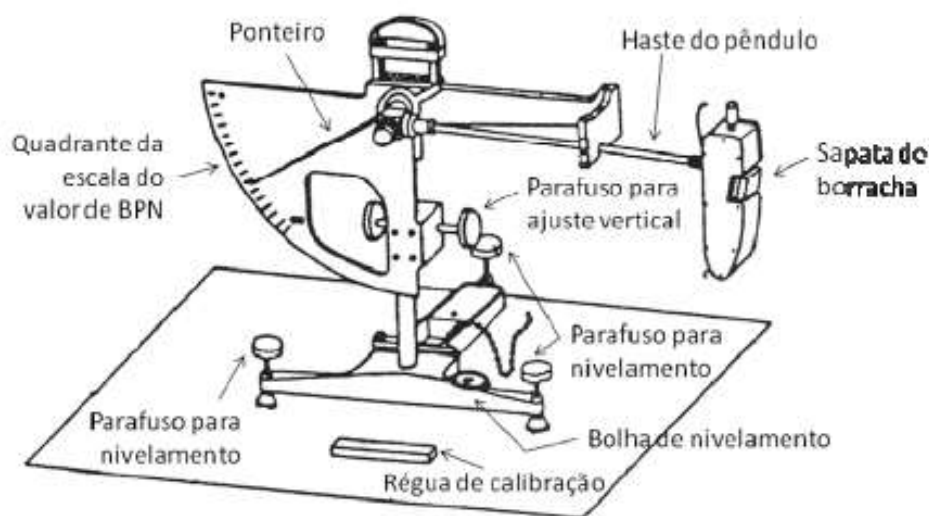


Figura 2.9 Elementos constituintes do Pêndulo Britânico (MATTOS, 2009).

Conforme descrito na ASTM E 303-93 (2018), de forma resumida, a rotina do procedimento consiste em: a) nivelar o equipamento com auxílio de nível de bolha e regular altura do pêndulo; b) lançar o pêndulo sem que a sapata encoste no pavimento para zerar o equipamento, ajustando o ponteiro do marcador; c) descer o pêndulo de modo que a sapata apenas encoste no pavimento; d) molhar a superfície do pavimento; e) lançar o pêndulo cinco vezes.

O resultado do teste é dado em *British Pendulum Number* (BPN) e é a média das quatro últimas leituras do equipamento. A norma americana orienta que os valores individuais de BPN devem ser anotados individualmente e a variação máxima entre as medidas devem ser de 3 unidades. De acordo com o Manual de Restauração de Pavimentos Asfálticos do DNIT (2006), a temperatura da água no momento do ensaio deve ser registrada para posterior correção do valor lido no equipamento, conforme apresentado na Tabela 2.3.

Tabela 2.3 Correção da leitura do Pêndulo Britânico devido à temperatura (DNIT,2006)

Temperatura (°C)	0°	2°	5°	8°	10°	13°	15°	20°	25°	30°	40°
Correção	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	+1	+2	+3

O resultado do ensaio é chamado de Valor de Resistência a Derrapagem (VRD) pelo DNIT. O órgão define as classes de resistência a derrapagem pelo método do Pêndulo Britânico admitidos, e sugere como limite $VRD \geq 55$ para pavimentos rodoviários, indicando uma superfície medianamente rugosa a rugosa.

A Tabela 2.4 a seguir apresenta as classes de VRD admitidas pelo órgão.

Tabela 2.4 - Classes de microtextura pelo Método do Pêndulo Britânico (DNIT, 2006).

Classes	VRD - Valor de Resistência à Derrapagem
1 - Perigosa	< 25
2 - Muito Lisa	25 – 31
3 - Lisa	32 – 39
4 - Insuficientemente Rugosa	40 – 46
5 - Medianamente Rugosa	47 – 54
6 - Rugosa	55 – 75
7 - Muito Rugosa	> 75

COUCHINHO (2011) chama atenção para o fato que a medida de atrito obtida com o Pêndulo Britânico sofre influência da macrotextura de tal forma que o método não caracteriza absolutamente a microtextura do pavimento.

2.2.4 GRIP TESTER

O *Grip Tester* é um equipamento de medida da microtextura do pavimento de modo contínuo com roda parcialmente bloqueada. É utilizado para avaliações de pavimentos rodoviários e aeroportuários e tem sua metodologia de ensaio reconhecida internacionalmente pela *Permanent Internacional Association of Road Congresss - PIARC/AIPCR* e pela *Internacional Civil Aviation Organization – ICAO*.

Consiste em equipamento compacto constituído por reboque de três rodas, sendo duas para sua estabilidade e uma roda central responsável pela medida da microtextura. A roda central opera segundo o princípio do arrasto fixo, com rotação retardada operando a uma taxa de deslizamento controlada de 14,5%. O equipamento pode atingir velocidades de até 100 km/h fazendo leituras contínuas das forças verticais e horizontais e computando a média a cada 10 metros.

O ensaio é realizado com o *Grip Tester* rebocado por veículo trator que disponha de caçamba para acomodação de reservatório de água que se conecta ao equipamento. A vazão espargida sob a roda de teste para cada velocidade de levantamento deve ser tal a garantir uma película de espessura mínima de 0,5 mm.

O *Grip Tester* pode ainda ser utilizado numa versão onde é empurrado manualmente, chamado *Micro Grip Tester*, sendo sua utilização aplicada em caso de estudos específicos ou zonas de difícil acesso. (COUCHINHO, 2011). A Figura 2.10 e Figura 2.11 ilustram o *Grip Tester* e o *Micro Grip Tester* respectivamente.



Figura 2.10 *Grip Tester* Modelo MK2 da Findlay Irvine (Findlay Irvine, 2020).



Figura 2.11 Micro *Grip Tester* (Findlay Irvine, 2020).

Conforme COUCHINHO (2011), o resultado do ensaio é dado em *Grip Number* (GN), calculado automaticamente e exibido no monitor do computador de bordo junto com as velocidades médias desenvolvidas pelo veículo rebocador. O número consiste no coeficiente de atrito médio dado a cada 10 m e é obtido a partir da Equação 2.3.

$$GN = \frac{F_V}{F_H} \quad 2.3$$

Onde,

GN = *Grip Number* (coeficiente de atrito, adimensional);

Fv = Força Vertical (kgf);

Fh = Força Horizontal (kgf).

De acordo com a norma britânica BS 7941-2:2000, o *Grip Number* exibe valores que variam entre 0 e 1,2 GN.

A Resolução nº 236 da ANAC (2012), que estabelece requisitos de aderência para pistas de pouso e decolagem, apresenta valores mínimos para o coeficiente de atrito por tipo de equipamento de medição para pavimentos de aeródromos. Para o equipamento *Grip Tester*, a uma velocidade de ensaio de 65 km/h, o nível mínimo do coeficiente de atrito requerido é 0,43 e o nível de manutenção é 0,53.

No âmbito rodoviário, a ARTESP (2021) estabelece como coeficiente de atrito mínimo, valores superiores a $GN \geq 0,42$.

AMARANTE JR. et al., (2005), propõe faixas de referência de GN para a avaliação da condição de atrito do pavimento baseado na publicação do IPR/DNIT "Pesquisa de Asfaltos Modificados por Polímeros", de junho de 1998. As faixas são apresentadas na Tabela 2.5 a seguir:

Tabela 2.5 - Faixas de valores de referência de GN e conceituação (Adaptado de AMARANTE JR. et al., 2005)

Conceitos	GN
Perigosa	$GN < 0,24$
Muito Lisa	$0,24 \leq GN \leq 0,30$
Lisa	$0,31 \leq GN \leq 0,37$
Pouco Rugosa	$0,38 \leq GN \leq 0,44$
Medianamente Rugosa	$0,45 \leq GN \leq 0,51$
Rugosa	$0,52 \leq GN \leq 0,72$
Muito Rugosa	$GN > 0,72$

COUCHINHO (2011) avaliou a repetibilidade dos resultados encontrados com o *Grip Tester*, ou seja, a variação das medições encontradas em leituras repetidas com o equipamento sob as mesmas condições, para velocidades de 30, 50 e 65 km/h, em pavimento rodoviário. Como resultado, concluiu que o equipamento apresenta boa repetibilidade, com variações aproximadas para as velocidades de 30 e 50 km/h, de 1,9% e 2,0% respectivamente, sendo para a velocidade de 65 km/h que o equipamento apresenta maior variação das medições efetuadas, de 3,2%.

2.3 CORRELAÇÃO ENTRE ÍNDICES

O *International Friction Index* (IFI), ou Índice Internacional de Atrito, é um parâmetro utilizado para comparar medidas de atrito e textura de pavimentos obtidos por diferentes equipamentos

de medição. Foi desenvolvido pela PIARC, atualmente denominada *World Road Association* ou *Association Internationale Permanente des Congrès de la Route* (AIPCR).

O índice foi desenvolvido a partir do experimento internacional conduzido em 1992 que avaliou pavimentos de 54 superfícies diferentes localizados na Bélgica e Espanha, entre aeródromos e rodovias. Foram utilizados 47 equipamentos de medição de macrotextura e atrito (microtextura) do pavimento advindos de 16 países diferentes.

Para o experimento, foram escolhidas rodovias em operação por apresentarem variáveis verdadeiras advindas de pavimentos submetidos ao tráfego real ao invés de pistas experimentais. Para segurança no desenvolvimento dos ensaios, foram escolhidas rodovias de baixo volume de tráfego ou tráfego controlado. Os locais ensaiados apresentavam diferentes tipos de materiais, graus de desgaste e polimento, foram escolhidos na Espanha e Bélgica com objetivo de realizar os ensaios em regiões de clima seco e clima úmido. (APS, 2006)

O resultado do estudo foi satisfatório e a *American Society for Testing and Materials* (ASTM) normatizou através da ASTM E 1960-07 (2015) a metodologia do cálculo do IFI. Assim, conforme o normativo mencionado, é explicada a rotina de cálculo para determinação do IFI da superfície de pavimentos.

2.3.1 CÁLCULO DO IFI – MODELO PIARC

O Modelo PIARC para cálculo do IFI se baseia nas medições de microtextura e macrotextura da superfície do pavimento e constantes pré-definidas para os equipamentos estudados, podendo ser obtidas novas constantes para equipamentos não estudados originalmente.

O índice é composto de dois parâmetros, F_{60} e S_p , e relaciona o atrito com a velocidade de deslizamento, onde S_p é a constante de referência de velocidade e F_{60} é o valor de atrito harmonizado para a velocidade de 60 km/h.

De acordo com a ASTM E 1960 (2015), para obtenção do IFI, primeiro é calculado a constante de velocidade do pavimento (S_p). O S_p está associado com a medida da macrotextura do pavimento (T_x) e as constantes a e b foram determinadas no estudo da PIARC em função do

equipamento de medição da macrotextura utilizado. O S_p pode ser obtido a partir da Equação 2.4 a seguir.

$$S_p = a + b \times Tx \quad 2.4$$

Onde,

S_p = Constante de referência de velocidade (km/h);

T_x = Valor de macrotextura medida no pavimento (mm);

a e b = Constantes determinadas em função do equipamento utilizado.

Os valores das constantes a e b para os equipamentos que são pertinentes a esse trabalho estão expressos na Tabela 2.6.

Tabela 2.6 - Valores de a e b para estimativa da constante S_p (WANBOLD et al., 1995).

Equipamento	Norma	Método	Velocidade	a	b
Perfilômetro	ASTM E-1845	MPD	34	14,235	89,71975
Mancha de Areia (US)	ASTM E-965	MTD	0	-11,598	113,6325

Os equipamentos para medição da microtextura do pavimento utilizados no estudo podem ser do tipo estático, com roda oblíqua, roda bloqueada ou roda parcialmente bloqueada. A determinação do IFI leva em conta a velocidade de deslizamento relativo do equipamento de avaliação da microtextura (S). Esse parâmetro depende da configuração do equipamento e da velocidade do ensaio, onde:

- S = Velocidade do veículo (V) para roda bloqueada;
- S = V x percentagem de deslizamento para roda parcialmente bloqueada;
- S = V x $\sin(\alpha)$ para equipamentos com roda oblíqua onde α = ângulo de deslizamento da roda do equipamento.

Em posse da constante de velocidade obtida com a Equação 2.4 e uma medida de atrito (microtextura) obtida a uma velocidade V, é determinado o valor de atrito a 60 km/h de acordo com a Equação 2.5.

$$FR60 = FRS \times EXP \left[\frac{S - 60}{Sp} \right] \quad 2.5$$

Onde,

FR60 = Valor do atrito do equipamento ajustado para a velocidade de 60 km/h;

FRS = Valor do atrito medido a uma velocidade V;

S = Função do tipo de medida e da velocidade de operação do equipamento (km/h);

Sp = Constante de velocidade (km/h).

O passo final da harmonização utilizando o método é o cálculo do F60 em função da medida de macrotextura (Tx) e da medida de atrito ajustada para a velocidade de 60 km/h (FR60), apresentado na Equação 2.6.

$$F60 = A + B \times FR60 + C \times Tx \quad 2.6$$

Onde,

F60 = Valor do atrito harmonizado para a velocidade de 60 km/h;

FR60 = Valor do atrito ajustado para a velocidade de 60 km/h;

Tx = Valor de macrotextura medida no pavimento (mm);

A, B e C = Constantes de calibração de acordo com o equipamento utilizado.

A Tabela 2.7 apresenta os valores das constantes de calibração A, B e C para os equipamentos de medição da microtextura utilizados no estudo da PIARC, bem como o valor de S para cada equipamento. Note que os equipamentos estáticos e de pneus lisos apresentam constante de calibração C igual a zero, simplificando a Equação 2.6.

Tabela 2.7 - Relação de equipamentos calibrados pela PIARC (WANBOLD et al., 1995).

Característica	Equipamento	S	A	B	C
Pneus Lisos					
Roda Bloqueada	ASTM E-274 (USA)	65	0,045	0,925	0
	LCPC Skid Trailer (F)	60	0,002	1,008	0
Roda Parcialmente Bloqueada	OSCAR at 86% (N)	52	-0,03	0,864	0
	OSCAR at 20% (N)	12	0,119	0,643	0
	Komatsu Skid Trailer (J)	10	0,042	0,849	0
	DWW Trailer (NL)	43	0,019	0,868	0
	Griptester (UK)	9,4	0,082	0,91	0
Roda Oblíqua	Stradograph (DK)	12,5	0,054	0,77	0
	Odoliograph Wallon (B)	12,9	0,113	0,729	0
	Odoliograph CRR (B)	20,5	0,113	0,746	0
	SCRIM CEDEX (E)	20,5	0,019	0,813	0
	SCRIM MOPT (E)	20,5	0,032	0,873	0
	SCRIM SRM (D)	20,5	0,017	0,85	0
	SCRIM GEOCISA (E)	20,5	0,021	0,928	0
	SCRIM (F)	20,5	-0,006	0,862	0
	SUMMS (I)	20,5	0,002	0,987	0
	SCRIMTEX (UK)	17,1	0,033	0,872	0
Pneus com Ranhuras					
Roda Bloqueada	Stuttgarter Reibungsmesser (CH)	60	0,022	0,05	0,082
	Skiddometer (CH)	60	0,026	0,504	0,099
	Stuttgarter Reibungsmesser (A)	60	-0,072	0,767	0,086
	ASTM E-274 (USA)	65	-0,023	0,607	0,098
	Friction Tester (PL)	60	-0,025	0,807	0,068
Roda Parcialmente Bloqueada	Stuttgarter Reibungsmesser (CH)	12	0,141	0,323	0,074
	Skiddometer	12	0,03	0,918	-0,014
	BV-11 (S)	12	0,04	0,856	-0,016
	Stuttgarter Reibungsmesser (A)	12	0,02	0,867	-0,006
Equipamentos com Sapatas					
Estáticos	DF Tester at 60 km/h (J)	60	-0,034	0,771	0
	DF Tester at 20 km/h (J)	20	0,081	0,732	0
	Pendulum Tester BPT (USA)	10	0,056	0,008	0
	Pendulum Tester SRT (CH)	10	0,044	0,01	0

Os pares de valores (F_{60} e S_p) são definidos como o IFI do pavimento. A partir da sua obtenção é possível traçar a curva de referência estimada de atrito *versus* velocidade de deslizamento conforme demonstrado na Figura 2.12.

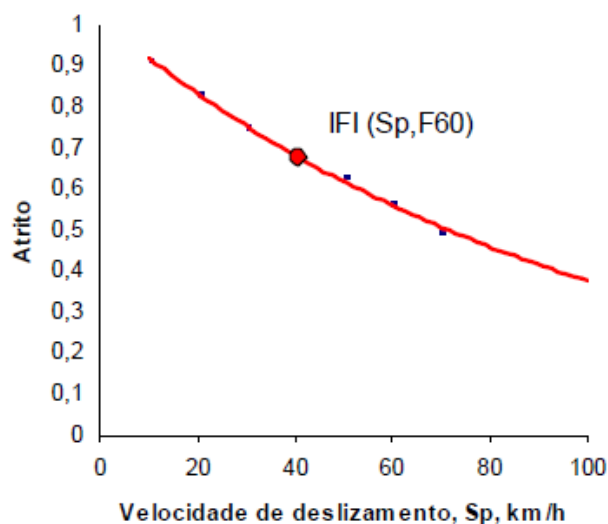


Figura 2.12 Curva de referência do modelo do IFI (APS, 2006)

2.3.2 FAIXAS DE CLASSIFICAÇÃO DE VALORES DE IFI

De acordo com APS (2006), os valores do IFI podem ser utilizados como uma ferramenta na avaliação de gerência de pavimentos, estabelecendo níveis de intervenção em função de F60 e Sp, de modo a determinar a estratégia de reabilitação mais adequada. A Figura 2.13 a seguir interpreta as zonas do diagrama de atrito *versus* textura e sugere a intervenção necessária em cada caso.

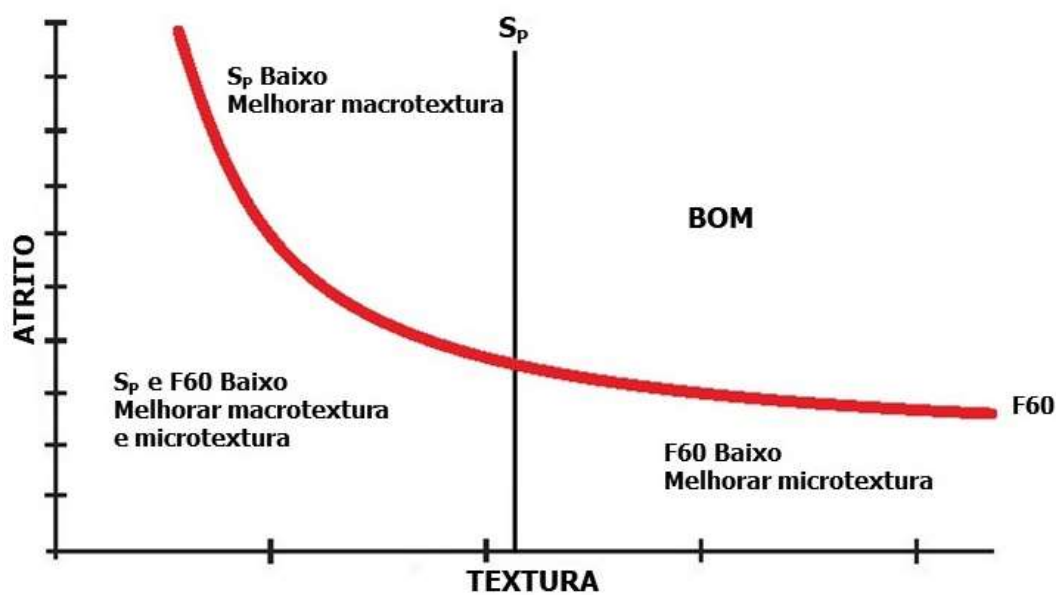


Figura 2.13 Significado das distintas zonas de um diagrama de atrito – textura (adaptado de WANBOLD et al., 1995)

De acordo com APS (2006), esses níveis podem ser estabelecidos pelos órgãos fiscalizadores e/ou administradores em função da classe da via. Além disso, MATTOS (2009), aponta que a vantagem da utilização desse sistema de gerenciamento de pavimentos para malhas rodoviárias é que, caso o IFI não atenda aos níveis estabelecidos pelos gestores, pode-se buscar testar o índice para velocidade mais baixas, e utilizar da sinalização ao longo da via orientando aos motoristas a diminuir a velocidade em caso de chuva, por exemplo.

Ainda sobre o gerenciamento de pavimentos, MATTOS (2009) recomenda que quando da utilização do IFI para avaliação da malha viária, sejam avaliados também, de forma isolada, a macrotextura e a microtextura obtidos, pois percebeu que a falha em uma das texturas pode ser encoberta pelo elevado valor da outra no resultado do índice.

APS (2006) avaliou a aplicabilidade do IFI em seu estudo e propôs faixas de classificação que pudessem ser utilizados como indicadores para pavimento brasileiros, objetivando sua utilização por órgãos viários, gestores e concessionárias para a realização de intervenções que possam ser utilizadas em gerência de pavimentos.

Na execução do estudo, buscou-se locais com diferentes tipos de revestimentos asfálticos, idades, solicitações de tráfego e geometria, que não apresentassem defeitos como fissuras, painéis, afundamentos e outros. Assim, o banco de dados do estudo chegou a 417 valores, sendo eles 178 referentes a textura, 166 ao atrito e 73 a drenabilidade do pavimento, distribuídos em 12 tipos de revestimentos asfálticos diferentes, e com características de textura e atrito diferentes entre si.

As faixas de classificação foram propostas com base nas interpretações dos resultados obtidos no estudo, bem como nos valores coletados em campos e na experiência prática da avaliação de pavimentos. APS (2006) concluiu que a proposta de classificação está apta para ser utilizada em rodovias e vias urbanas de alto volume de tráfego, dada as fortes correlações verificadas. A classificação proposta é exposta na Tabela 2.8 a seguir.

Tabela 2.8 - Classificação de valores do IFI (APS, 2006).

Limites IFI		
Péssimo	< 0,05	
Muito Ruim	0,06	0,08
Ruim	0,09	0,11
Regular	0,12	0,14
Bom	0,15	0,21
Muito Bom	0,22	0,35
Ótimo	> 0,35	

Em seu Manual de Restauração de Pavimentos Asfálticos (2006), o DNIT prevê a utilização do índice combinado do IFI para avaliação das condições de atrito de pistas rodoviárias no Brasil e apresenta faixas de classificação do índice. Conforme exposto no manual, as faixas foram propostas por estudo apresentado no 17º Encontro de Asfalto, realizado em dezembro de 2004, com título “Determinação do IFI – International Friction Index”.

A Tabela 2.9 apresenta as faixas sugeridas.

Tabela 2.9 Valores do IFI (DNIT, 2006)

Valores do IFI	Mínimo	Máximo
Péssimo	< 0,05	
Ruim	0,06	0,12
Regular	0,13	0,16
Bom	0,20	0,30
Ótimo	> 30	

De acordo com MATTOS (2009), as faixas apresentadas na Tabela 2.9 e extraídas do manual do DNIT se referem a classificação proposta no estudo da APS em sua segunda tentativa, já estando obsoletas, uma vez que o apresentado na Tabela 2.8 se refere a quarta tentativa do estudo e portanto, será a referência utilizada nessa pesquisa.

Ainda no âmbito do DNIT, sua Especificação de Serviço nº 112/2009, que dispõe sobre Pavimentos Flexíveis - Concreto asfáltico com asfalto-borracha, via úmida, do tipo “*Terminal Blending*”; estabelece valores de IFI (F60) $\geq 0,22$ para obras rodoviárias novas e IFI (F60) $\geq 0,15$ para pavimentos restaurados como valores mínimos recomendados.

A Agência Nacional do Estado de São Paulo (ARTESP) estabelece em seus contratos de concessões rodoviárias que, obrigatoriamente, deverá ser determinado o *International Friction Index* (IFI) como controle de segurança do pavimento, adicionalmente as avaliações individuais da macrotextura e microtextura. Os valores mínimos recomendados são os mesmos indicados na Especificação de Serviço nº 112/2009 do DNIT e deverão ser determinados a cada 100 m e média por quilômetro.

2.4 ATRITO E SEGURANÇA DA RODOVIA

A condição do pavimento seco ou molhado é um dos parâmetros mais importantes que influencia na resistência a derrapagem dos veículos. Assim, as medidas de resistência a derrapagem no pavimento são realizadas na condição do pavimento molhado, conforme indicado nos normativos, pois é quando o pavimento se apresenta na pior condição e mais propenso a ocorrência de acidentes. (MATAEI et al., 2016)

Acidentes são aqui entendidos, de acordo com APS (2006), como qualquer evento que produza danos materiais ou humanos. O deslocamento pela via em segurança, seria então, a capacidade de deslocar-se sem sofrer danos materiais, de integridade física e mesmo de conforto mental.

O Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada – IPEA (2020), estimou valores médios do custo de acidentes de trânsito no Brasil nas rodovias federais, estaduais e municipais. Para as rodovias federais utilizou dados de acidente de 2014 da Polícia Rodoviária Federal – PRF, onde houve um total de 167.247 acidentes de trânsito, 8.233 mortes e 26.182 feridos graves, gerando um custo para a sociedade de R\$ 12,8 bilhões.

O estudo apontou que os custos de acidentes estão associados às vítimas (62%), em despesas hospitalares e perda de produção devido a lesões ou morte, custos associados aos veículos (37,4%), como remoção dos veículos da pista, danos materiais e perda de cargas, e uma porcentagem menor (0,5%) relacionada a processos e danos à propriedade pública e privada. Em média, cada acidente custou à sociedade brasileira R\$ 261.689, onde os custos de acidentes com vítimas fatais representam 35% dos custos totais, indicando uma necessidade de redução do número de acidentes e também da sua gravidade.

MATTOS (2009) aponta a dificuldade de atribuir a apenas um componente a causa da ocorrência de acidentes viários. IVEY e GALLAWAY (1973), citados por APS (2009), apontam que os acidentes ocorrem devido à combinação de diversos fatores, causais ou contribuintes, sendo eles: componente humano, componente veicular, componente viário e as condições do meio ambiente.

No que tange ao componente humano, em geral, acredita-se que o bom desempenho do motorista dependa de um bom projeto geométrico, sinalização clara e definição de prioridade de circulação. A rodovia deve ser projetada tal que um motorista que cometa um erro, tenha condições de retomar o controle do veículo antes que o acidente ocorra, e no caso da inevitabilidade do acidente, que as consequências do mesmo sejam minimizadas (NODARI, 2003).

O componente veicular refere-se as características do veículo. Relacionado ao componente viário, no que diz respeito às características físicas da via, MATTOS (2009) aponta resumidamente os itens que podem contribuir para a ocorrência de acidentes:

- a) Defeitos superficiais na camada de rolamento;
- b) Limite de velocidade;
- c) Interseções;
- d) Número de faixas de rolamento;
- e) Largura das faixas de rolamento e acostamento;
- f) Raios de curvas horizontais;
- g) Dimensões da superelevação e superlargura;
- h) Tortuosidade da via;
- i) Valor da Resistência a Derrapagem na superfície da via;
- j) Condições de drenagem superficial da via;
- k) Inclinação dos taludes;
- l) Iluminação da via; e
- m) Sinalização da via.

A maioria dos elementos viários citados são de natureza geométrica. Entretanto, três itens estão relacionados a aspectos funcionais da via e são variáveis ao longo da vida útil do pavimento. São eles defeitos superficiais, que representam as irregularidades do pavimento, Valor de

Resistência a Derrapagem que representa medida de microtextura e condição de drenagem superficial da via que está aliado a macrotextura do pavimento.

Ou seja, dois dos três aspectos funcionais, estão intrinsicamente ligados a textura da superfície do pavimento, demonstrando a importância que deve ser atribuída a esse fator quando se fala em pavimentação, tanto na escolha do revestimento, quando nas manutenções preventivas que buscam manter o nível de serviço do pavimento.

Muitas pesquisas realizadas relacionam a ocorrência de acidentes em pavimentos molhados com a condição da textura da superfície do pavimento. Os estudos demonstram o aumento do número de acidentes após as primeiras precipitações em regiões que tiveram um período de seca. Isso ocorre devido a camada de água formada sobre a superfície do pavimento que funciona como um lubrificante reduzindo o efeito do atrito no contato pneu-pavimento. (MATAEI et al., 2016)

Além disso, a falta de drenagem adequada do pavimento facilita a formação de filme de água que pode levar ao fenômeno de hidroplanagem, ou seja, perda total do contato com a superfície, o que é considerado uma das principais causas de acidente em pavimentos molhados.

Nessa linha, um estudo conduzido na Alemanha comparou a proporção de acidentes em pavimento molhado com a condição de atrito da superfície do pavimento e encontrou uma relação entre eles apresentada na Figura 2.14.

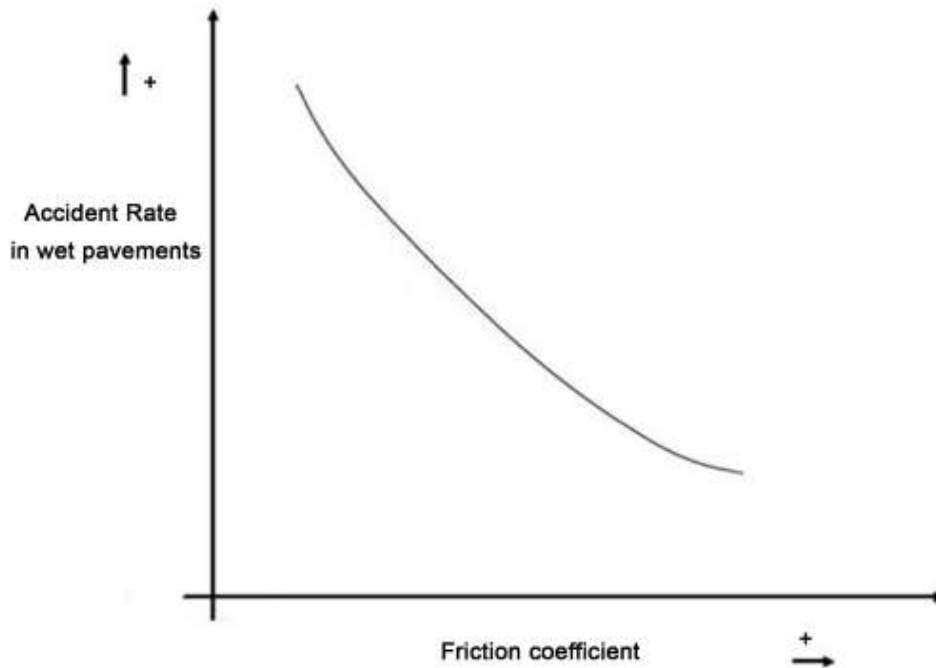


Figura 2.14 - Taxa de Acidentes em Pavimentos Molhados versus Coeficiente de Atrito da Superfície do Pavimento (MATAEI, 2016).

O estudo mediu o coeficiente de atrito a uma velocidade de 80 km/h. E a conclusão, ilustrada no gráfico, é uma clara diminuição da taxa de acidentes à medida que o atrito do pavimento aumenta.

Outros estudos citados por MATAEI (2016) corroboram com essa conclusão. A *Organization for Economic Cooperation and Development – OECD*, em sua publicação *Road Surface Characteristics – Their Interaction and Their Optimization* (1984), encontrou uma relação linear entre quão escorregadio um pavimento se encontra e o índice de acidentes. ROE et. al. (2008) também demonstrou que a taxa de acidentes diminuí com um aumento do atrito do pavimento.

3 METODOLOGIA

A metodologia empregada nesse estudo envolveu as etapas apresentada na Figura 3.1.

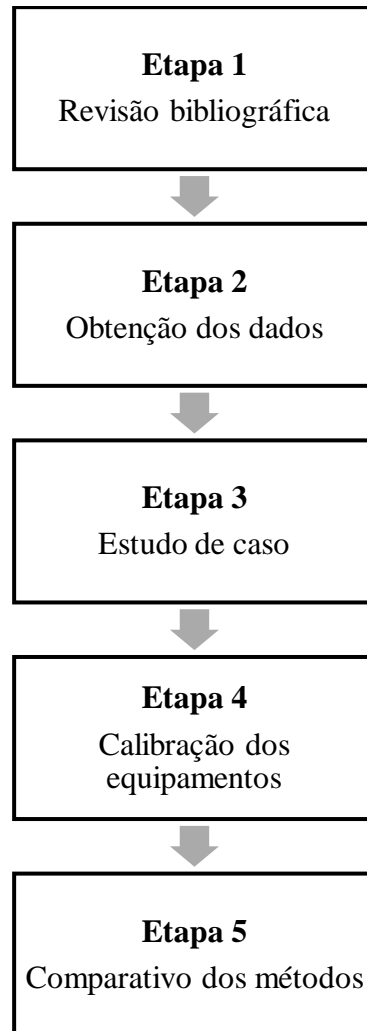


Figura 3.1 Etapas envolvidas na pesquisa

3.1 ETAPA 1 – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Na Etapa 1 buscou-se entender os fenômenos que propiciam a aderência pneu-pavimento e como essa se relaciona com a textura das pistas rodoviária. Também foram estudadas as metodologias de obtenção da macrotextura e microtextura do pavimento e o método para correlação dos índices obtidos. Por fim, tentou-se trazer alguma sensibilidade sobre a importância da aderência pneu-pavimento relacionada a segurança nas pistas rodoviárias, por meio de apresentação dos custos envolvidos em acidentes rodoviários e estudos que relacionam o atrito desenvolvido a ocorrência de acidentes.

3.2 ETAPA 2 – OBTENÇÃO DOS DADOS

Os dados utilizados nessa pesquisa foram levantados e disponibilizados pela empresa Dynatest Engenharia Ltda, pelas metodologias da Mancha de Areia, Pêndulo Britânico, *Pavement Scanner* e *Grip Tester*. Os levantamentos foram realizados em janeiro de 2020 em rodovia revestida com CBUQ, localizada em Minas Gerais, em um trecho de 31 km, no sentido decrescente.

Os ensaios da Mancha de Areia e Pêndulo Britânico foram realizados no dia 30/01/2020, com condição de tempo aberta, na trilha de roda externa na faixa 2. O ensaio da Mancha de Areia foi realizado em 6 (seis) pontos ao longo do trecho estudado e repetidos 5 (cinco) vezes para cada ponto, resultando em um valor de profundidade de mancha de areia (HS) médio das amostras.

A Tabela 3.1 a seguir apresenta os dados levantados para a Mancha de Areia e disponibilizados pela Dynatest.

Tabela 3.1 – Resultado do levantamento da macrotextura pelo método da Mancha de Areia (Dynatest, 2020).

Posição (km/est)	Amostra 1	Amostra 2	Amostra 3	Amostra 4	Amostra 5	HS (mm)
30+500	0,93	0,96	1,01	1,10	0,93	0,99
29+800	0,50	0,40	0,40	0,41	0,38	0,42
29+000	0,38	0,49	0,44	0,43	0,44	0,44
17+000	0,45	0,43	0,48	0,53	0,54	0,49
11+800	0,26	0,25	0,36	0,30	0,52	0,34
0+300	0,84	0,88	0,93	0,91	0,92	0,89

O levantamento com o Pêndulo Britânico foi realizado para os mesmos 6 (seis) pontos, registrando 5 (cinco) leituras em cada ponto e a temperatura da água.

A Tabela 3.2 a seguir, apresenta os dados disponibilizados pela empresa, onde o VRD apresentado é a média das quatro últimas leituras acrescido da correção pela temperatura da água.

Tabela 3.2 Resultado do levantamento da microtextura pelo método do Pêndulo Britânico (Dynatest, 2020).

Posição (km/est)	Temp. (°C)	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 4	Leitura 5	Média Simples	Correção	VRD
30+500	35	60	60	60	60	60	60	2,5	62,5
29+800	38	50	50	48	48	48	48,5	2,8	51,3
29+000	42	50	52	50	50	50	50,5	3,2	53,7
17+000	40	52	52	50	50	50	50,5	3	53,5
11+800	40	56	56	54	54	54	54,5	3	57,5
0+300	36	56	54	56	54	54	54,5	2,6	57,1

O levantamento com o *Pavement Scanner* foi realizado no dia 11/01/2020, de forma contínua ao longo dos 31 km do trecho estudado, computando os dados para as trilhas de roda interna e externa e a média entre elas. Foram disponibilizados pela Dynatest resultados a cada 200 m e a cada 10 m, sendo este último utilizado devido a maior precisão. No levantamento foram desenvolvidas velocidades entre 29 e 100 km/h, resultando em 3171 pontos. O equipamento utilizado pela empresa no levantamento é apresentado na Figura 3.2 a seguir.



Figura 3.2 Equipamento *Pavement Scanner* utilizado nos levantamentos (Dynatest, 2021).

A Tabela 3.3 apresenta os dados de macrotextura obtidos pelo *Pavement Scanner* pelos métodos do MTD (ASTM E 965), similar a Mancha de Areia. Considerando a massiva quantidade de

pontos analisados pelo equipamento, aqui só serão exibidos os levantamentos correspondentes aos pontos onde foi levantada a textura pelos métodos pontuais.

Tabela 3.3 Resultado do levantamento da macrotextura pelo *Pavement Scanner* (Dynatest, 2020).

Posição (km/est)	km Inicial	km final	Extensão (m)	Velocidade (km/h)	MTD TRI (mm)	MTD TRE (mm)	MTD Médio (mm)
30+500	30,500	30,490	10	92,6	0,89	0,71	0,80
29+800	29,800	29,790	10	88,7	0,91	0,80	0,86
29+000	29,000	28,990	10	83,3	0,85	0,53	0,69
17+000	17,000	16,990	10	60,8	1,00	0,64	0,82
11+800	11,800	11,790	10	87,8	0,73	0,44	0,59
0+300	0,300	0,290	10	59,5	0,95	0,76	0,86

A empresa não forneceu dados do levantamento pelo método do MPD (ASTM E 1845) e informou que o mesmo não é apresentado usualmente. Conforme a empresa, os dados são levantados e descarregados em software próprio do equipamento, onde são escolhidos os dados que se deseja extrair para planilha Excel. Sobre o levantamento, a empresa informou se tratar de trabalho em campo muito rápido, com dedicação de tempo maior em escritório.

O levantamento com *Grip Tester* foi realizado da estaca 30+500 até à estaca 27+800, da estaca 17+000 até à estaca 15+800, da estaca 11+800 até a estaca 10+600 e da estaca 0+300 até à estaca 0+000, para a trilha de roda externa. Foram desenvolvidas velocidades entre 33 e 54 km/h durante os levantamentos e os resultados médios do coeficiente de atrito, dados em *Grip Number*, foram obtidos a cada 100 m, resultando em 57 pontos. O equipamento utilizado pela empresa é apresentado na Figura 3.3.



Figura 3.3 Equipamento *Grip Tester* utilizado pela empresa (Dynatest, 2021).

A Tabela 3.4 a seguir, apresenta os dados disponibilizados pela empresa, obtidos com o *Grip Tester*.

Tabela 3.4 Resultado do levantamento da microtextura pelo *Grip Tester* (Dynatest, 2020).

Posição (km/est)	km Inicial	km final	Extensão (m)	Velocidade (km/h)	GN
30+500	30,500	30,400	100	38,5	0,90
29+800	29,800	29,700	100	49,0	0,57
29+000	29,000	28,900	100	50,9	0,50
17+000	17,000	16,900	100	38,9	0,49
11+800	11,800	11,700	100	37,7	0,69
0+300	0,300	0,200	100	33,4	0,71

De forma a facilitar o entendimento dos levantamentos realizados, é apresetno na Figura 3.4, resumo contendo as informações mais pertinentes para esse estudo.

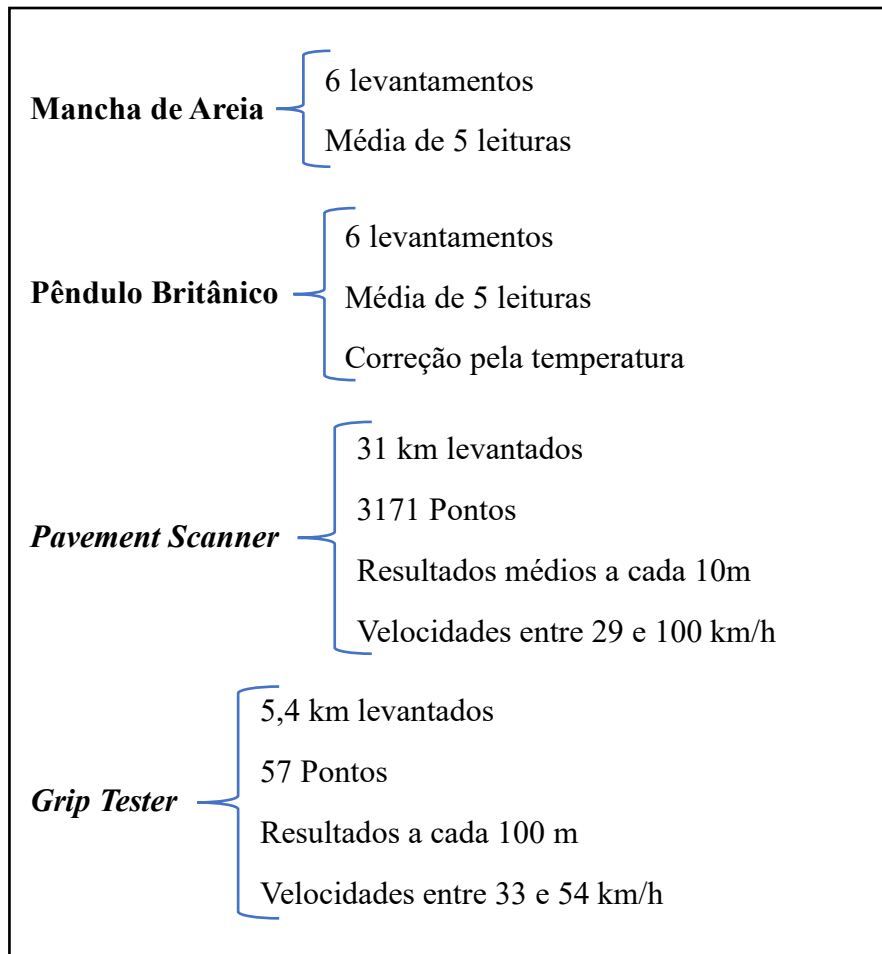


Figura 3.4 Quadro resumo dos levantamentos realizados

Sobre os dados disponibilizados, a empresa destacou que a realização das quatro metodologias para um mesmo trecho é rara, consistindo em um levantamento atípico.

Foi informado que os levantamentos com o *Grip Tester* são mais utilizados em trechos críticos, onde há a ocorrência de acidentes, ou em locais que apresentam macrotextura muito aberta, pois apesar de consistir em uma metodologia de leitura contínua e com alta produtividade, o equipamento trafega a uma velocidade baixa, normalmente abaixo da velocidade da via, de aproximadamente 50 km/h, além disso, requer paradas constantes para reabastecimento de água. Uma vez que o levantamento com o *Pavement Scanner* pode ser realizado na velocidade da via e faz outras leituras de avaliação do pavimento (defeitos no pavimento, IRI, declividade longitudinal da via e inclinação transversal), tem sua utilização mais usual e para todo o trecho.

Sobre a calibração dos equipamentos, foi informado pela empresa que os equipamentos de levantamento contínuo são calibrados anualmente. Quanto ao Pêndulo Britânico, foi informado

que o mesmo é calibrado para cada levantamento, mas a empresa não foi capaz de fornecer o certificado de calibração.

Foi solicitado a empresa fotos específicas do dia do levantamento. Em resposta, foi informado que por se tratar de rodovias extensas, não abordam esse nível de detalhe nos ensaios, produzindo relatórios que apresentam a metodologia de obtenção com orientação a resultados.

Por fim, maiores detalhamentos sobre o trecho estudado, como a rodovia e localização precisa, não puderam ser apresentados por se tratarem de dados confidenciais, pertencentes a empresa que pagou pelo serviço do levantamento.

Os resultados dos levantamentos disponibilizados pela Dynatest podem ser encontrados na íntegra no ANEXO A – DADOS UTILIZADOS NO ESTUDO DE CASO NA ÍNTEGRA

3.3 ETAPA 3 – ESTUDO DE CASO

A Etapa 3 constituiu em confrontar os dados obtidos pelos métodos pontuais com os dados obtidos com os equipamentos de levantamento contínuo e avaliar a correlação entre eles. Para tal, foi classificada a macrotextura e microtextura do segmento e calculado o índice combinado IFI para a Mancha de Areia e Pêndulo Britânico, e para o *Pavement Scanner* e *Grip Tester*. Em seguida, procedeu-se com a classificação dos resultados utilizando as faixas propostas por APS (2006), análise de aceitabilidade dos trechos baseado nos resultados e proposição de intervenções no pavimento para melhoramento da textura.

Sobre as análises de macrotextura do MTD obtida com o *Pavement Scanner*, apesar do equipamento fornecer dados referentes a trilha de roda interna e externa e média entre as duas, para as análises foram utilizados os valores referentes as leituras da trilha de roda externa, de modo a permitir comparação com os levantamentos realizados com a Mancha de Areia.

3.4 ETAPA 4 – CALIBRAÇÃO DOS EQUIPAMENTOS

Apesar dos resultados obtidos com a comparação dos índices combinados do IFI se apresentarem satisfatórios em termos de correlação entre as metodologias pontuais e contínuas, buscou-se encontrar novas constantes para utilização do *Pavement Scanner* e *Grip Tester* para

cálculo dos valores do IFI (F_{60} , S_p) que aproximassem melhor os resultados aos da Mancha de Areia e Pêndulo Britânico.

Para tal, com ajuda do software Excel, plotou-se em um gráfico de dispersão os valores de referência para o S_p , obtidos com a Mancha de Areia, juntamente com os valores de MTD obtidos com o *Pavement Scanner*. Por meio de regressão linear simples encontrou-se as constantes “a” e “b” a ser utilizada para o equipamento de levantamento contínuo no cálculo do IFI.

Em seguida, para calibração das constantes associadas ao *Grip Tester* para o cálculo do F_{60} , plotou-se em um gráfico de dispersão os valores referenciais obtidos para o F_{60} , calculados a partir da Mancha de Areia e do Pêndulo Britânico, juntamente com novos valores de F_{60} obtidos a partir do S_p calculado com as constantes calibradas.

Considerando que a quantidade de dados obtidas no levantamento do segmento em estudo é pequena para gerar um modelo confiável, recorreu-se a dados levantados pela empresa Dynatest em estudo similar e foi realizada nova tentativa de calibração. Os dados do referido estudo podem ser encontrados no ANEXO B – DADOS UTILIZADOS NA 3ª TENTATIVA DE CALIBRAÇÃO DOS EQUIPAMENTOS *PAVEMENT SCANNER* E *GRIP TESTER* deste documento.

3.5 ETAPA 5 – COMPARATIVO DOS MÉTODOS

Inicialmente, desejava-se apenas avaliar e comparar as metodologias pontuais e contínuas do ponto de vista econômico, entretanto, com a evolução dos estudos, achou-se pertinente apresentar um comparativo que englobasse mais aspectos. Assim, a Etapa 5 tem por objetivo apresentar um comparativo geral entre as metodologias pontuais e contínuas para obtenção da textura do pavimento discutidas ao longo desse trabalho, isto é, Mancha de Areia e *Pavement Scanner*, para obtenção da macrotextura, e Pêndulo Britânico e *Grip Tester*, para obtenção da microtextura.

Para alcançar esse resultado, primeiramente serão apresentados os custos envolvidos nas metodologias de obtenção da textura do pavimento estudados ao longo desse trabalho, obtidos por meio de composições de custo unitárias do Sistema de Custos Referenciais de Obras –

SICRO, e realização da comparação desses valores. Também serão avaliadas as produtividades envolvidas nos ensaios conforme as composições.

Em seguida, baseado no conhecimento adquirido nas etapas anteriores, incluindo a revisão bibliográfica realizada e apresentada no Capítulo 2 deste trabalho, nos resultados obtidos nos itens 4.1 e 4.2 da análise de dados, nos custos referenciais apresentados, conversas com funcionários da equipe da Dynatest e entendimento geral do assunto, será apresentado quadro resumo das vantagens e desvantagens encontradas para levantamentos utilizando as metodologias pontuais e contínuas.

4 ANÁLISE DOS RESULTADOS

A partir dos dados apresentados no capítulo anterior, alcançaram-se os objetivos propostos nessa pesquisa, ou seja, comparar os resultados obtidos por levantamento contínuo com os ensaios pontuais de Mancha de Areia e Pêndulo Britânico utilizando o método do IFI; avaliar a confiabilidade dos resultados obtidos com o *Pavement Scanner* e *Grip Tester* e por fim, apresentar os custos envolvidos nos ensaios, bem como um comparativo geral entre os métodos.

4.1 ESTUDO DE CASO

A avaliação do estudo ocorrerá por meio de três análises: avaliação da macrotextura; avaliação da microtextura; avaliação dos índices combinados do IFI obtidos e proposição de intervenções no trecho em cada ponto.

4.1.1 MACROTEXTURA

A Tabela 4.1 a seguir, confronta os valores obtidos para a macrotextura pelo método da Mancha de Areia e pelo equipamento *Pavement Scanner*, pelo método do MTD. Os resultados foram classificados conforme o disposto no Manual de Restauração de Pavimentos Asfálticos do DNIT (2006).

Tabela 4.1 Avaliação da macrotextura do segmento

Posição (km/est)	Mancha de Areia		<i>Pavement Scanner</i>		Diferença (mm)
	HS (mm)	Avaliação	MTD (mm)	Avaliação	
30+500	0,99	Grosseira ou Aberta	0,71	Média	0,28
29+800	0,42	Média	0,80	Média	0,38
29+000	0,44	Média	0,53	Média	0,09
17+000	0,49	Média	0,64	Média	0,15
11+800	0,34	Fina ou Fechada	0,44	Média	0,10
0+300	0,89	Grosseira ou Aberta	0,76	Média	0,13

Corroborando com o que foi observado por SCABELLO (2018), os dados obtidos com o *Pavement Scanner* apresentam uma tendência de classificação centralizada dos valores e, no geral, resultados superiores ao método pontual. As estacas 30+500 e 29+800 foram as que mais apresentarem distanciamento dos resultados obtidos com a Mancha de Areia.

A Figura 4.1 apresenta o gráfico que compara os dois resultados.

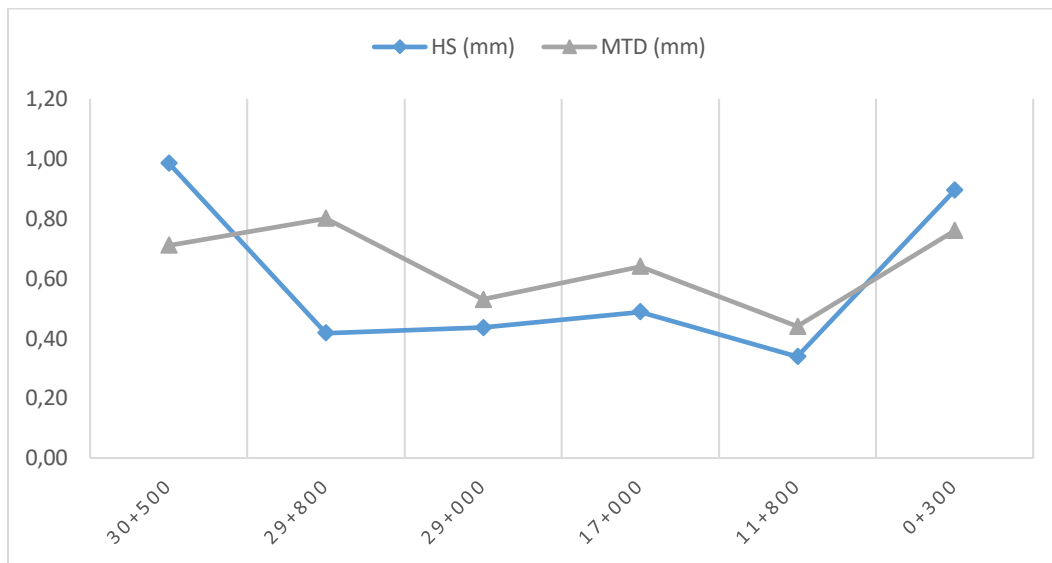


Figura 4.1 Comparação entre os resultados da macrotextura obtidos pelos dois métodos

O gráfico apresentado evidencia a tendência de centralização dos valores do MTD obtidos pelo *Pavement Scanner*. Além disso, é possível observar anomalia nos resultados das estacas 30+500 e 29+800, que não apresentarem boa correlação entre os métodos.

Considerando os limites aceitáveis entre o intervalo de 0,6 mm a 1,2 mm para a profundidade média da macrotextura sugeridos pelo DNIT (2006), a Figura 4.2 e Figura 4.3 a seguir avaliam a qualidade do pavimento do trecho quanto a macrotextura.

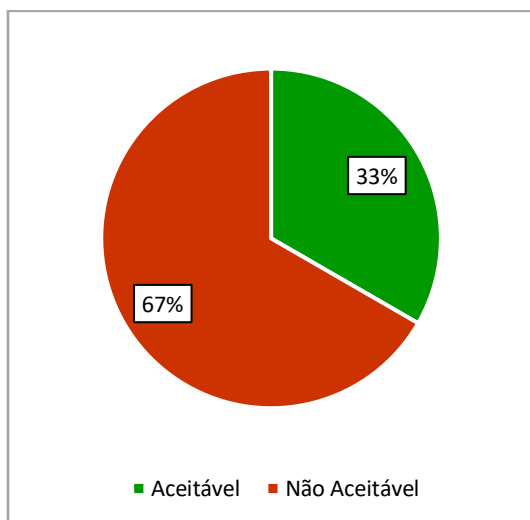


Figura 4.2 Condição da macrotextura pela Mancha de Areia

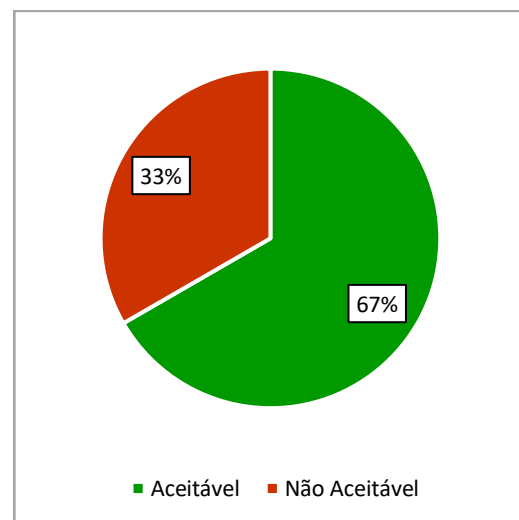


Figura 4.3 Condição da macrotextura pelo MTD obtido com o *Pavement Scanner*

A partir das análises de macrotextura apresentadas, é possível observar que os resultados obtidos com o *Pavement Scanner* apresentam correlação com os resultados obtidos com a Mancha de Areia para a maioria dos pontos, entretanto, sempre em valores superiores, exibindo um resultado contra a segurança.

A análise dos gráficos apresentados reforça esse entendimento, uma vez que os resultados obtidos a partir do levantamento com o *Pavement Scanner* sugeriam como “Aceitável” 67% do trecho estudado, contra apenas 33% pela Mancha de Areia.

4.1.2 MICROTTEXTURA

A Tabela 4.2 apresenta os resultados obtidos para a microtextura com o Pêndulo Britânico e *Grip Tester*. Para classificação dos resultados do método pontual, utilizou-se como referência o Manual de Restauração de Pavimentos Asfálticos do DNIT (2006). Para avaliação dos resultados do método contínuo, foi utilizada as faixas de valores de referência de GN propostas por AMARANTE JR. et al. (2005).

Tabela 4.2 Avaliação da microtextura do segmento

Posição (km/est)	Pêndulo Britânico		Grip Tester	
	VRD	Avaliação	GN	Avaliação
30+500	62,5	Rugosa	0,90	Muito Rugosa
29+800	51,3	Medianamente Rugosa	0,57	Rugosa
29+000	53,7	Medianamente Rugosa	0,50	Medianamente Rugosa
17+000	53,5	Medianamente Rugosa	0,49	Medianamente Rugosa
11+800	57,5	Rugosa	0,69	Rugosa
0+300	57,1	Rugosa	0,71	Rugosa

A partir da avaliação dos dois métodos, é possível observar que foram apresentadas rugosidades similares na maioria dos pontos, com avaliações superiores nas estacas 30+500 e 29+800 para o *Grip Tester*. Por se tratar de metodologias que propõe resultados distintos, não será apresentada comparação direta entre equipamentos, utilizando-se exclusivamente do IFI para tal finalidade.

Ainda assim, é possível fazer a avaliação da aceitabilidade do trecho. Para tal, foi utilizado como referência $VRD \geq 55$ como limite mínimo aceitável para os levantamentos com o Pêndulo

Britânico, conforme proposto pelo DNIT (2006). Para os levantamentos com o *Grip Tester*, foi considerado como aceitáveis valores de $GN \geq 0,42$; utilizando como referência o proposto pela ARTESP (2021).

A Figura 4.4 e Figura 4.5 a seguir, avaliam a microtextura do pavimento em “Aceitável” e “Não Aceitável”, para os equipamentos Pêndulo Britânico e *Grip Tester*, a partir das referências explicitadas.

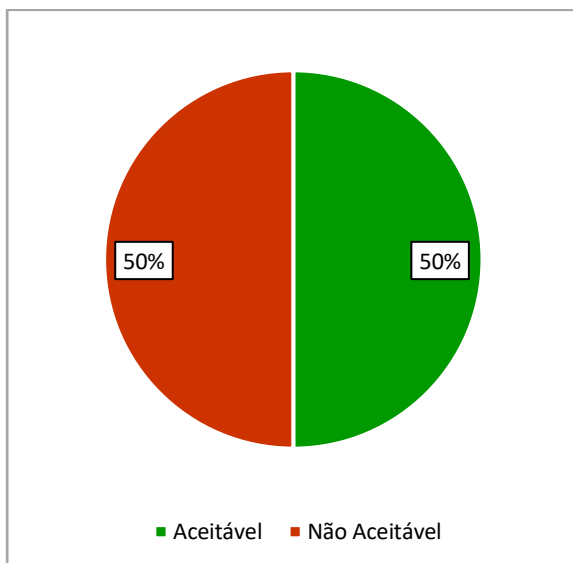


Figura 4.4 Condição da microtextura pelo Pêndulo Britânico

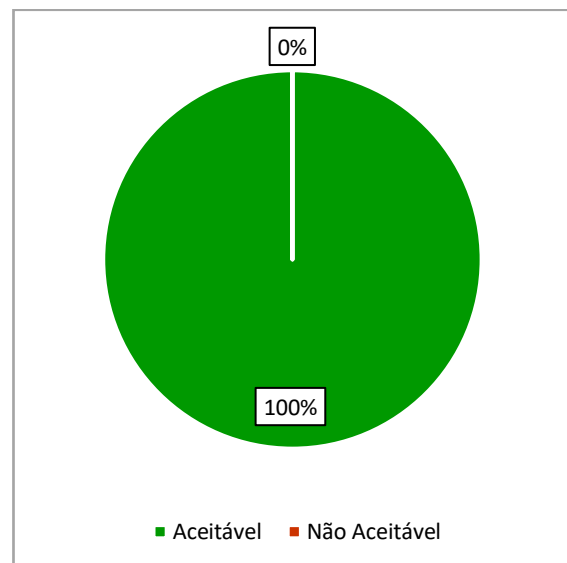


Figura 4.5 Condição da microtextura pelo *Grip Tester*

Aqui também pode ser observado para o *Grip Tester* uma tendência contra a segurança nos resultados, uma vez que sugeriu como “Aceitável” 100% do trecho, contra 50% sugerido pelo Pêndulo Britânico.

4.1.3 CORRELAÇÃO ENTRE ÍNDICES UTILIZANDO O IFI

A seguir é apresentado o procedimento de cálculo do IFI para a estaca 30+500 utilizando os resultados dos levantamentos da textura obtidos com a Mancha de Areia e o Pêndulo Britânico. O cálculo é feito utilizando as Equações 2.4 a 2.6 apresentadas no Capítulo 2 desse trabalho.

Primeiro, é calculado na Equação 4.1, a parcela da macrotextura do IFI (S_p) para a Mancha de Areia. O Tx se refere a profundidade média de mancha de areia (HS) e as constantes utilizadas

($a = -11,598$ e $b = 113,6325$) são determinadas em função do equipamento de medição e foram apresentadas na Tabela 2.6.

$$Sp = -11,598 + 113,6325 \times 0,99 = 100,39 \quad 4.1$$

Em seguida, é calculado o valor do atrito do equipamento ajustado para a velocidade de 60 km/h (FR60). O FRS se refere ao valor de resistência a derrapagem (VRD) obtido com o Pêndulo Britânico. S é função do tipo de medida e da velocidade de operação do equipamento. Para esse cálculo, foi considerado $S = 10$, como é indicado na Tabela 2.7 que apresenta os resultados das constantes calibradas pela PIARC. A Equação 4.2 apresenta o resultado.

$$FR60 = 58 \times EXP \left[\frac{10 - 60}{100,39} \right] = 37,98 \quad 4.2$$

O passo final da harmonização utilizando o método de cálculo do IFI, é a obtenção do valor de F60 em função da medida de macrotextura (Tx) e da medida de atrito ajustada para a velocidade de 60 km/h (FR60). A, B e C são as constantes de calibração próprias do equipamento. Para cálculo foram utilizadas as constantes apresentadas na Tabela 2.7 referente ao equipamento estático “Pendulum Tester BPT (USA)” ($A = 0,05626$; $B = 0,00756$ e $C = 0$). A Equação 4.3 apresenta o resultado.

$$F60 = 0,05626 + 0,00756 \times 37,98 + 0 \times 0,99 = 0,34 \quad 4.3$$

A classificação do valor do IFI é feita conforme as faixas propostas por APS (2006) e apresentadas na Tabela 2.8. Para $0,22 \leq F60 \leq 0,35$, o valor do atrito da textura do pavimento é avaliado como “Muito bom”.

Da mesma forma, o cálculo do índice combinado IFI, utilizando os resultados obtidos com a Mancha de Areia e o Pêndulo Britânico, é reproduzido para as demais estacas estudadas. A Tabela 4.3 apresenta os resultados.

Tabela 4.3 IFI - Mancha de Areia versus Pêndulo Britânico

Posição (km/est)	Macrotextura	Microtextura	<i>Internacional Friction Index (IFI)</i>				Classificação Aps
	Mancha de Areia HS (mm)	Pêndulo Britânico VRD	Mancha de Areia x Pêndulo Britânico				
			S	Sp	FR60	F60	
30+500	0,99	58	10	100,39	37,98	0,34	Muito Bom
29+800	0,42	46	10	35,87	12,73	0,15	Bom
29+000	0,44	47	10	37,90	14,36	0,16	Bom
17+000	0,49	48	10	43,91	17,13	0,19	Bom
11+800	0,34	52	10	26,90	8,96	0,12	Regular
0+300	0,89	52	10	90,03	32,77	0,30	Muito Bom

Baseado nas faixas propostas por APS (2006), foi avaliada a estratégia de intervenção para cada ponto estudado, considerando a condição da aderência pneu-pavimento. Para tal, foram plotados os valores do IFI (F60 e Sp) e propostas intervenções, conforme pode ser observado na Figura 4.6 a seguir.

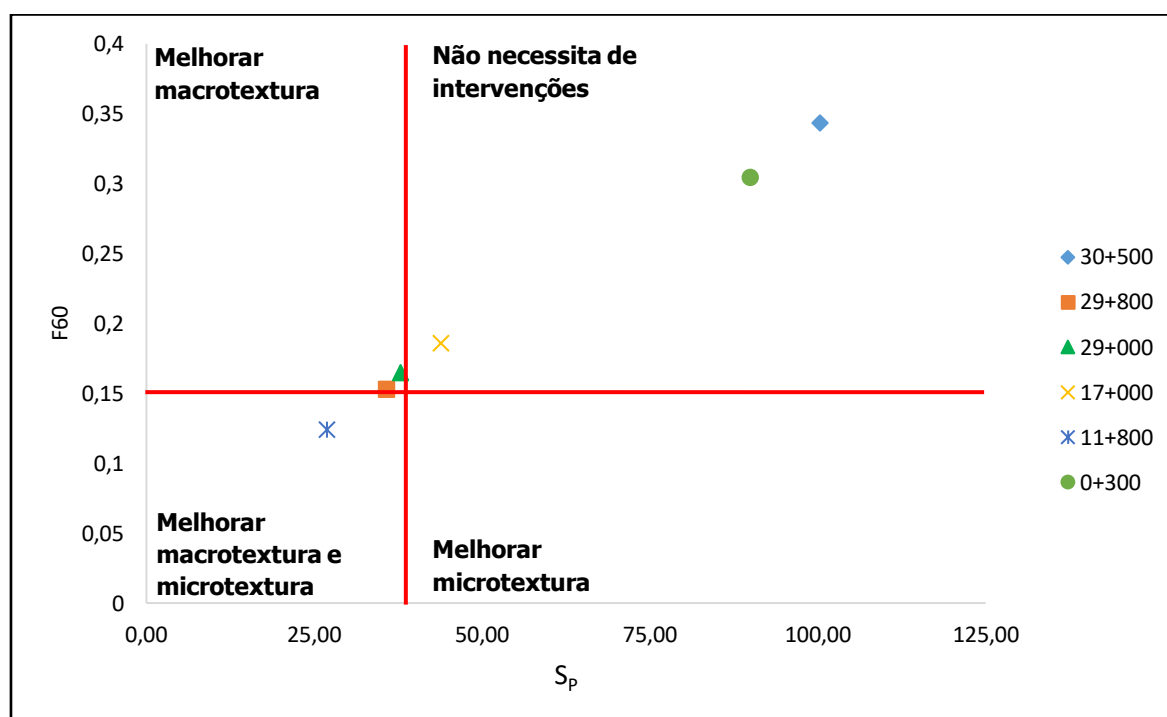


Figura 4.6 Tipo de intervenção recomendada com base no valor do IFI obtido com a Mancha de Areia e Pêndulo Britânico (adaptado de APS, 2006).

A partir do gráfico apresentado, infere-se que:

- As estacas 0+300, 17+000 e 30+500 não necessitam de intervenções imediatas;
- A estaca 11+800 necessita de intervenção que melhore a macrotextura e a microtextura do pavimento;
- As estacas 29+000 e 29+800 necessitam de intervenção imediata que melhore a macrotextura, sendo a estaca 29+900 um ponto de atenção a microtextura, pois está no limite considerado adequado.

Da mesma forma que foi feito para as metodologias pontuais, foi calculado o índice combinado IFI para cada ponto estudada utilizando os resultados obtidos com os equipamentos *Pavement Scanner* e *Grip Tester*, e classificação dos resultados conforme faixas propostas por APS (2006).

Uma vez que o equipamento *Pavement Scanner* não foi estudado inicialmente pela PIARC e, portanto, não tem constantes específicas, foram utilizadas para cálculo do S_p as constantes da Mancha de Areia ($a = -11,598$ e $b = 113,6325$), uma vez que ambas as metodologias se baseiam na ASTM E 965. As constantes utilizadas para cálculo do F60 utilizando o *Grip Tester* foram apresentadas na Tabela 2.7 ($A = 0,08209$; $B = 0,9104$ e $C = 0$).

Como se dispunha das velocidades de obtenção do GN, foi realizado o cálculo do S para cada ponto, em detrimento da utilização do valor genérico indicado na Tabela 2.7. Assim, procedeu-se com a multiplicação da velocidade de obtenção da microtextura (V) pela percentagem de deslizamento para a roda parcialmente bloqueada do equipamento *Grip Tester* (14,5%), como é indicado pela metodologia do IFI.

A Tabela 4.4 apresenta os resultados obtidos para as metodologias contínuas.

Tabela 4.4 IFI – *Pavement Scanner* (MTD) versus *Grip Tester*

Posição (km/est)	Macrotextura	Microtextura	Internacional Friction Index (IFI)					Classificação Aps
	<i>Pavement Scanner</i> MTD (mm)	<i>Grip Tester</i> Velocidade (km/h)	GN	S	S_p	FR60	F60	
30+500	0,71	38,5	0,90	5,58	69,08	0,41	0,46	Ótimo
29+800	0,80	49	0,57	7,11	79,31	0,29	0,35	Muito Bom
29+000	0,53	50,9	0,50	7,38	48,63	0,17	0,24	Muito Bom
17+000	0,64	38,9	0,49	5,64	61,13	0,20	0,27	Muito Bom
11+800	0,44	37,7	0,69	5,47	38,40	0,17	0,23	Muito Bom
0+300	0,76	33,4	0,71	4,84	74,76	0,34	0,39	Ótimo

A Figura 4.7 a seguir apresenta as intervenções recomendadas, considerando os resultados obtidos com os equipamentos de levantamento contínuo.

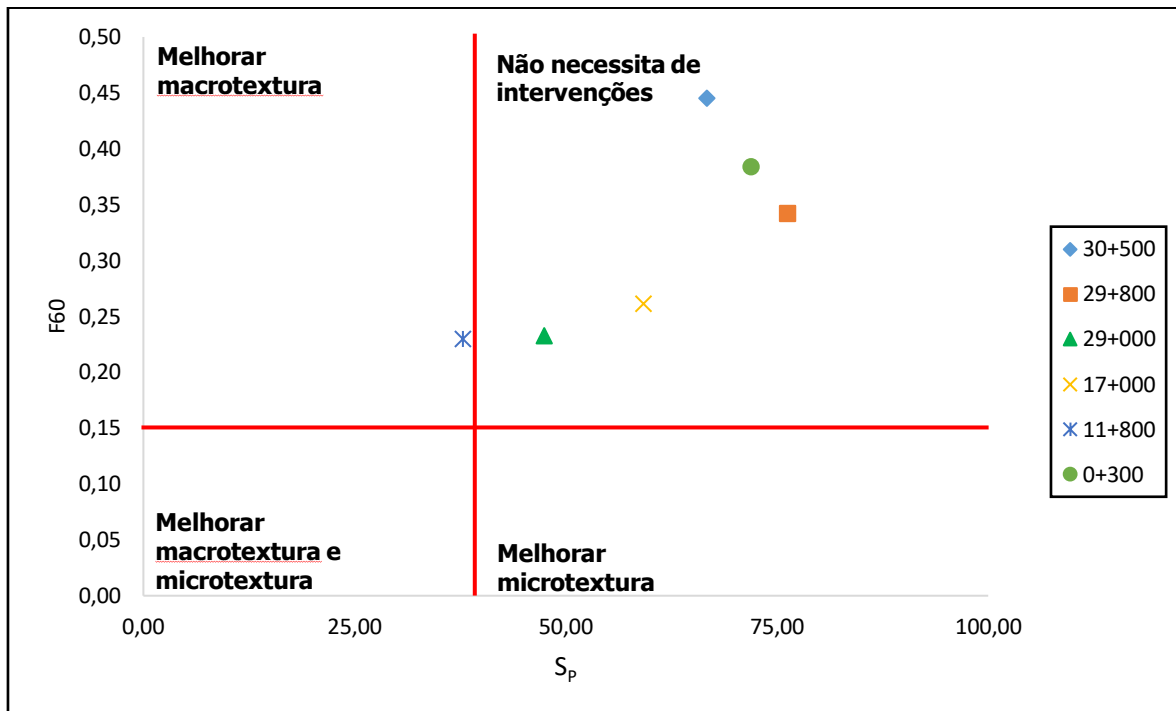


Figura 4.7 Tipo de intervenção recomendada com base no valor do IFI obtido com o *Pavement Scanner* (MTD) e *Grip Tester* (adaptado de APS, 2006)

A partir do gráfico apresentado, infere-se que apenas à estaca 11+800 necessita de intervenção para melhorar a macrotextura do pavimento. Todas as demais foram classificadas como não necessitando nenhuma intervenção.

Comparando os gráficos da Figura 4.6 e Figura 4.7, percebe-se que:

- As intervenções propostas utilizando as medições dos equipamentos de levantamento contínuo se mostram menos rigorosas que as medições tradicionais refletindo em um resultado contra a segurança;
- A estaca 29+800 apresentou um deslocamento expressivo para a direita no segundo gráfico, e a estaca 30+500 para a esquerda, o que pode ser explicado pelos valores bastante discrepantes de macrotextura obtidos com a Mancha de Areia e com o *Pavement Scanner* apresentados na Tabela 4.1.

A Tabela 4.5 a seguir confronta os valores de IFI obtidos para os dois tipos de metodologia e a Figura 4.8 apresenta o resultado graficamente.

Tabela 4.5 Síntese dos resultados do IFI

Posição (km/est)	IFI		IFI		Diferença F60
	Mancha de Areia x Pêndulo Britânico F60	Classificação Aps	Pavement Scanner (MTD) x Grip Tester F60	Classificação Aps	
30+500	0,34	Muito Bom	0,46	Ótimo	0,11
29+800	0,15	Bom	0,35	Muito Bom	0,20
29+000	0,16	Bom	0,24	Muito Bom	0,07
17+000	0,19	Bom	0,27	Muito Bom	0,08
11+800	0,12	Regular	0,23	Muito Bom	0,11
0+300	0,30	Muito Bom	0,39	Ótimo	0,09

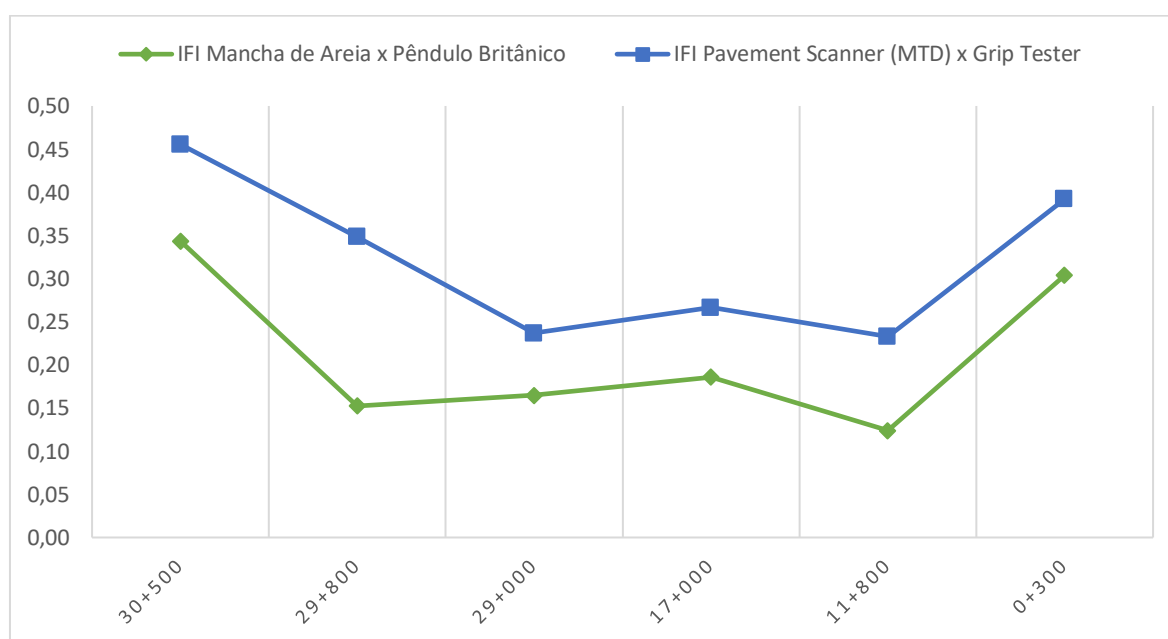


Figura 4.8 Comparação entre os resultados do IFI dos levantamentos pontuais versus levantamentos contínuos

A partir da tabela e o do gráfico apresentados, é possível observar que os resultados obtidos para o IFI combinando os métodos de levantamento contínuo da textura do pavimento, apresentam correlação com os resultados obtidos com os métodos de levantamento pontuais, mas sempre em valores superiores.

O resultado do IFI para a estaca 29+800 foi o que apresentou diferença mais discrepante em relação ao demais, que ficaram entre 0,07 e 0,11, enquanto para essa estaca, a diferença entre os métodos foi de 0,20. O que pode ser justificado pela diferença significativa encontrada entre os resultados de macrotextura obtidos com a Mancha de Areia e o *Pavement Scanner*. Apesar da estaca 30+500 também ter apresentado uma diferença significativa para o resultado de macrotextura, essa diferença foi negativa, o que pode justificar um equilíbrio maior no valor do IFI.

Por fim, foi avaliada a aceitabilidade dos trechos pelo método do IFI utilizando como referência o estabelecido pelo DNIT (2009), ou seja, $IFI (F60) \geq 0,15$ para pavimentos restaurados. A Figura 4.9 e a Figura 4.10 avaliam a condição do trecho em termos de aderência-pneu pavimento em “Aceitável” e “Não Aceitável” baseado nos resultados do IFI.

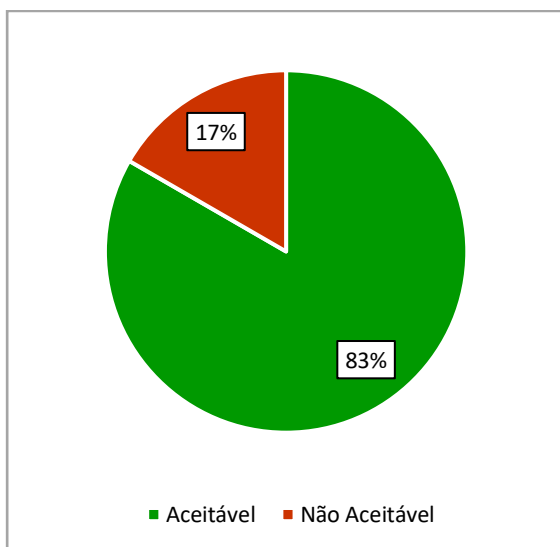


Figura 4.9 Condição da aderência pneu-pavimento pelo método do IFI calculado com os ensaios da Mancha de Areia e Pêndulo Britânico

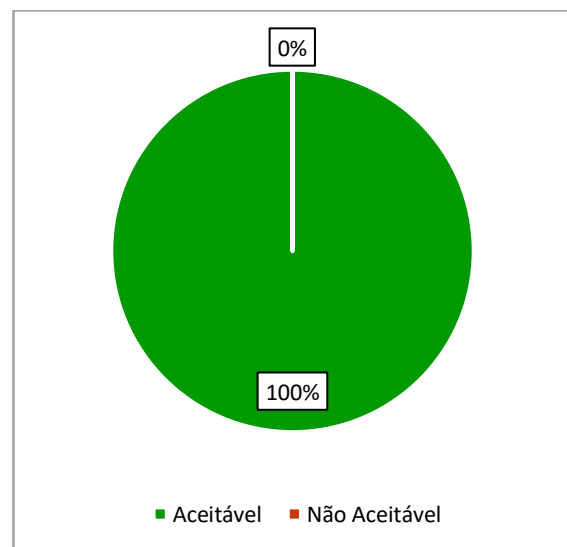


Figura 4.10 Condição da aderência pneu-pavimento pelo método do IFI calculado com os equipamentos *Pavement Scanner* e *Grip Tester*

A aceitabilidade do pavimento a partir do resultado do índice combinado IFI foi aproximada para as metodologias pontuais e contínuas.

Se comparada com a aceitabilidade dos trechos obtida a partir dos equipamentos isolados, isto é, comparando Mancha de Areia *versus Pavement Scanner* e Pêndulo Britânico *versus Grip Tester*, os resultados se mostraram mais aproximados pelo método do IFI. O que demonstra que

o IFI equilibra os resultados de macrotextura e microtextura, corroborando com o que foi dito por MATTOS (2009).

4.2 CALIBRAÇÃO DO PAVEMENT SCANNER E DO GRIP TESTER PARA CÁLCULO DO IFI

Apesar dos resultados obtidos com a comparação dos índices combinados do IFI se apresentarem satisfatórios em termos de correlação entre as metodologias pontuais e contínuas, buscou-se encontrar novas constantes para utilização do *Pavement Scanner* e *Grip Tester* para cálculo do IFI que aproximassem melhor os resultados aos da Mancha de Areia e Pêndulo Britânico.

4.2.1 1ª TENTATIVA

Para a primeira tentativa de calibração das constantes do *Pavement Scanner*, utilizou-se dos dados disponíveis no estudo de caso para todas as estacas estudadas. A Figura 4.11 apresenta o gráfico de dispersão obtido para os valores de S_p da Mancha de Areia e do MTD obtidos com o *Pavement Scanner*.

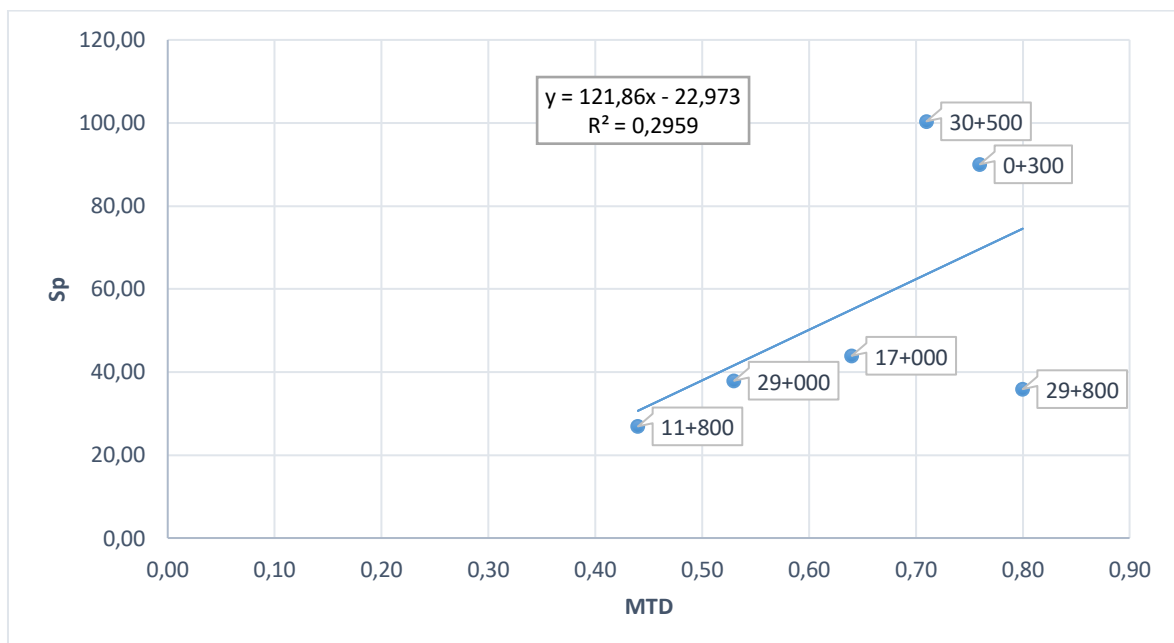


Figura 4.11 Regressão S_p da Mancha de Areia x MTD obtido com *Pavement Scanner* na 1ª tentativa

Como pode ser observado na Figura 4.11, o modelo estatístico gerado apresentou um coeficiente de determinação R^2 de 0,30; que corresponde a uma fraca relação entre os dados. Dessa forma, passou-se para uma segunda tentativa de calibrar as constantes apresentada a seguir.

4.2.2 2ª TENTATIVA

Na segunda tentativa, excluí-se os resultados obtidos para as estacas 30+500 e 29+800, considerados *outliers*, ou seja, que apresentaram grandes discrepâncias em relação a maioria dos resultados, com diferenças maiores que 0,28 mm entre as duas metodologias. O resultado é apresentado na Figura 4.12.

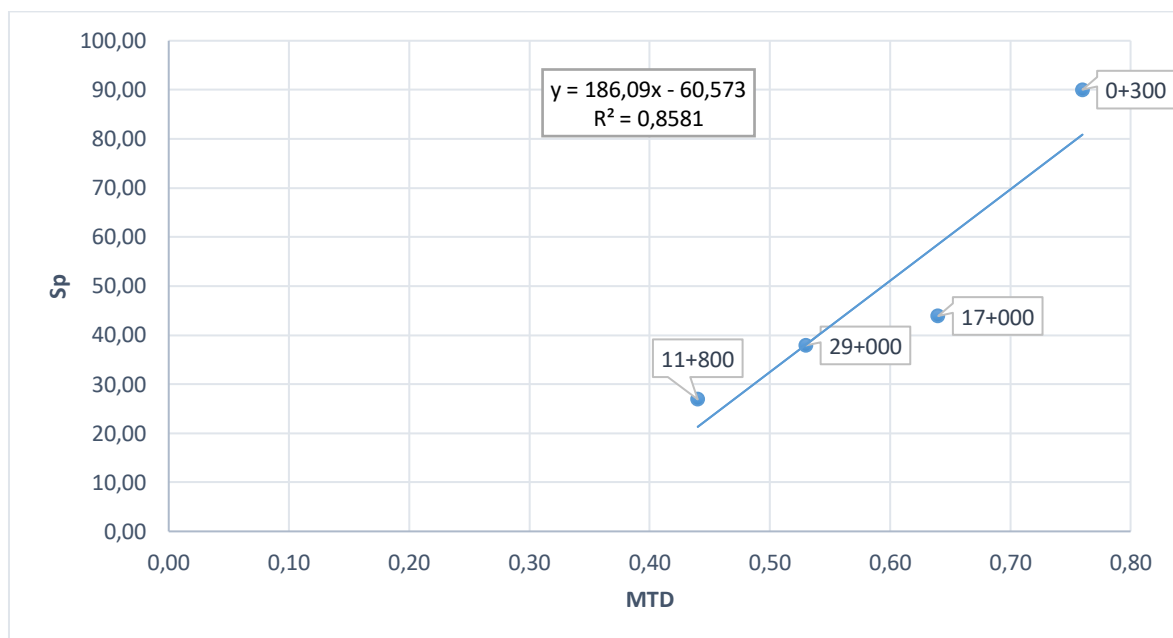


Figura 4.12 Regressão S_p da Mancha de Areia x MTD obtido com *Pavement Scanner* na 2ª tentativa

Como pode ser observado, a segunda tentativa apresentou modelo estatístico mais aderente, com coeficiente de determinação $R^2 = 0,86$. A Tabela 4.6 apresenta as constantes a e b calibradas propostas para o cálculo do S_p com *Pavement Scanner* pelo método do MTD.

Tabela 4.6 Constantes propostas para cálculo de S_p com *Pavement Scanner*

<i>Pavement Scanner</i>	Constantes	
	a	b
MTD (mm)	-60,573	186,09

Para calibração das constantes do *Grip Tester*, foi calculado os novos valores de S_p para o *Pavement Scanner*, utilizando as constantes a e b calibradas, e o FR60 com o novo S_p . Em seguida, plotou-se no gráfico os valores referencias de F60, obtidos com a Mancha de Areia e o Pêndulo Britânico, juntamente com os novos valores de FR60 calculados para o *Grip Tester*.

Para a calibração das constantes do *Grip Tester*, não foram excluídos os resultados das estacas 30+500 e 29+800, uma vez que foi calculado novo FR60 utilizando dados do *Pavement Scanner* já calibrados pelas constantes.

A Figura 4.13 apresenta o gráfico de dispersão obtido para calibração do equipamento *Grip Tester*.

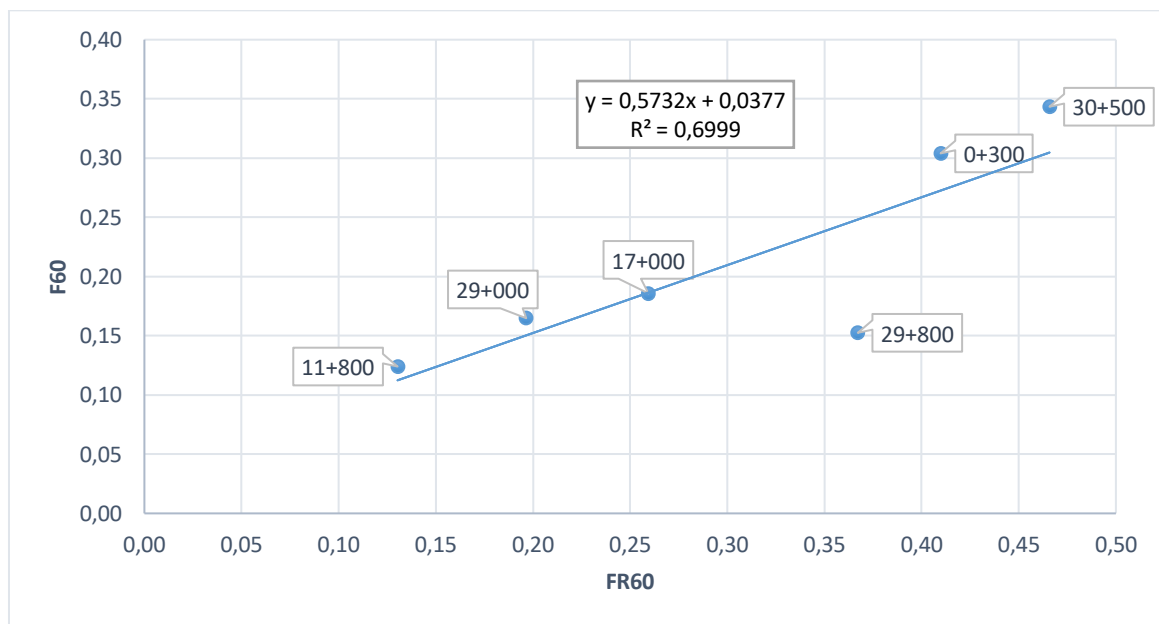


Figura 4.13 Regressão F60 da Mancha de Areia e Pêndulo Britânico x FR60 obtido com *Grip Tester* e *Pavement Scanner* calibrado pela 2ª tentativa

A regressão realizada resultou em modelo estatístico aderente, com coeficiente de determinação $R^2 = 0,70$. A Tabela 4.7 apresenta as constantes propostas pelo modelo.

Tabela 4.7 Constantes propostas para cálculo de F60 com *Grip Tester*

<i>Grip Tester</i>	Constantes	
	A	B
GN	0,0377	0,5732

Após calibração dos equipamentos, foi calculado os novos valores de IFI para os pontos estudados. Os resultados sintetizados são apresentados na Tabela 4.8 a seguir:

Tabela 4.8 Síntese dos resultados do IFI pós calibração da 2ª tentativa

Posição (km/est)	IFI		IFI		Diferença F60 (Constantes PIARC)	IFI		Diferença F60 (Constantes Calibradas)
	Mancha de Areia x Pêndulo Britânico		Pavement Scanner x Grip Tester (Constantes PIARC)			Pavement Scanner x Grip Tester (Constantes Calibradas)		
	F60	Classificação Aps	F60	Classificação Aps		F60	Classificação Aps	
30+500	0,34	Muito Bom	0,46	Ótimo	0,11	0,28	Muito Bom	0,06
29+800	0,15	Bom	0,35	Muito Bom	0,20	0,22	Muito Bom	0,06
29+000	0,16	Bom	0,24	Muito Bom	0,07	0,11	Ruim	0,06
17+000	0,19	Bom	0,27	Muito Bom	0,08	0,15	Bom	0,04
11+800	0,12	Regular	0,23	Muito Bom	0,11	0,07	Muito Ruim	0,06
0+300	0,30	Muito Bom	0,39	Ótimo	0,09	0,24	Muito Bom	0,06

A partir dos resultados, observa-se que as novas constantes forneceram valores mais aderentes para o IFI obtido com os equipamentos de levantamento contínuo em relação aos equipamentos de referência, apresentando diferenças menores do que utilizando as constantes propostas pelo estudo da PIARC.

A Figura 4.14 a seguir, apresenta esse resultado graficamente e evidencia a aderência dos dados as novas constantes.

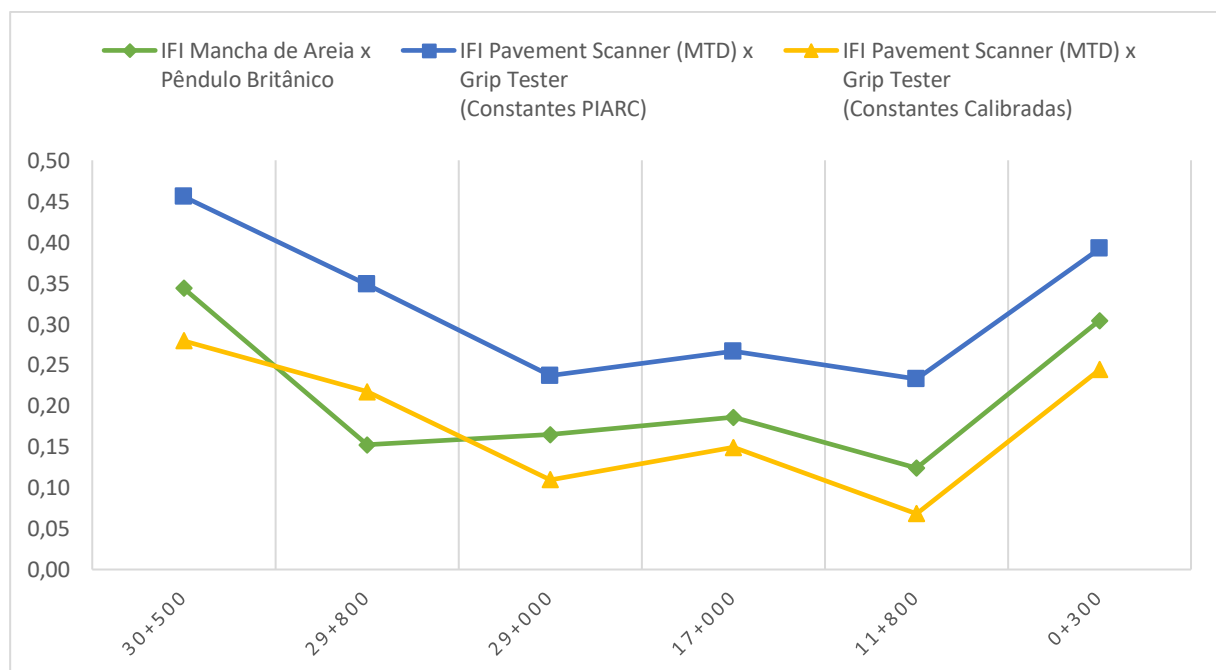


Figura 4.14 Comparação entre os resultados do IFI dos levantamentos pontuais versus levantamentos contínuos pós calibração da 2ª tentativa

4.2.3 3ª TENTATIVA

Considerando que se dispôs de poucos pontos estudados para o trecho e buscando uma amostra mais expressiva, utilizou-se de dados levantados em estudo similar, conduzido pela empresa Dynatest, a fim de gerar constantes mais confiáveis. O estudo fez levantamentos da macrotextura e microtextura do pavimento em um trecho de 27 km para todos os equipamentos, resultando em 24 pontos.

Baseado na experiência obtida na segunda tentativa, aqui também foram excluídos os *outliers* na calibração do S_p , considerados os valores dos levantamentos obtidos com o *Pavement Scanner* com uma diferença igual ou superior a 0,25 mm em relação a Mancha de Areia, de modo a obter resultados mais aderentes. Dessa forma, foram utilizados 4 pontos do estudo de caso apresentado e 20 pontos do estudo da Dynatest, resultando em uma amostra de 24 pontos.

A Figura 4.15 e Figura 4.16 apresentam os gráficos de dispersão obtidos na 3ª tentativa de calibração das novas constantes de cálculo do índice combinado IFI, para utilização dos equipamentos *Pavement Scanner* e *Grip Tester*.

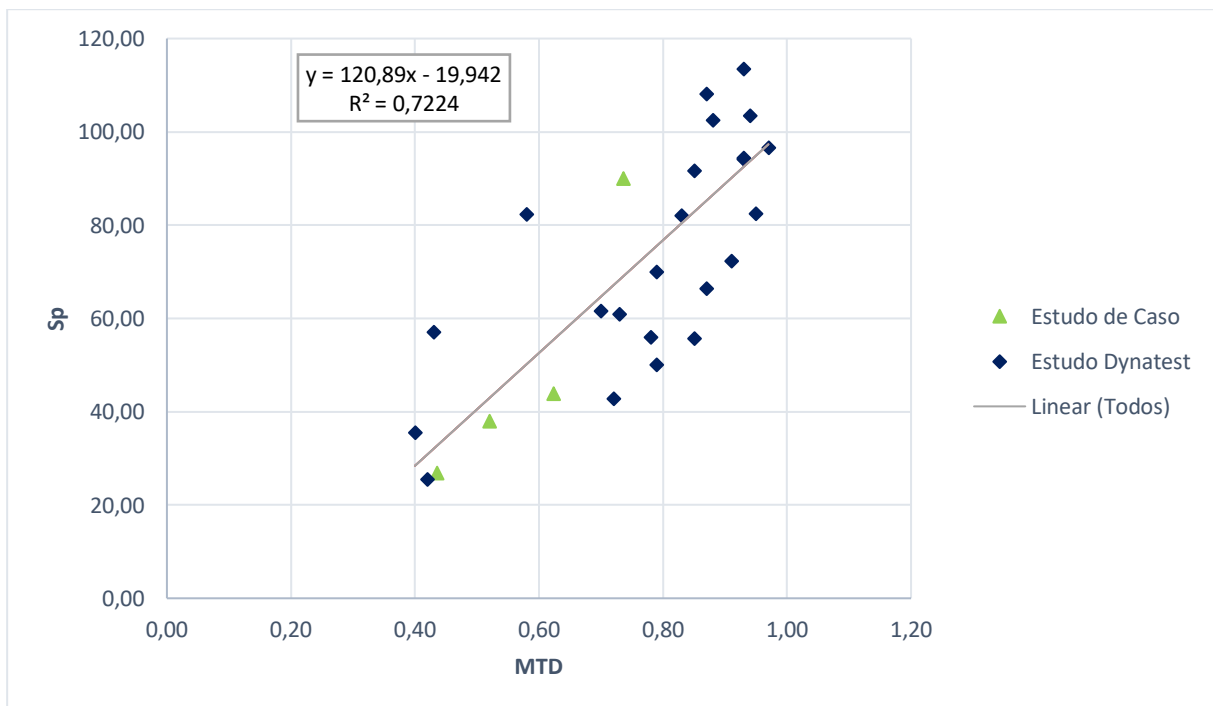


Figura 4.15 Regressão S_p da Mancha de Areia x MTD obtido com *Pavement Scanner* pela 3ª tentativa

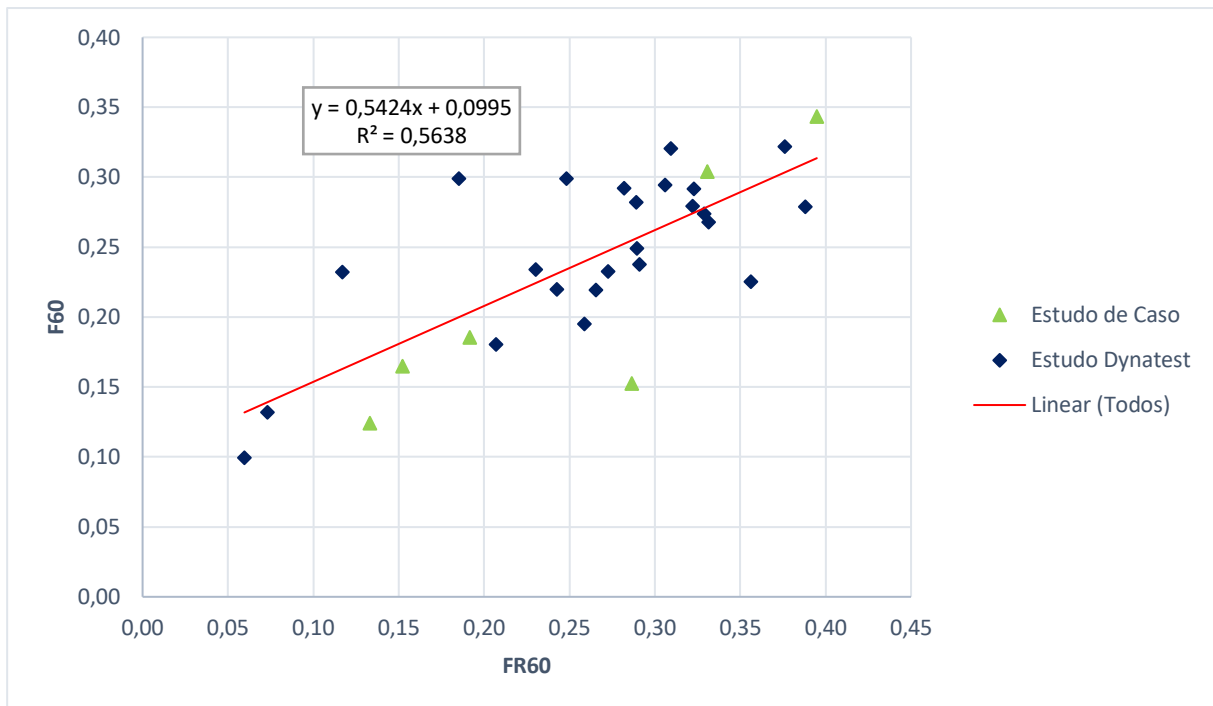


Figura 4.16 Regressão F60 da Mancha de Areia e Pêndulo Britânico x FR60 obtido com *Grip Tester* e *Pavement Scanner* calibrado pela 3ª tentativa

A Tabela 4.9 exhibe as constantes propostas na terceira tentativa para utilização dos equipamentos *Pavement Scanner* e *Grip Tester* e confronta os dados com o resultado da segunda tentativa.

Tabela 4.9 Constantes propostas para cálculo de Sp e F60 com *Pavement Scanner* e *Grip Tester* obtidos na 2ª e 3ª tentativas

Tentativa	<i>Pavement Scanner</i> MTD			<i>Grip Tester</i> GN		
	a	b	R ²	A	B	R ²
2ª Tentativa	-60,573	186,09	0,86	0,0377	0,5732	0,70
3ª Tentativa	-19,942	120,89	0,72	0,0995	0,5424	0,56

É possível observar que os coeficientes de determinação (R²) encontrados na terceira tentativa apresentam uma relação mais fraca entre os dados, se comparados com a segunda tentativa. Entretanto, por se tratar de amostra maior, o resultado é mais representativo.

A Tabela 4.10 apresenta os resultados do IFI obtidos para os equipamentos de referência, Mancha de Areia e Pêndulo Britânico, e compara com os valores obtidos após a calibração na segunda e terceira tentativa.

Tabela 4.10 Síntese dos resultados do IFI pós calibração da 3ª tentativa

Posição (km/est)	IFI Mancha de Areia x Pêndulo Britânico		IFI <i>Pavement Scanner x Grip Tester</i> (2ª tentativa)		Diferença F60 (2ª tentativa)	IFI <i>Pavement Scanner x Grip Tester</i> (3ª tentativa)		Diferença F60 (3ª tentativa)
	F60	Classificação Aps	F60	Classificação Aps		F60	Classificação Aps	
30+500	0,34	Muito Bom	0,28	Muito Bom	0,06	0,31	Muito Bom	0,03
29+800	0,15	Bom	0,22	Muito Bom	0,06	0,25	Muito Bom	0,10
29+000	0,16	Bom	0,11	Ruim	0,06	0,18	Bom	0,02
17+000	0,19	Bom	0,15	Bom	0,04	0,20	Bom	0,02
11+800	0,12	Regular	0,07	Muito Ruim	0,06	0,17	Bom	0,05
0+300	0,30	Muito Bom	0,24	Muito Bom	0,06	0,28	Muito Bom	0,03

Conforme pode ser observado na Tabela 4.10, a calibração das constantes de obtenção dos valores do IFI (F60) na 3ª tentativa produziu redução considerável na diferença entre os valores obtidos com as metodologias de levantamento contínuas e pontuais. Além disso, apresentou resultados melhores que os obtidos na 2ª tentativa.

De modo geral, os resultados do IFI obtidos com as constantes calibradas se mostraram muito mais aderentes aos resultados de referência, obtidos com a Mancha de Areia e o Pêndulo Britânico, do que os valores obtidos utilizando as constantes da PIARC, demonstrando a importância da calibração dos equipamentos de levantamento contínuo.

A Figura 4.17 apresenta os resultados do IFI obtidos a partir dos levantamentos pontuais de referência e os resultados obtidos a partir dos equipamentos de levantamento contínuos em todas as tentativas.

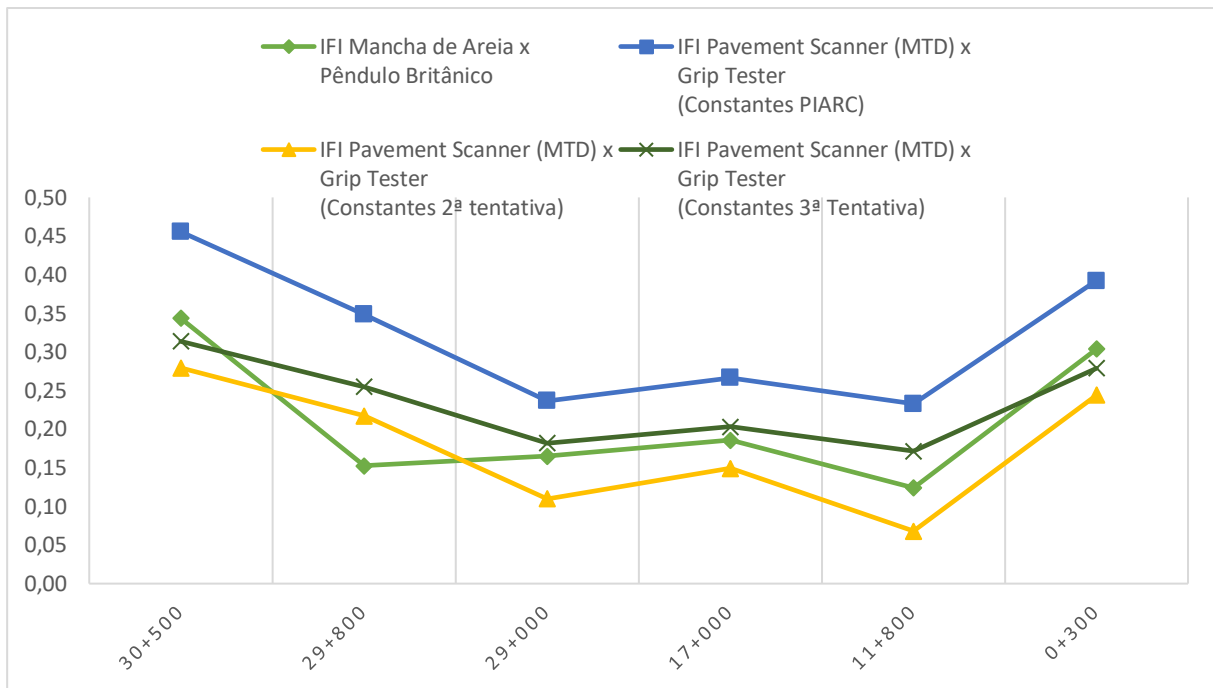
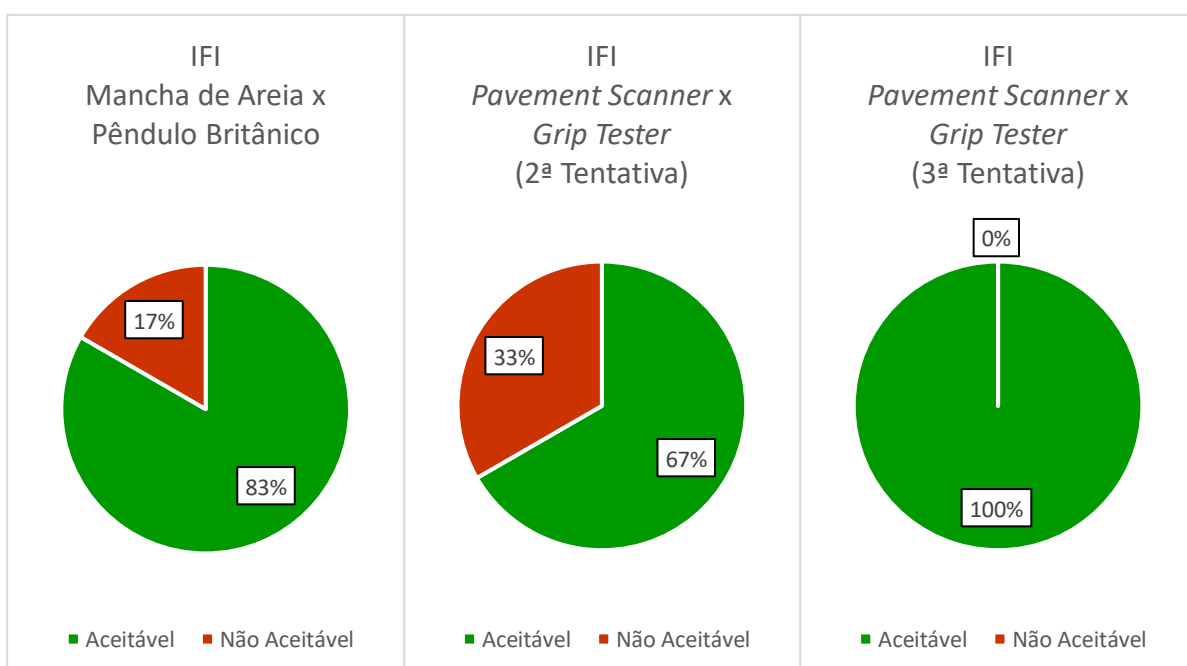


Figura 4.17 Comparação entre os resultados do IFI dos levantamentos pontuais versus levantamentos contínuos pós calibração da 3ª tentativa

A aceitabilidade do trecho foi calculada para os resultados do IFI obtidos a partir dos equipamentos de levantamento contínuo calibrados na 2ª e 3ª tentativa, e comparados com o resultado de referência do IFI obtido com a Mancha de Areia e Pêndulo Britânico. O resultado é apresentado na Figura 4.18.

Figura 4.18 Aceitabilidade do trecho estudado pelo IFI



Apesar da aceitabilidade para o IFI calculado a partir das constantes calibradas na 2ª tentativa demonstrar um resultado em favor da segurança, os resultados encontrados para a 3ª tentativa se mostrarem mais aderentes, como pode ser observado no gráfico da Figura 4.17.

4.3 COMPARATIVO ENTRE OS MÉTODOS

A análise comparativa entre as metodologias pontuais e contínuas para obtenção da textura do pavimento, será aqui dividida em dois subtópicos: comparação entre os custos referenciais e produtividade dos ensaios e, apresentação de quadro resumo compilando as vantagens e desvantagens das metodologias a partir do que foi estudado.

4.3.1 CUSTOS DOS ENSAIOS

Os valores apresentados nesse item se referem a custos referenciais extraídos do SICRO. As composições de custo que deram origem a esses valores são apresentadas no ANEXO C desse trabalho. Maiores detalhamentos sobre sua construção podem ser encontrados no Manual de Custos de Infraestrutura de Transportes do DNIT (2017).

A Tabela 4.11 a seguir compila os valores que serão utilizados na análise. Os custos unitários estão no mês/base setembro/2017 e se referem ao custo de realização de 1 (uma) unidade para os ensaios da Mancha de Areia e do Pêndulo Britânico, ou 1 (um) quilômetro levantado com o *Pavement Scanner* ou *Grip Tester*. A coluna “Produção da Equipe” se refere à produção das equipes mecânicas, ou seja, a produtividade dos equipamentos envolvidos no ensaio em uma hora de trabalho.

Tabela 4.11 Custos unitários dos ensaios (SICRO, 2017).

Ensaio	Custo Unitário (Set/2017)	Produção da Equipe
Ensaio da Mancha de Areia	R\$ 10,40	1 unidade
Ensaio do Pêndulo Britânico	R\$ 11,38	1 unidade
Levantamento com <i>Pavement Scanner</i>	R\$ 36,06	41,50 km
Medição do atrito do pavimento com <i>Grip Tester</i>	R\$ 44,19	10,38 km

Importante destacar, que para os ensaios da Mancha de Areia e do Pêndulo Britânico, as composições de custo consideram apenas um laboratorista em sua execução, não sendo

considerado nas composições de custo, tempo e equipe dispendidos para a interrupção do tráfego e disposição de sinalização.

Uma vez que os custos se referem a unidades diferentes, para efeitos de comparação, foi escolhido arbitrariamente um trecho hipotético de 5 km para levantamento da textura do pavimento, onde foram considerados ensaios pelo método da Mancha de Areia e do Pêndulo Britânico a cada 200 m. O resultado é exibido na Tabela 4.12.

Tabela 4.12 Custos dos ensaios para um levantamento de 5 km

Ensaio	Custo Unitário (Set/2017)	Quant. de levantamentos
Ensaio da Mancha de Areia	R\$ 260,00	25 unidades
Ensaio do Pêndulo Britânico	R\$ 284,40	25 unidades
Levantamento com <i>Pavement Scanner</i>	R\$ 180,29	5,00 km
Medição do atrito do pavimento com <i>Grip Tester</i>	R\$ 220,94	5,00 km

Considerando os parâmetros definidos para o comparativo, as metodologias de levantamento contínuo se mostraram mais vantajosas em termos de custo.

Se fosse aumentado o intervalo de pontos levantados pela Mancha de Areia e Pêndulo Britânico, isto é, levantamentos a cada 500 m por exemplo, as metodologias pontuais levariam vantagem. Entretanto, é importante observar que quanto menos pontos levantados, menor é a precisão da avaliação do trecho como um todo.

Entretanto, para um levantamento real, os custos dispendidos para a interrupção do tráfego e disposição de sinalização trariam alto impacto para os ensaios da Mancha de Areia e do Pêndulo Britânico, favorecendo economicamente, em maior ordem, os levantamentos contínuos. Dessa forma, a avaliação do custo real desses dos levantamentos pontuais é de difícil comparação com os custos referenciais apresentados.

Outra comparação que pode ser feita a partir das informações extraídas das composições de custo do SICRO, é referente a produtividade dos ensaios. Como pode ser observado na Tabela 4.11, no período de uma hora, o equipamento *Pavement Scanner* consegue levantar aproximadamente 42 km de pavimento, e o *Grip Tester*, 10 km. Enquanto no mesmo tempo, é realizada apenas um ensaio da Mancha de Areia ou do Pêndulo Britânico.

Considerando o exposto, é importante destacar que os custos e produtividades apresentados aqui se referem a custos unitários referenciais. Em levantamentos reais, esses valores podem ser maiores ou menores, com ganhos de escala.

4.3.2 COMPARATIVO ENTRE METODOLOGIAS

Baseado no conhecimento adquirido ao longo desse estudo, foi compilada as vantagens e desvantagens envolvidas na utilização das metodologias pontuais, Mancha de Areia e Pêndulo Britânico, e das metodologias contínuas, *Pavement Scanner* e *Grip Tester*. O Quadro 4.1 apresenta o resultado.

Quadro 4.1 Comparativo métodos pontuais *versus* métodos contínuos

Metodologias Pontuais Mancha de Areia x Pêndulo Britânico	Metodologias Contínuas <i>Pavement Scanner</i> x <i>Grip Tester</i>
Vantagens	Vantagens
<ul style="list-style-type: none"> - Utilização simplória - Fácil portabilidade - Boa repetibilidade 	<ul style="list-style-type: none"> - Custo baixo - Alta produtividade - Portabilidade razoável - Boa repetibilidade - Resultados representativos para todo o trecho - Baixo risco de ocorrência de acidentes - Os levantamentos apresentam pouca ou nenhuma influência do operador - Não há necessidade de interrupção do tráfego da via
Desvantagens	Desvantagens
<ul style="list-style-type: none"> - Baixa produtividade - Resultados dos ensaios não refletem a condição da textura de todo o trecho - Necessidade de interrupção do tráfego na via - Risco de ocorrência de acidentes durante o desenvolvimento dos ensaios - Dificuldade de realização em vias de tráfego alto - Podem ser enviesados por erro humano 	<ul style="list-style-type: none"> - Resultados contra a segurança se comparado com as metodologias pontuais (Principalmente para o <i>Pavement Scanner</i>) - Necessário fazer calibração dos equipamentos com as metodologias pontuais - Utilização sofisticada, necessitando técnico especializado para manuseio do computador de bordo e software de extração dos dados

Para esse quadro, a variável custo não foi avaliada para as metodologias pontuais, uma vez que não se dispôs de custos reais para sua avaliação, e os custos referenciais apresentados não refletiram bem a realidade.

5 CONCLUSÃO

De modo geral, esse estudo alcançou os objetivos propostos e conseguiu utilizar com êxito a metodologia do *Internacional Friction Index* (IFI), obtendo resultados satisfatórios para comparação entre as metodologias pontuais e contínuas de obtenção da característica da macrotextura e microtextura dos pavimentos brasileiros.

Os resultados encontrados para o *Pavement Scanner* e *Grip Tester* apresentam boa repetibilidade, assim como os ensaios tradicionais, mas com pouca influência do operador, conforme confirmado na literatura, se mostrando superiores nesse sentido. Além disso, incrementam a velocidade da execução da avaliação de aderência dos pavimentos e fornecem resultados que abrangem toda a extensão do trecho levantado, sem a necessidade de interrupção do tráfego na via.

Quanto a confiabilidade dos seus resultados, percebeu-se que as metodologias mecanizadas apresentaram avaliação superior as tradicionais, contra a segurança. Nesse sentido, são necessários mais estudos avaliando a correlação dos índices de modo a propor constantes de calibrações mais confiáveis, levando em conta os diferentes tipos de revestimento encontrados.

Sobre os custos referenciais avaliados, conclui-se que a utilização das metodologias contínuas é mais econômica, principalmente para trechos longos e/ou com muitos levantamentos. Além disso, a avaliação dos custos envolvidos é importante pois além de apresentar resultados confiáveis, a utilização das novas tecnologias deve ser viável, aliando técnica e preço.

A partir da análise dos resultados realizada, são apresentadas algumas conclusões:

- O equipamento *Pavement Scanner* apresentou resultados sensivelmente superiores aos da Mancha de Areia, fato verificado nos dados utilizados no estudo de caso e nas calibrações, mas ainda sim correlacionáveis com o método tradicional;
- Percebeu-se uma tendência dos equipamentos de levantamento contínuo em fornecer resultados ligeiramente contra a segurança, quando avaliada e comparada a aceitabilidade dos trechos para cada metodologia;

- Os resultados encontrados por meio do índice combinado IFI para os levantamentos contínuos apresentaram boa correlação com os resultados obtidos com os levantamentos pontuais, entretanto sensivelmente mais altos;
- Resultados mais aproximados aos métodos tradicionais foram encontrados quando se procedeu com a calibração dos equipamentos;
- A utilização de uma amostra maior de dados forneceu calibrações mais aderentes;
- O maior distanciamento entre os resultados do IFI para os valores de referência e as calibrações ocorreu para a estaca 29+800, sendo o ideal voltar a campo e repetir os ensaios na estaca de modo a aferir essa incompatibilidade. Não havendo essa possibilidade, sugere-se atenção a esses pontos consideravelmente diferentes dos demais e exclusão dos mesmos no procedimento de calibração;
- Em geral, os resultados foram satisfatórios e apresentaram valores consistentes e próximos após a calibração, com pequenas variações em relação ao método tradicional;
- As faixas de classificação do IFI propostas por APS (2006) para avaliação dos pavimentos brasileiros se mostraram satisfatórias e são aderentes ao que já vem sendo utilizado pelas entidades públicas;
- Os gráficos relacionando os valores do IFI (S_p , F60) se mostraram adequados para a verificação do tipo de intervenção recomendada em termos de textura como ferramenta facilitadora do gerenciamento de pavimento.

Assim, conclui-se com essa pesquisa que os levantamentos mecanizados já estão aptos para serem realizados nas rodovias brasileiras, desde que complementados pelos levantamentos pontuais para calibração dos equipamentos e confirmação dos resultados, como já é proposto pela ARTESP em seus contratos de concessões rodoviárias. Para o futuro, sugere-se atualização dos normativos pertinentes com proposição de novas faixas de aceitação da textura do pavimento, apropriadas para os equipamentos *Pavement Scanner* e *Grip Tester*.

Como dificuldades encontradas, pode-se citar a pouca disponibilidade de dados de levantamentos da textura do pavimento com as quatro metodologias que contemplem os mesmos pontos. Outra questão a ser observada, foi o não acompanhamento dos levantamentos realizados, dificultando um melhor entendimento e sensibilidade sobre os dados na tentativa de explicar os pontos que apresentaram diferenças consideráveis entre metodologias.

Levando em conta as conclusões obtidas e as dificuldades encontradas nesse estudo, propõe-se as seguintes sugestões para pesquisas futuras:

- Estudar um número maior de amostras de levantamentos com as quatro metodologias, de modo a atingir calibrações mais confiáveis;
- Realizar os levantamentos mecanizados contínuos em duplicidade para o mesmo trecho de modo a atestar a repetibilidade do ensaio,
- Repetir os levantamentos após um determinado período, de modo a avaliar a evolução dos resultados encontrados;
- Estudar e avaliar a influência dos diferentes tipos de revestimentos de pavimentos flexíveis na calibração dos equipamentos;
- Utilizar mecanismos mais rebuscados para a avaliação estatística dos dados.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMARANTE JÚNIOR, F. D.; SOUZA, F. S. V.; SANT'ANNA, F. M. G.; OLIVEIRA, P. C. A. **Fresagem Fina como Medida de Melhoramento da Segurança da Rodovia Presidente Dutra no Trecho da Serra das Araras**. Anais da 36ª Reunião Anual de Pavimentação (36ª RAPV), Curitiba-PR, Brasil, 2005.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIAL. **ASTM E1960-07 (2015)**: Standard Practice for calculating International Friction Index of a Pavement Surface. West Conshohocken: ASTM Standards, 2015, 5p.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIAL. **ASTM E303-93 (2018)**: Standard Test Method for Measuring Surface Frictional Properties Using the British Pendulum Tester. West Conshohocken: ASTM Standards, 2018, 5p.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIAL. **ASTM E867-06 (2020)**: Standard Terminology Relating to Vehicle-Pavement Systems. West Conshohocken: ASTM Standards, 2020, 8p.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIAL. **ASTM E965-15 (2019)**: Standard Test Method for Measuring Pavement MacroTexture Depth Using a Volumetric Technique. West Conshohocken: ASTM Standards, 2019, 5p.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIAL. **ASTM E1845-15 (2015)**: Standard Practice for Calculating Pavement Macro-Texture Mean Profile Depth. West Conshohocken: ASTM Standards, 2015, 4p.

ANAC - AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL. **Instrução de Aviação Civil nº 4302**. 2001, 13 p.

ANAC - AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL. **Resolução nº 236**, de 5 de junho de 2012. 19 p.

ANTT – AGÊNCIA NACIONAL DE TRANSPORTE TERRESTRE. Disponível em: <<https://portal.antt.gov.br/concessionarias>>. Acesso em 10 de maio de 2021.

APS, M. **Classificação da aderência pneu-pavimento pelo índice combinado IFI – Internacional Friction Index para revestimentos asfálticos**. 2006. 179 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Transportes). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.

ARTESP - AGÊNCIA NACIONAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. Disponível em <<http://www.artesp.sp.gov.br/Style%20Library/extranet/novas-paginas/CustomPage.aspx?page=53>>. Acesso em 26 de abril de 2021.

BERNUCCI, L. L. B., MOTTA, L. M. G. D., CERATTI, J. A. P., SOARES, J. B. **Pavimentação Asfáltica: Formação Básica para Engenheiros**. 1ª Ed., PETROBRAS, ABEDA, Rio de Janeiro. 496 p. 2008.

BRITISH STANDARD INSTITUTION. **BS 7941-2: Methods for measuring the skid resistance of pavement surfaces. Test method for measurement of surface skid resistance using the GripTester braked wheel fixed slip device.** United Kingdom, 14 p, 2000.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DE TRANSPORTES – CNT. **Pesquisa CNT de Rodovias 2019.** CNT: SEST, SENAT, 2019. Disponível em: <<https://pesquisarodovias.cnt.org.br/downloads/ultimaversao/gerencial.pdf>>. Acesso em: 31 de setembro de 2020.

CORDEIRO, B. V. A. et al. **Determinação do IFI (International Friction Index) com o emprego de Equipamentos de Avaliação Contínua.** Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia Civil – Faculdades Metropolitanas Unidas (FMU). São Paulo, 64 p. 2017.

COUCHINHO, Rui Pedro dos Santos. **Medição do Coeficiente de Atrito da Superfície de Pavimentos: Estudo do Equipamento GripTester.** Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil. Instituto Superior de Engenharia de Lisboa. 116 p. 2011.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTE. **Norma DNIT 112/2009 – ES: Pavimentos flexíveis – Concreto asfáltico com asfalto borracha, via úmida, do tipo “Terminal Blending” - Especificação de Serviço.** Rio de Janeiro, 13 p. 2009.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTE. **IPR 720 - Manual de Restauração de Pavimentos Asfálticos.** Rio de Janeiro, 2006.

DYNATEST – **Portfólio de Equipamentos.** Disponível em <<http://dynatest.com.br/equipamentos-2/>>. Acesso em 18 de maio de 2021.

FERREIRA, J. C. **Estudo e avaliação da influência da macrotextura e microtextura na aderência pneu-pavimento.** Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Florianópolis, Santa Catarina. 210 p. 2016.

FINDLAY IRVINE LTD. **GripTester MK2.** Escócia, Reino Unido. Disponível em: <<http://www.findlayirvine.com/capabilities/skid/griptester.php>>. Acesso em: 26 de mar. de 2020.

FLINTSCH, G. W., DE LEON, E., MCGHEE, K. K. and AL-QADI, I. L. **Pavement Surface Macrotexture Measurement and Applications.** Transportation Research Record 1860, p. 168-177, 2003.

INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA. **Custos dos Acidentes de Trânsito no Brasil: Estimativa Simplificada com Base na Atualização das Pesquisas do Ipea Sobre Custos de Acidentes nos Aglomerados Urbanos e Rodovias.** Rio de Janeiro, 26 p. 2020.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTE. **Manual de Custos de Infraestrutura de Transportes**. 1ª Edição - Brasília, 2017.

MATAEI, B., ZAKERI, H., ZAHEDI, M. and NEJAD, F.M. **Pavement Friction and Skid Resistance Measurement Methods: A Literature Review**. Open Journal of Civil Engineering, 6, 537-565, 2016.

MATTOS, J. R. G. **Avaliação da Aderência Pneu-Pavimento e Tendências de Desempenho para a Rodovia BR-290/RS**. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, UFRGS, Porto Alegre, 2009.

NODARI, Christine Tessele. **Método de avaliação da segurança potencial de segmentos rodoviários rurais de pista simples**. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Escola de Engenharia, UFRGS, Porto Alegre, 2003.

PAVEMETRICS. **Laser Crack Measurement System (LCMS-2)**. Québec, Canadá. Disponível em: <<http://www.pavemetrics.com/applications/road-inspection/lcms2-en/#>>. Acesso em: 26 de mar. de 2020.

SCABELLO, Daniel Torres. **Estudo sobre a Aplicabilidade do Processo de Inventário Funcional de Pavimentos Rígidos com o Emprego do Equipamento Pavement Scanner e Validação de Resultados**. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Transportes. São Paulo, 256 p. 2018.

WANBOLD, J. C.; ANTLE, C. E.; HENRY, J. J.; RADO, Z. **International PIARC Experiment to Compare and Harmonize Texture and Skid Resistance Measurements**. Paris: PIARC, 1995. 423 p. (Publication, 01.04.T).

ANEXO A – DADOS UTILIZADOS NO ESTUDO DE CASO NA ÍNTEGRA

RESULTADOS DO ENSAIO DA MANCHA DE AREIA PARA OBTENÇÃO DA MACROTEXTURA

Ensaio de Mancha de Areia																
Rodovia: MG										Operador: Ayrton						
Data: 30/01/2020										Volume de Areia (cm ³): 25						
Local				Tipo de Revest.	Condição de Tempo	Diâmetro (cm)					Área (cm ²)	Espessura		Tipo de Superfície	Data	Observação
Sentido	Posição (km/est)	Faixa	Trilha			1	2	3	4	Médio		(cm)	(mm)			
NORTE	30+500	2	Externa	CBUQ	Aberto	18	18	19	19	18,50	268,80	0,09	0,93	Grossa		
NORTE	30+500	2	Externa	CBUQ	Aberto	18	18	19	18	18,25	261,59	0,10	0,96	Grossa		
NORTE	30+500	2	Externa	CBUQ	Aberto	19	18	17	17	17,75	247,45	0,10	1,01	Grossa		
NORTE	30+500	2	Externa	CBUQ	Aberto	17	17	17	17	17,00	226,98	0,11	1,10	Grossa		
NORTE	30+500	2	Externa	CBUQ	Aberto	18	19	19	18	18,50	268,80	0,09	0,93	Grossa		
NORTE	29+800	2	Externa	CBUQ	Aberto	27	24	26	24	25,25	500,74	0,05	0,50	Média		
NORTE	29+800	2	Externa	CBUQ	Aberto	29,5	28	28	28	28,38	632,36	0,04	0,40	Fina		
NORTE	29+800	2	Externa	CBUQ	Aberto	28,5	28,5	28	28	28,25	626,80	0,04	0,40	Fina		
NORTE	29+800	2	Externa	CBUQ	Aberto	28	28	27	28	27,75	604,81	0,04	0,41	Média		
NORTE	29+800	2	Externa	CBUQ	Aberto	29	29	29	28,5	28,88	654,84	0,04	0,38	Fina		
NORTE	29,000	2	Externa	CBUQ	Aberto	30,0	28,0	29,0	29,0	29,00	660,52	0,04	0,38	Fina		
NORTE	29,000	2	Externa	CBUQ	Aberto	25,0	25,0	26,0	26,0	25,50	510,71	0,05	0,49	Média		
NORTE	29,000	2	Externa	CBUQ	Aberto	27,0	27,0	27,0	27,0	27,00	572,56	0,04	0,44	Média		
NORTE	29,000	2	Externa	CBUQ	Aberto	27,0	26,5	28,0	27,0	27,13	577,87	0,04	0,43	Média		
NORTE	29,000	2	Externa	CBUQ	Aberto	27,0	28,0	26,5	26,0	26,88	567,27	0,04	0,44	Média		
NORTE	17,000	2	Externa	CBUQ	Aberto	28,0	25,0	27,0	26,0	26,50	551,55	0,05	0,45	Média		
NORTE	17,000	2	Externa	CBUQ	Aberto	28,0	26,5	28,0	26,0	27,13	577,87	0,04	0,43	Média		
NORTE	17,000	2	Externa	CBUQ	Aberto	27,0	25,0	25,0	25,5	25,63	515,72	0,05	0,48	Média		
NORTE	17,000	2	Externa	CBUQ	Aberto	24,0	25,0	25,0	24,0	24,50	471,44	0,05	0,53	Média		
NORTE	17,000	2	Externa	CBUQ	Aberto	25,0	23,0	25,0	24,0	24,25	461,86	0,05	0,54	Média		

Ensaio de Mancha de Areia

Rodovia: MG

Operador: Ayrton

Data: 30/01/2020

Volume de Areia (cm3): 25

Local				Tipo de Revest.	Condição de Tempo	Diâmetro (cm)					Área (cm ²)	Espessura		Tipo de Superfície	Data	Observação
Sentido	Posição (km/est)	Faixa	Trilha			1	2	3	4	Médio		(cm)	(mm)			
NORTE	11+800	2	Externa	CBUQ	Aberto	36,0	34,5	34,0	35,0	34,88	955,25	0,03	0,26	Fina		
NORTE	11+800	2	Externa	CBUQ	Aberto	35,5	36,0	34,5	36,5	35,63	996,78	0,03	0,25	Fina		
NORTE	11+800	2	Externa	CBUQ	Aberto	30,0	30,0	29,0	30,0	29,75	695,13	0,04	0,36	Fina		
NORTE	11+800	2	Externa	CBUQ	Aberto	34,0	33,0	32,0	32,0	32,75	842,39	0,03	0,30	Fina		
NORTE	11+800	2	Externa	CBUQ	Aberto	26,5	24,0	25,0	23,0	24,63	476,26	0,05	0,52	Média		
NORTE	0+300	2	Externa	CBUQ	Aberto	19,5	20,0	19,5	19,0	19,50	298,65	0,08	0,84	Grossa		
NORTE	0+300	2	Externa	CBUQ	Aberto	19,5	18,5	19,0	19,0	19,00	283,53	0,09	0,88	Grossa		
NORTE	0+300	2	Externa	CBUQ	Aberto	18,0	19,0	19,0	18,0	18,50	268,80	0,09	0,93	Grossa		
NORTE	0+300	2	Externa	CBUQ	Aberto	18,5	19,0	19,0	18,5	18,75	276,12	0,09	0,91	Grossa		
NORTE	0+300	2	Externa	CBUQ	Aberto	19,5	18,0	19,0	18,0	18,63	272,45	0,09	0,92	Grossa		

RESULTADOS DO LEVANTAMENTO COM O PAVEMENT SCANNER PARA OBTENÇÃO DA MACROTEXTURA

O levantamento com o Pavement Scanner utilizado no estudo, com medições a cada 10 m, gerou um total de 3171 pontos, de forma que fica inviável a apresentação de todos os pontos nesse anexo.

Dessa forma, os resultados apresentados a seguir, consistem em tabela reduzida dos dados, contemplando os pontos de interesse utilizados no estudo, referentes as estacas 30+500, 29+800, 29+000, 17+000, 11+800 e 0+300, acrescidos de dez pontos antes e depois de cada estaca.

Rodovia	Local	Pista	Sentido tráfego (quilometragem)	Faixa	km inicial	km final	Extensão (m)	Velocidade (km/h)	MTD_TRI (mm)	MTD_TRE (mm)	MTD MÉDIO (mm)	Data	Hora
MG	PISTA PRINCIPAL	NORTE	DECRESCENTE	2	30,690	30,680	10,0	93,6	0,96	0,72	0,84	11/01/20	10:06:05
MG	PISTA PRINCIPAL	NORTE	DECRESCENTE	2	30,680	30,670	10,0	93,7	0,93	0,77	0,85	11/01/20	10:06:06
MG	PISTA PRINCIPAL	NORTE	DECRESCENTE	2	30,670	30,660	10,0	93,8	0,94	0,80	0,87	11/01/20	10:06:06
MG	PISTA PRINCIPAL	NORTE	DECRESCENTE	2	30,660	30,650	10,0	93,9	0,98	0,80	0,89	11/01/20	10:06:07
MG	PISTA PRINCIPAL	NORTE	DECRESCENTE	2	30,650	30,640	10,0	94,0	0,91	0,78	0,85	11/01/20	10:06:07
MG	PISTA PRINCIPAL	NORTE	DECRESCENTE	2	30,640	30,632	8,0	93,9	0,89	0,88	0,89	11/01/20	10:06:07
MG	PISTA PRINCIPAL	NORTE	DECRESCENTE	2	30,630	30,629	1,0	93,9	0,86	0,93	0,90	11/01/20	10:06:08
MG	PISTA PRINCIPAL	NORTE	DECRESCENTE	2	30,630	30,620	10,0	94,0	0,94	0,84	0,89	11/01/20	10:06:08
MG	PISTA PRINCIPAL	NORTE	DECRESCENTE	2	30,620	30,610	10,0	94,0	0,94	0,79	0,87	11/01/20	10:06:08
MG	PISTA PRINCIPAL	NORTE	DECRESCENTE	2	30,610	30,600	10,0	94,0	1,01	0,89	0,95	11/01/20	10:06:08
MG	PISTA PRINCIPAL	NORTE	DECRESCENTE	2	30,600	30,591	9,0	94,1	0,99	0,86	0,93	11/01/20	10:06:09
MG	PISTA PRINCIPAL	NORTE	DECRESCENTE	2	30,590	30,580	10,0	94,0	0,93	0,88	0,91	11/01/20	10:06:09
MG	PISTA PRINCIPAL	NORTE	DECRESCENTE	2	30,580	30,570	10,0	93,9	0,90	0,86	0,88	11/01/20	10:06:10
MG	PISTA PRINCIPAL	NORTE	DECRESCENTE	2	30,570	30,560	10,0	93,8	0,97	0,76	0,87	11/01/20	10:06:10
MG	PISTA PRINCIPAL	NORTE	DECRESCENTE	2	30,560	30,550	10,0	93,7	0,88	0,76	0,82	11/01/20	10:06:10
MG	PISTA PRINCIPAL	NORTE	DECRESCENTE	2	30,550	30,540	10,0	93,6	0,94	0,72	0,83	11/01/20	10:06:11
MG	PISTA PRINCIPAL	NORTE	DECRESCENTE	2	30,540	30,530	10,0	93,4	0,95	0,73	0,84	11/01/20	10:06:11
MG	PISTA PRINCIPAL	NORTE	DECRESCENTE	2	30,530	30,520	10,0	93,3	0,92	0,74	0,83	11/01/20	10:06:12
MG	PISTA PRINCIPAL	NORTE	DECRESCENTE	2	30,520	30,510	10,0	93,0	0,93	0,77	0,85	11/01/20	10:06:12
MG	PISTA PRINCIPAL	NORTE	DECRESCENTE	2	30,510	30,500	10,0	92,8	0,87	0,80	0,84	11/01/20	10:06:12
MG	PISTA PRINCIPAL	NORTE	DECRESCENTE	2	30,500	30,490	10,0	92,6	0,89	0,71	0,80	11/01/20	10:06:13
MG	PISTA PRINCIPAL	NORTE	DECRESCENTE	2	30,490	30,480	10,0	92,6	0,92	0,76	0,84	11/01/20	10:06:13
MG	PISTA PRINCIPAL	NORTE	DECRESCENTE	2	30,480	30,470	10,0	92,6	1,02	0,76	0,89	11/01/20	10:06:14
MG	PISTA PRINCIPAL	NORTE	DECRESCENTE	2	30,470	30,460	10,0	92,7	0,89	0,84	0,87	11/01/20	10:06:14
MG	PISTA PRINCIPAL	NORTE	DECRESCENTE	2	30,460	30,450	10,0	92,8	0,90	0,83	0,87	11/01/20	10:06:14
MG	PISTA PRINCIPAL	NORTE	DECRESCENTE	2	30,450	30,440	10,0	92,8	0,86	0,85	0,86	11/01/20	10:06:15
MG	PISTA PRINCIPAL	NORTE	DECRESCENTE	2	30,440	30,430	10,0	92,7	0,83	0,83	0,83	11/01/20	10:06:15
MG	PISTA PRINCIPAL	NORTE	DECRESCENTE	2	30,430	30,420	10,0	92,8	0,92	0,79	0,86	11/01/20	10:06:15
MG	PISTA PRINCIPAL	NORTE	DECRESCENTE	2	30,420	30,410	10,0	92,7	0,92	0,80	0,86	11/01/20	10:06:16
MG	PISTA PRINCIPAL	NORTE	DECRESCENTE	2	30,410	30,400	10,0	92,6	0,99	0,82	0,91	11/01/20	10:06:16

MG	PISTA PRINCIPAL	NORTE	DECRESCENTE	2	30,400	30,390	10,0	92,6	0,93	0,81	0,87	11/01/20	10:06:17
MG	PISTA PRINCIPAL	NORTE	DECRESCENTE	2	30,390	30,380	10,0	92,3	1,03	0,83	0,93	11/01/20	10:06:17
MG	PISTA PRINCIPAL	NORTE	DECRESCENTE	2	30,380	30,370	10,0	92,3	1,02	0,81	0,92	11/01/20	10:06:17
MG	PISTA PRINCIPAL	NORTE	DECRESCENTE	2	30,370	30,360	10,0	92,2	0,90	0,73	0,82	11/01/20	10:06:18
MG	PISTA PRINCIPAL	NORTE	DECRESCENTE	2	30,360	30,350	10,0	91,9	1,00	0,81	0,91	11/01/20	10:06:18
MG	PISTA PRINCIPAL	NORTE	DECRESCENTE	2	30,350	30,340	10,0	91,8	0,95	0,77	0,86	11/01/20	10:06:19
MG	PISTA PRINCIPAL	NORTE	DECRESCENTE	2	30,340	30,330	10,0	91,7	1,03	0,72	0,88	11/01/20	10:06:19
MG	PISTA PRINCIPAL	NORTE	DECRESCENTE	2	30,330	30,320	10,0	91,5	1,01	0,72	0,87	11/01/20	10:06:19
MG	PISTA PRINCIPAL	NORTE	DECRESCENTE	2	30,320	30,310	10,0	91,4	0,98	0,77	0,88	11/01/20	10:06:20
MG	PISTA PRINCIPAL	NORTE	DECRESCENTE	2	30,310	30,300	10,0	91,2	0,97	0,73	0,85	11/01/20	10:06:20
MG	PISTA PRINCIPAL	NORTE	DECRESCENTE	2	30,300	30,290	10,0	91,3	0,94	0,74	0,84	11/01/20	10:06:20
MG	PISTA PRINCIPAL	NORTE	DECRESCENTE	2	30,000	29,990	10,0	82,9	0,86	0,82	0,84	11/01/20	10:06:33
MG	PISTA PRINCIPAL	NORTE	DECRESCENTE	2	29,990	29,980	10,0	83,2	0,88	0,83	0,86	11/01/20	10:06:33
MG	PISTA PRINCIPAL	NORTE	DECRESCENTE	2	29,980	29,970	10,0	83,4	0,94	0,94	0,94	11/01/20	10:06:34
MG	PISTA PRINCIPAL	NORTE	DECRESCENTE	2	29,970	29,960	10,0	83,6	0,92	0,87	0,90	11/01/20	10:06:34
MG	PISTA PRINCIPAL	NORTE	DECRESCENTE	2	29,960	29,950	10,0	83,7	0,84	0,82	0,83	11/01/20	10:06:35
MG	PISTA PRINCIPAL	NORTE	DECRESCENTE	2	29,950	29,940	10,0	84,1	0,87	0,79	0,83	11/01/20	10:06:35
MG	PISTA PRINCIPAL	NORTE	DECRESCENTE	2	29,940	29,930	10,0	84,3	0,84	0,82	0,83	11/01/20	10:06:36
MG	PISTA PRINCIPAL	NORTE	DECRESCENTE	2	29,930	29,920	10,0	84,7	0,87	0,75	0,81	11/01/20	10:06:36
MG	PISTA PRINCIPAL	NORTE	DECRESCENTE	2	29,920	29,910	10,0	85,0	0,89	0,75	0,82	11/01/20	10:06:36
MG	PISTA PRINCIPAL	NORTE	DECRESCENTE	2	29,910	29,900	10,0	85,2	0,90	0,76	0,83	11/01/20	10:06:37
MG	PISTA PRINCIPAL	NORTE	DECRESCENTE	2	29,900	29,890	10,0	85,5	0,88	0,76	0,82	11/01/20	10:06:37
MG	PISTA PRINCIPAL	NORTE	DECRESCENTE	2	29,890	29,880	10,0	85,9	0,89	0,72	0,81	11/01/20	10:06:38
MG	PISTA PRINCIPAL	NORTE	DECRESCENTE	2	29,880	29,870	10,0	86,1	0,97	0,76	0,87	11/01/20	10:06:38
MG	PISTA PRINCIPAL	NORTE	DECRESCENTE	2	29,870	29,860	10,0	86,3	0,92	0,77	0,85	11/01/20	10:06:39
MG	PISTA PRINCIPAL	NORTE	DECRESCENTE	2	29,860	29,850	10,0	86,4	0,93	0,82	0,88	11/01/20	10:06:39
MG	PISTA PRINCIPAL	NORTE	DECRESCENTE	2	29,850	29,840	10,0	86,8	0,93	0,77	0,85	11/01/20	10:06:39
MG	PISTA PRINCIPAL	NORTE	DECRESCENTE	2	29,840	29,830	10,0	87,1	0,91	0,78	0,85	11/01/20	10:06:40
MG	PISTA PRINCIPAL	NORTE	DECRESCENTE	2	29,830	29,820	10,0	87,6	0,85	0,76	0,81	11/01/20	10:06:40
MG	PISTA PRINCIPAL	NORTE	DECRESCENTE	2	29,820	29,810	10,0	87,9	0,84	0,71	0,78	11/01/20	10:06:41
MG	PISTA PRINCIPAL	NORTE	DECRESCENTE	2	29,810	29,800	10,0	88,3	1,01	0,81	0,91	11/01/20	10:06:41
MG	PISTA PRINCIPAL	NORTE	DECRESCENTE	2	29,800	29,790	10,0	88,7	0,91	0,80	0,86	11/01/20	10:06:41
MG	PISTA PRINCIPAL	NORTE	DECRESCENTE	2	29,790	29,780	10,0	88,9	0,93	0,79	0,86	11/01/20	10:06:42
MG	PISTA PRINCIPAL	NORTE	DECRESCENTE	2	29,780	29,770	10,0	89,2	0,95	0,70	0,83	11/01/20	10:06:42
MG	PISTA PRINCIPAL	NORTE	DECRESCENTE	2	29,770	29,760	10,0	89,5	0,99	0,76	0,88	11/01/20	10:06:43
MG	PISTA PRINCIPAL	NORTE	DECRESCENTE	2	29,760	29,750	10,0	89,6	0,98	0,74	0,86	11/01/20	10:06:43
MG	PISTA PRINCIPAL	NORTE	DECRESCENTE	2	29,750	29,740	10,0	89,7	0,92	0,73	0,83	11/01/20	10:06:44
MG	PISTA PRINCIPAL	NORTE	DECRESCENTE	2	29,740	29,730	10,0	89,7	0,95	0,76	0,86	11/01/20	10:06:44
MG	PISTA PRINCIPAL	NORTE	DECRESCENTE	2	29,730	29,720	10,0	89,8	1,01	0,80	0,91	11/01/20	10:06:44
MG	PISTA PRINCIPAL	NORTE	DECRESCENTE	2	29,720	29,710	10,0	89,8	0,99	0,83	0,91	11/01/20	10:06:45
MG	PISTA PRINCIPAL	NORTE	DECRESCENTE	2	29,710	29,700	10,0	89,7	0,96	0,91	0,94	11/01/20	10:06:45
MG	PISTA PRINCIPAL	NORTE	DECRESCENTE	2	29,700	29,690	10,0	89,5	0,96	0,84	0,90	11/01/20	10:06:46
MG	PISTA PRINCIPAL	NORTE	DECRESCENTE	2	29,690	29,680	10,0	89,3	0,96	0,82	0,89	11/01/20	10:06:46
MG	PISTA PRINCIPAL	NORTE	DECRESCENTE	2	29,680	29,670	10,0	89,1	0,92	0,80	0,86	11/01/20	10:06:46
MG	PISTA PRINCIPAL	NORTE	DECRESCENTE	2	29,670	29,660	10,0	88,7	0,96	0,75	0,86	11/01/20	10:06:47
MG	PISTA PRINCIPAL	NORTE	DECRESCENTE	2	29,660	29,650	10,0	88,2	0,88	0,71	0,80	11/01/20	10:06:47
MG	PISTA PRINCIPAL	NORTE	DECRESCENTE	2	29,650	29,640	10,0	87,8	0,93	0,70	0,82	11/01/20	10:06:48
MG	PISTA PRINCIPAL	NORTE	DECRESCENTE	2	29,640	29,630	10,0	86,8	0,90	0,70	0,80	11/01/20	10:06:48

MG	PISTA PRINCIPAL	NORTE	DECRESCENTE	2	29,630	29,626	4,0	86,0	0,99	0,66	0,83	11/01/20	10:06:48
MG	PISTA PRINCIPAL	NORTE	DECRESCENTE	2	29,630	29,629	1,0	85,5	0,88	0,65	0,77	11/01/20	10:06:49
MG	PISTA PRINCIPAL	NORTE	DECRESCENTE	2	29,630	29,620	10,0	84,7	0,85	0,66	0,76	11/01/20	10:06:49
MG	PISTA PRINCIPAL	NORTE	DECRESCENTE	2	29,620	29,610	10,0	82,7	0,89	0,59	0,74	11/01/20	10:06:49
MG	PISTA PRINCIPAL	NORTE	DECRESCENTE	2	29,200	29,190	10,0	76,3	0,80	0,48	0,64	11/01/20	10:07:10
MG	PISTA PRINCIPAL	NORTE	DECRESCENTE	2	29,190	29,180	10,0	76,5	0,85	0,51	0,68	11/01/20	10:07:10
MG	PISTA PRINCIPAL	NORTE	DECRESCENTE	2	29,180	29,170	10,0	76,6	0,89	0,54	0,72	11/01/20	10:07:11
MG	PISTA PRINCIPAL	NORTE	DECRESCENTE	2	29,170	29,160	10,0	76,8	0,98	0,57	0,78	11/01/20	10:07:11
MG	PISTA PRINCIPAL	NORTE	DECRESCENTE	2	29,160	29,150	10,0	76,9	0,86	0,55	0,71	11/01/20	10:07:11
MG	PISTA PRINCIPAL	NORTE	DECRESCENTE	2	29,150	29,140	10,0	77,0	0,86	0,59	0,73	11/01/20	10:07:12
MG	PISTA PRINCIPAL	NORTE	DECRESCENTE	2	29,140	29,130	10,0	77,1	0,91	0,56	0,74	11/01/20	10:07:12
MG	PISTA PRINCIPAL	NORTE	DECRESCENTE	2	29,130	29,120	10,0	77,4	0,90	0,53	0,72	11/01/20	10:07:13
MG	PISTA PRINCIPAL	NORTE	DECRESCENTE	2	29,120	29,110	10,0	77,6	0,87	0,56	0,72	11/01/20	10:07:13
MG	PISTA PRINCIPAL	NORTE	DECRESCENTE	2	29,110	29,100	10,0	78,1	0,91	0,64	0,78	11/01/20	10:07:14
MG	PISTA PRINCIPAL	NORTE	DECRESCENTE	2	29,100	29,090	10,0	78,7	0,95	0,68	0,82	11/01/20	10:07:14
MG	PISTA PRINCIPAL	NORTE	DECRESCENTE	2	29,090	29,080	10,0	79,3	0,92	0,70	0,81	11/01/20	10:07:15
MG	PISTA PRINCIPAL	NORTE	DECRESCENTE	2	29,080	29,070	10,0	79,8	0,84	0,64	0,74	11/01/20	10:07:15
MG	PISTA PRINCIPAL	NORTE	DECRESCENTE	2	29,070	29,060	10,0	80,2	0,90	0,57	0,74	11/01/20	10:07:16
MG	PISTA PRINCIPAL	NORTE	DECRESCENTE	2	29,060	29,050	10,0	80,8	0,81	0,51	0,66	11/01/20	10:07:16
MG	PISTA PRINCIPAL	NORTE	DECRESCENTE	2	29,050	29,040	10,0	81,3	0,84	0,52	0,68	11/01/20	10:07:17
MG	PISTA PRINCIPAL	NORTE	DECRESCENTE	2	29,040	29,030	10,0	81,8	0,77	0,51	0,64	11/01/20	10:07:17
MG	PISTA PRINCIPAL	NORTE	DECRESCENTE	2	29,030	29,020	10,0	82,0	0,81	0,49	0,65	11/01/20	10:07:17
MG	PISTA PRINCIPAL	NORTE	DECRESCENTE	2	29,020	29,010	10,0	82,6	0,81	0,53	0,67	11/01/20	10:07:18
MG	PISTA PRINCIPAL	NORTE	DECRESCENTE	2	29,010	29,000	10,0	83,1	0,81	0,54	0,68	11/01/20	10:07:18
MG	PISTA PRINCIPAL	NORTE	DECRESCENTE	2	29,000	28,990	10,0	83,3	0,85	0,53	0,69	11/01/20	10:07:19
MG	PISTA PRINCIPAL	NORTE	DECRESCENTE	2	28,990	28,980	10,0	83,8	0,88	0,56	0,72	11/01/20	10:07:19
MG	PISTA PRINCIPAL	NORTE	DECRESCENTE	2	28,980	28,970	10,0	84,0	0,89	0,59	0,74	11/01/20	10:07:20
MG	PISTA PRINCIPAL	NORTE	DECRESCENTE	2	28,970	28,960	10,0	84,3	0,82	0,51	0,67	11/01/20	10:07:20
MG	PISTA PRINCIPAL	NORTE	DECRESCENTE	2	28,960	28,950	10,0	84,8	0,79	0,58	0,69	11/01/20	10:07:20
MG	PISTA PRINCIPAL	NORTE	DECRESCENTE	2	28,950	28,940	10,0	85,0	0,80	0,55	0,68	11/01/20	10:07:21
MG	PISTA PRINCIPAL	NORTE	DECRESCENTE	2	28,940	28,930	10,0	85,5	0,80	0,55	0,68	11/01/20	10:07:21
MG	PISTA PRINCIPAL	NORTE	DECRESCENTE	2	28,930	28,920	10,0	85,8	0,81	0,59	0,70	11/01/20	10:07:22
MG	PISTA PRINCIPAL	NORTE	DECRESCENTE	2	28,920	28,910	10,0	86,1	1,03	0,93	0,98	11/01/20	10:07:22
MG	PISTA PRINCIPAL	NORTE	DECRESCENTE	2	28,910	28,900	10,0	86,3	0,83	0,63	0,73	11/01/20	10:07:23
MG	PISTA PRINCIPAL	NORTE	DECRESCENTE	2	28,900	28,890	10,0	86,7	0,82	0,55	0,69	11/01/20	10:07:23
MG	PISTA PRINCIPAL	NORTE	DECRESCENTE	2	28,890	28,880	10,0	86,6	0,77	0,52	0,65	11/01/20	10:07:23
MG	PISTA PRINCIPAL	NORTE	DECRESCENTE	2	28,880	28,870	10,0	85,6	0,82	0,56	0,69	11/01/20	10:07:24
MG	PISTA PRINCIPAL	NORTE	DECRESCENTE	2	28,870	28,860	10,0	84,2	0,82	0,54	0,68	11/01/20	10:07:24
MG	PISTA PRINCIPAL	NORTE	DECRESCENTE	2	28,860	28,850	10,0	82,8	0,85	0,52	0,69	11/01/20	10:07:25
MG	PISTA PRINCIPAL	NORTE	DECRESCENTE	2	28,850	28,840	10,0	81,2	0,88	0,56	0,72	11/01/20	10:07:25
MG	PISTA PRINCIPAL	NORTE	DECRESCENTE	2	28,840	28,830	10,0	80,0	0,92	0,55	0,74	11/01/20	10:07:26
MG	PISTA PRINCIPAL	NORTE	DECRESCENTE	2	28,830	28,820	10,0	78,6	0,87	0,57	0,72	11/01/20	10:07:26
MG	PISTA PRINCIPAL	NORTE	DECRESCENTE	2	28,820	28,810	10,0	77,2	0,94	0,59	0,77	11/01/20	10:07:26
MG	PISTA PRINCIPAL	NORTE	DECRESCENTE	2	28,810	28,800	10,0	76,0	0,95	0,55	0,75	11/01/20	10:07:27
MG	PISTA PRINCIPAL	NORTE	DECRESCENTE	2	28,800	28,790	10,0	74,7	0,98	0,58	0,78	11/01/20	10:07:27
MG	PISTA PRINCIPAL	NORTE	DECRESCENTE	2	17,200	17,190	10,0	56,4	0,89	0,57	0,73	11/01/20	10:15:19
MG	PISTA PRINCIPAL	NORTE	DECRESCENTE	2	17,190	17,180	10,0	56,4	0,93	0,58	0,76	11/01/20	10:15:20
MG	PISTA PRINCIPAL	NORTE	DECRESCENTE	2	17,180	17,170	10,0	56,7	1,00	0,57	0,79	11/01/20	10:15:21

MG	PISTA PRINCIPAL	NORTE	DECRESCENTE	2	17,170	17,160	10,0	57,1	0,94	0,64	0,79	11/01/20	10:15:21
MG	PISTA PRINCIPAL	NORTE	DECRESCENTE	2	17,160	17,150	10,0	57,6	0,94	0,61	0,78	11/01/20	10:15:22
MG	PISTA PRINCIPAL	NORTE	DECRESCENTE	2	17,150	17,140	10,0	58,3	1,00	0,65	0,83	11/01/20	10:15:23
MG	PISTA PRINCIPAL	NORTE	DECRESCENTE	2	17,140	17,130	10,0	58,7	0,99	0,63	0,81	11/01/20	10:15:23
MG	PISTA PRINCIPAL	NORTE	DECRESCENTE	2	17,130	17,120	10,0	59,2	1,00	0,64	0,82	11/01/20	10:15:24
MG	PISTA PRINCIPAL	NORTE	DECRESCENTE	2	17,120	17,110	10,0	59,4	1,07	0,64	0,86	11/01/20	10:15:24
MG	PISTA PRINCIPAL	NORTE	DECRESCENTE	2	17,110	17,100	10,0	59,7	1,02	0,61	0,82	11/01/20	10:15:25
MG	PISTA PRINCIPAL	NORTE	DECRESCENTE	2	17,100	17,090	10,0	60,3	0,96	0,62	0,79	11/01/20	10:15:26
MG	PISTA PRINCIPAL	NORTE	DECRESCENTE	2	17,090	17,080	10,0	60,8	0,93	0,69	0,81	11/01/20	10:15:26
MG	PISTA PRINCIPAL	NORTE	DECRESCENTE	2	17,080	17,070	10,0	61,0	0,91	0,79	0,85	11/01/20	10:15:27
MG	PISTA PRINCIPAL	NORTE	DECRESCENTE	2	17,070	17,060	10,0	61,0	0,91	0,71	0,81	11/01/20	10:15:27
MG	PISTA PRINCIPAL	NORTE	DECRESCENTE	2	17,060	17,050	10,0	60,9	0,96	0,63	0,80	11/01/20	10:15:28
MG	PISTA PRINCIPAL	NORTE	DECRESCENTE	2	17,050	17,040	10,0	60,6	0,96	0,61	0,79	11/01/20	10:15:29
MG	PISTA PRINCIPAL	NORTE	DECRESCENTE	2	17,040	17,030	10,0	60,6	0,99	0,60	0,80	11/01/20	10:15:29
MG	PISTA PRINCIPAL	NORTE	DECRESCENTE	2	17,030	17,020	10,0	60,6	0,88	0,73	0,81	11/01/20	10:15:30
MG	PISTA PRINCIPAL	NORTE	DECRESCENTE	2	17,020	17,010	10,0	60,6	0,96	0,70	0,83	11/01/20	10:15:30
MG	PISTA PRINCIPAL	NORTE	DECRESCENTE	2	17,010	17,000	10,0	60,6	0,90	0,67	0,79	11/01/20	10:15:31
MG	PISTA PRINCIPAL	NORTE	DECRESCENTE	2	17,000	16,990	10,0	60,8	1,00	0,64	0,82	11/01/20	10:15:32
MG	PISTA PRINCIPAL	NORTE	DECRESCENTE	2	16,990	16,980	10,0	60,7	0,95	0,63	0,79	11/01/20	10:15:32
MG	PISTA PRINCIPAL	NORTE	DECRESCENTE	2	16,980	16,970	10,0	60,6	0,88	0,59	0,74	11/01/20	10:15:33
MG	PISTA PRINCIPAL	NORTE	DECRESCENTE	2	16,970	16,960	10,0	60,5	0,87	0,61	0,74	11/01/20	10:15:33
MG	PISTA PRINCIPAL	NORTE	DECRESCENTE	2	16,960	16,950	10,0	60,5	0,86	0,63	0,75	11/01/20	10:15:34
MG	PISTA PRINCIPAL	NORTE	DECRESCENTE	2	16,950	16,940	10,0	60,5	0,86	0,65	0,76	11/01/20	10:15:35
MG	PISTA PRINCIPAL	NORTE	DECRESCENTE	2	16,940	16,930	10,0	60,4	0,84	0,71	0,78	11/01/20	10:15:35
MG	PISTA PRINCIPAL	NORTE	DECRESCENTE	2	16,930	16,920	10,0	60,2	0,88	0,75	0,82	11/01/20	10:15:36
MG	PISTA PRINCIPAL	NORTE	DECRESCENTE	2	16,920	16,910	10,0	60,0	0,92	0,63	0,78	11/01/20	10:15:36
MG	PISTA PRINCIPAL	NORTE	DECRESCENTE	2	16,910	16,900	10,0	59,6	0,87	0,56	0,72	11/01/20	10:15:37
MG	PISTA PRINCIPAL	NORTE	DECRESCENTE	2	16,900	16,890	10,0	59,3	0,88	0,62	0,75	11/01/20	10:15:38
MG	PISTA PRINCIPAL	NORTE	DECRESCENTE	2	16,890	16,880	10,0	59,1	0,95	0,65	0,80	11/01/20	10:15:38
MG	PISTA PRINCIPAL	NORTE	DECRESCENTE	2	16,880	16,870	10,0	58,9	0,98	0,63	0,81	11/01/20	10:15:39
MG	PISTA PRINCIPAL	NORTE	DECRESCENTE	2	16,870	16,860	10,0	58,7	0,86	0,61	0,74	11/01/20	10:15:39
MG	PISTA PRINCIPAL	NORTE	DECRESCENTE	2	16,860	16,850	10,0	58,6	0,89	0,68	0,79	11/01/20	10:15:40
MG	PISTA PRINCIPAL	NORTE	DECRESCENTE	2	16,850	16,840	10,0	58,9	0,86	0,64	0,75	11/01/20	10:15:41
MG	PISTA PRINCIPAL	NORTE	DECRESCENTE	2	16,840	16,830	10,0	59,2	0,86	0,60	0,73	11/01/20	10:15:41
MG	PISTA PRINCIPAL	NORTE	DECRESCENTE	2	16,830	16,820	10,0	59,4	0,92	0,72	0,82	11/01/20	10:15:42
MG	PISTA PRINCIPAL	NORTE	DECRESCENTE	2	16,820	16,810	10,0	59,6	0,91	0,77	0,84	11/01/20	10:15:42
MG	PISTA PRINCIPAL	NORTE	DECRESCENTE	2	16,810	16,800	10,0	59,7	0,82	0,77	0,80	11/01/20	10:15:43
MG	PISTA PRINCIPAL	NORTE	DECRESCENTE	2	16,800	16,790	10,0	59,8	0,87	0,67	0,77	11/01/20	10:15:44
MG	PISTA PRINCIPAL	NORTE	DECRESCENTE	2	11,980	11,970	10,0	86,2	0,83	0,69	0,76	11/01/20	10:20:18
MG	PISTA PRINCIPAL	NORTE	DECRESCENTE	2	11,970	11,960	10,0	86,4	0,78	0,69	0,74	11/01/20	10:20:18
MG	PISTA PRINCIPAL	NORTE	DECRESCENTE	2	11,960	11,950	10,0	86,7	0,71	0,73	0,72	11/01/20	10:20:19
MG	PISTA PRINCIPAL	NORTE	DECRESCENTE	2	11,950	11,940	10,0	87,1	0,66	0,45	0,56	11/01/20	10:20:19
MG	PISTA PRINCIPAL	NORTE	DECRESCENTE	2	11,940	11,930	10,0	87,3	0,66	0,43	0,55	11/01/20	10:20:20
MG	PISTA PRINCIPAL	NORTE	DECRESCENTE	2	11,930	11,925	5,0	87,4	0,64	0,42	0,53	11/01/20	10:20:20
MG	PISTA PRINCIPAL	NORTE	DECRESCENTE	2	11,930	11,929	1,0	87,5	0,66	0,51	0,59	11/01/20	10:20:20
MG	PISTA PRINCIPAL	NORTE	DECRESCENTE	2	11,930	11,920	10,0	87,6	0,70	0,43	0,57	11/01/20	10:20:20
MG	PISTA PRINCIPAL	NORTE	DECRESCENTE	2	11,920	11,910	10,0	87,8	0,69	0,46	0,58	11/01/20	10:20:21
MG	PISTA PRINCIPAL	NORTE	DECRESCENTE	2	11,910	11,900	10,0	87,9	0,68	0,45	0,57	11/01/20	10:20:21


MG	PISTA PRINCIPAL	NORTE	DECRESCENTE	2	11,900	11,890	10,0	87,8	0,70	0,46	0,58	11/01/20	10:20:21
MG	PISTA PRINCIPAL	NORTE	DECRESCENTE	2	11,890	11,880	10,0	87,9	0,69	0,44	0,57	11/01/20	10:20:22
MG	PISTA PRINCIPAL	NORTE	DECRESCENTE	2	11,880	11,870	10,0	87,9	0,69	0,42	0,56	11/01/20	10:20:22
MG	PISTA PRINCIPAL	NORTE	DECRESCENTE	2	11,870	11,860	10,0	87,8	0,68	0,42	0,55	11/01/20	10:20:23
MG	PISTA PRINCIPAL	NORTE	DECRESCENTE	2	11,860	11,850	10,0	87,9	0,69	0,43	0,56	11/01/20	10:20:23
MG	PISTA PRINCIPAL	NORTE	DECRESCENTE	2	11,850	11,840	10,0	87,9	0,68	0,43	0,56	11/01/20	10:20:23
MG	PISTA PRINCIPAL	NORTE	DECRESCENTE	2	11,840	11,830	10,0	87,9	0,66	0,45	0,56	11/01/20	10:20:24
MG	PISTA PRINCIPAL	NORTE	DECRESCENTE	2	11,830	11,820	10,0	87,9	0,68	0,42	0,55	11/01/20	10:20:24
MG	PISTA PRINCIPAL	NORTE	DECRESCENTE	2	11,820	11,810	10,0	87,9	0,72	0,42	0,57	11/01/20	10:20:25
MG	PISTA PRINCIPAL	NORTE	DECRESCENTE	2	11,810	11,800	10,0	87,9	0,67	0,47	0,57	11/01/20	10:20:25
MG	PISTA PRINCIPAL	NORTE	DECRESCENTE	2	11,800	11,790	10,0	87,8	0,73	0,44	0,59	11/01/20	10:20:26
MG	PISTA PRINCIPAL	NORTE	DECRESCENTE	2	11,790	11,780	10,0	87,8	0,68	0,43	0,56	11/01/20	10:20:26
MG	PISTA PRINCIPAL	NORTE	DECRESCENTE	2	11,780	11,770	10,0	87,7	0,68	0,44	0,56	11/01/20	10:20:26
MG	PISTA PRINCIPAL	NORTE	DECRESCENTE	2	11,770	11,760	10,0	87,7	0,67	0,49	0,58	11/01/20	10:20:27
MG	PISTA PRINCIPAL	NORTE	DECRESCENTE	2	11,760	11,750	10,0	87,5	0,71	0,46	0,59	11/01/20	10:20:27
MG	PISTA PRINCIPAL	NORTE	DECRESCENTE	2	11,750	11,740	10,0	87,6	0,69	0,47	0,58	11/01/20	10:20:28
MG	PISTA PRINCIPAL	NORTE	DECRESCENTE	2	11,740	11,730	10,0	87,5	0,72	0,48	0,60	11/01/20	10:20:28
MG	PISTA PRINCIPAL	NORTE	DECRESCENTE	2	11,730	11,720	10,0	87,5	0,68	0,44	0,56	11/01/20	10:20:28
MG	PISTA PRINCIPAL	NORTE	DECRESCENTE	2	11,720	11,710	10,0	87,3	0,72	0,49	0,61	11/01/20	10:20:29
MG	PISTA PRINCIPAL	NORTE	DECRESCENTE	2	11,710	11,700	10,0	87,3	0,69	0,46	0,58	11/01/20	10:20:29
MG	PISTA PRINCIPAL	NORTE	DECRESCENTE	2	11,700	11,690	10,0	87,3	0,67	0,45	0,56	11/01/20	10:20:30
MG	PISTA PRINCIPAL	NORTE	DECRESCENTE	2	11,690	11,680	10,0	87,2	0,68	0,48	0,58	11/01/20	10:20:30
MG	PISTA PRINCIPAL	NORTE	DECRESCENTE	2	11,680	11,670	10,0	87,2	0,70	0,48	0,59	11/01/20	10:20:30
MG	PISTA PRINCIPAL	NORTE	DECRESCENTE	2	11,670	11,660	10,0	87,0	0,67	0,47	0,57	11/01/20	10:20:31
MG	PISTA PRINCIPAL	NORTE	DECRESCENTE	2	11,660	11,650	10,0	87,0	0,67	0,44	0,56	11/01/20	10:20:31
MG	PISTA PRINCIPAL	NORTE	DECRESCENTE	2	11,650	11,640	10,0	87,0	0,67	0,49	0,58	11/01/20	10:20:32
MG	PISTA PRINCIPAL	NORTE	DECRESCENTE	2	11,640	11,630	10,0	86,9	0,69	0,50	0,60	11/01/20	10:20:32
MG	PISTA PRINCIPAL	NORTE	DECRESCENTE	2	11,630	11,620	10,0	86,8	0,69	0,50	0,60	11/01/20	10:20:33
MG	PISTA PRINCIPAL	NORTE	DECRESCENTE	2	11,620	11,610	10,0	86,8	0,81	0,48	0,65	11/01/20	10:20:33
MG	PISTA PRINCIPAL	NORTE	DECRESCENTE	2	11,610	11,600	10,0	86,4	0,72	0,47	0,60	11/01/20	10:20:33
MG	PISTA PRINCIPAL	NORTE	DECRESCENTE	2	11,600	11,590	10,0	86,2	0,72	0,48	0,60	11/01/20	10:20:34
MG	PISTA PRINCIPAL	NORTE	DECRESCENTE	2	0,500	0,490	10,0	67,1	0,86	0,79	0,83	11/01/20	10:29:20
MG	PISTA PRINCIPAL	NORTE	DECRESCENTE	2	0,490	0,480	10,0	66,9	0,83	0,73	0,78	11/01/20	10:29:20
MG	PISTA PRINCIPAL	NORTE	DECRESCENTE	2	0,480	0,470	10,0	66,9	0,83	0,76	0,80	11/01/20	10:29:21
MG	PISTA PRINCIPAL	NORTE	DECRESCENTE	2	0,470	0,460	10,0	67,2	0,85	0,78	0,82	11/01/20	10:29:22
MG	PISTA PRINCIPAL	NORTE	DECRESCENTE	2	0,460	0,450	10,0	67,5	0,84	0,72	0,78	11/01/20	10:29:22
MG	PISTA PRINCIPAL	NORTE	DECRESCENTE	2	0,450	0,440	10,0	67,7	0,85	0,79	0,82	11/01/20	10:29:23
MG	PISTA PRINCIPAL	NORTE	DECRESCENTE	2	0,440	0,430	10,0	67,9	0,83	0,79	0,81	11/01/20	10:29:23
MG	PISTA PRINCIPAL	NORTE	DECRESCENTE	2	0,430	0,420	10,0	68,1	0,92	0,77	0,85	11/01/20	10:29:24
MG	PISTA PRINCIPAL	NORTE	DECRESCENTE	2	0,420	0,410	10,0	68,4	0,89	0,77	0,83	11/01/20	10:29:24
MG	PISTA PRINCIPAL	NORTE	DECRESCENTE	2	0,410	0,400	10,0	68,4	0,86	0,76	0,81	11/01/20	10:29:25
MG	PISTA PRINCIPAL	NORTE	DECRESCENTE	2	0,400	0,390	10,0	68,3	0,85	0,74	0,80	11/01/20	10:29:25
MG	PISTA PRINCIPAL	NORTE	DECRESCENTE	2	0,390	0,380	10,0	67,7	0,86	0,73	0,80	11/01/20	10:29:26
MG	PISTA PRINCIPAL	NORTE	DECRESCENTE	2	0,380	0,370	10,0	67,2	0,86	0,80	0,83	11/01/20	10:29:26
MG	PISTA PRINCIPAL	NORTE	DECRESCENTE	2	0,370	0,360	10,0	66,6	0,90	0,80	0,85	11/01/20	10:29:27
MG	PISTA PRINCIPAL	NORTE	DECRESCENTE	2	0,360	0,350	10,0	66,0	0,85	0,78	0,82	11/01/20	10:29:27
MG	PISTA PRINCIPAL	NORTE	DECRESCENTE	2	0,350	0,340	10,0	65,4	0,90	0,80	0,85	11/01/20	10:29:28
MG	PISTA PRINCIPAL	NORTE	DECRESCENTE	2	0,340	0,330	10,0	64,6	0,92	0,80	0,86	11/01/20	10:29:29

MG	PISTA PRINCIPAL	NORTE	DECRESCENTE	2	0,330	0,320	10,0	63,6	0,90	0,82	0,86	11/01/20	10:29:29
MG	PISTA PRINCIPAL	NORTE	DECRESCENTE	2	0,320	0,310	10,0	62,3	0,91	0,79	0,85	11/01/20	10:29:30
MG	PISTA PRINCIPAL	NORTE	DECRESCENTE	2	0,310	0,300	10,0	60,9	0,91	0,77	0,84	11/01/20	10:29:30
MG	PISTA PRINCIPAL	NORTE	DECRESCENTE	2	0,300	0,290	10,0	59,5	0,95	0,76	0,86	11/01/20	10:29:31
MG	PISTA PRINCIPAL	NORTE	DECRESCENTE	2	0,290	0,280	10,0	58,4	0,92	0,72	0,82	11/01/20	10:29:31
MG	PISTA PRINCIPAL	NORTE	DECRESCENTE	2	0,280	0,270	10,0	58,7	0,91	0,74	0,83	11/01/20	10:29:32
MG	PISTA PRINCIPAL	NORTE	DECRESCENTE	2	0,270	0,260	10,0	59,0	0,92	0,74	0,83	11/01/20	10:29:33
MG	PISTA PRINCIPAL	NORTE	DECRESCENTE	2	0,260	0,250	10,0	59,3	0,97	0,80	0,89	11/01/20	10:29:33
MG	PISTA PRINCIPAL	NORTE	DECRESCENTE	2	0,250	0,240	10,0	59,6	0,94	0,77	0,86	11/01/20	10:29:34
MG	PISTA PRINCIPAL	NORTE	DECRESCENTE	2	0,240	0,230	10,0	60,0	0,92	0,80	0,86	11/01/20	10:29:34
MG	PISTA PRINCIPAL	NORTE	DECRESCENTE	2	0,230	0,220	10,0	60,6	0,92	0,80	0,86	11/01/20	10:29:35
MG	PISTA PRINCIPAL	NORTE	DECRESCENTE	2	0,220	0,210	10,0	60,5	0,95	0,80	0,88	11/01/20	10:29:36
MG	PISTA PRINCIPAL	NORTE	DECRESCENTE	2	0,210	0,200	10,0	58,7	0,95	0,80	0,88	11/01/20	10:29:36
MG	PISTA PRINCIPAL	NORTE	DECRESCENTE	2	0,200	0,190	10,0	56,4	1,07	0,81	0,94	11/01/20	10:29:37
MG	PISTA PRINCIPAL	NORTE	DECRESCENTE	2	0,190	0,180	10,0	54,8	1,00	0,82	0,91	11/01/20	10:29:38
MG	PISTA PRINCIPAL	NORTE	DECRESCENTE	2	0,180	0,170	10,0	54,0	1,00	0,78	0,89	11/01/20	10:29:38
MG	PISTA PRINCIPAL	NORTE	DECRESCENTE	2	0,170	0,160	10,0	53,2	0,98	0,75	0,87	11/01/20	10:29:39
MG	PISTA PRINCIPAL	NORTE	DECRESCENTE	2	0,160	0,150	10,0	52,7	0,96	0,73	0,85	11/01/20	10:29:40
MG	PISTA PRINCIPAL	NORTE	DECRESCENTE	2	0,150	0,140	10,0	53,3	0,97	0,76	0,87	11/01/20	10:29:40
MG	PISTA PRINCIPAL	NORTE	DECRESCENTE	2	0,140	0,130	10,0	54,3	0,97	0,76	0,87	11/01/20	10:29:41
MG	PISTA PRINCIPAL	NORTE	DECRESCENTE	2	0,130	0,120	10,0	55,3	0,94	0,78	0,86	11/01/20	10:29:42
MG	PISTA PRINCIPAL	NORTE	DECRESCENTE	2	0,120	0,110	10,0	56,3	0,96	0,75	0,86	11/01/20	10:29:42
MG	PISTA PRINCIPAL	NORTE	DECRESCENTE	2	0,110	0,100	10,0	57,2	0,92	0,76	0,84	11/01/20	10:29:43
MG	PISTA PRINCIPAL	NORTE	DECRESCENTE	2	0,100	0,090	10,0	58,0	0,89	0,76	0,83	11/01/20	10:29:43

RESULTADOS DO ENSAIO COM O PÊNULO BRITÂNICO PARA OBTENÇÃO DA MICROTEXTURA

Pêndulo Britânico																
Rodovia: MG										Operador: Cleiton						
Data: 30/01/2020																
Local				Tipo de Revest.	Condição de Tempo	Temp. (°C)	Leitura						Correção	VRD	Classificação	Data
Sentido	Posição (km/est)	Faixa	Trilha				1	2	3	4	5	Média				
NORTE	30+500	2	Externa	CBUQ	Aberto	35	60	60	60	60	60	60	0,025	58	Rugosa	
NORTE	29+800	2	externa	CBUQ	Aberto	38	50	50	48	48	48	48,8	0,028	46	Insuficientemente Rugosa	
NORTE	29,000	2	externa	CBOQ	Aberto	42	50	52	50	50	50	50,4	0,032	47	Medianamente Rugosa	
NORTE	17,000	2	externa	CBOQ	Aberto	40	52	52	50	50	50	50,8	0,03	48	Medianamente Rugosa	
NORTE	11+800	2	Externa	CBUQ	Aberto	40	56	56	54	54	54	54,8	0,03	52	Medianamente Rugosa	
NORTE	0+300	2	Externa	CBUQ	Aberto	36	56	54	56	54	54	54,8	0,026	52	Medianamente Rugosa	

RESULTADOS DO LEVANTAMENTO COM GRIP TESTER PARA OBTENÇÃO DA MICROTEXTURA

			Avaliação da Condição da Resistência à Derrapagem com o equipamento GripTester				
RODOVIA MG			Trilha Externa	SENTIDO Decrescente	PISTA Norte	FAIXA 02	REVESTIMENTO CBUQ
INÍCIO 30,500			FIM 0,000		EQUIPAMENTO Grip Tester		DATA
TRECHO			Velocidade (km/h)	GN	LOAD	Flow	OBSERVAÇÕES (OAE,pedágio,marcos quilométricos,outros)
km Inicial	km Final	Extensão (m)					
30,500	30,400	100	39	0,90	387	2,4	
30,400	30,300	100	54	0,87	273	9,0	
30,300	30,200	100	51	0,74	285	10,6	
30,200	30,100	100	50	0,56	311	10,7	
30,100	30,000	100	51	0,53	319	10,3	
30,000	29,900	100	51	0,54	322	10,3	
29,900	29,800	100	50	0,54	304	10,6	
29,800	29,700	100	49	0,57	285	9,8	
29,700	29,600	100	51	0,56	290	10,4	
29,600	29,500	100	51	0,56	269	10,9	
29,500	29,400	100	51	0,54	291	10,4	
29,400	29,300	100	49	0,53	312	10,2	
29,300	29,200	100	50	0,45	334	10,3	
29,200	29,100	100	44	0,54	252	10,1	
29,100	29,000	100	49	0,40	316	9,5	
29,000	28,900	100	51	0,50	298	10,9	
28,900	28,800	100	50	0,46	293	10,4	
28,800	28,700	100	51	0,52	269	10,2	
28,700	28,600	100	51	0,53	266	10,9	
28,600	28,500	100	51	0,56	261	10,8	
28,500	28,400	100	50	0,46	260	10,8	
28,400	28,300	100	50	0,44	266	10,2	
28,300	28,200	100	52	0,49	261	11,4	
28,200	28,100	100	53	0,52	258	10,3	
28,100	28,000	100	50	0,54	274	10,1	
28,000	27,900	100	51	0,51	247	11,0	
27,900	27,800	100	50	0,54	260	10,5	
27,800	27,700	100	50	0,49	246	10,6	
17,000	16,900	100	39	0,49	432	6,4	
16,900	16,800	100	50	0,58	345	10,5	
16,800	16,700	100	51	0,49	330	10,5	
16,700	16,600	100	51	0,52	328	10,5	
16,600	16,500	100	51	0,52	316	11,0	
16,500	16,400	100	51	0,36	336	10,2	
16,400	16,300	100	51	0,36	316	10,8	
16,300	16,200	100	51	0,35	297	10,2	
16,200	16,100	100	52	0,49	284	11,1	
16,100	16,000	100	50	0,51	283	10,2	
16,000	15,900	100	51	0,57	277	11,3	
15,900	15,800	100	50	0,54	304	10,1	
15,800	15,700	100	51	0,42	333	11,4	
11,800	11,700	100	38	0,69	445	6,5	
11,700	11,600	100	50	0,67	381	10,5	
11,600	11,500	100	48	0,60	363	10,3	
11,500	11,400	100	49	0,53	402	10,1	
11,400	11,300	100	51	0,62	383	10,5	
11,300	11,200	100	50	0,37	394	11,1	
11,200	11,100	100	51	0,34	400	10,3	
11,100	11,000	100	49	0,38	390	10,3	
11,000	10,900	100	50	0,52	303	10,4	
10,900	10,800	100	49	0,39	361	10,1	
10,800	10,700	100	50	0,24	363	10,7	
10,700	10,600	100	52	0,41	346	10,4	
10,600	10,500	100	50	0,39	293	10,5	
0,300	0,200	100	33	0,71	412	6,2	
0,200	0,100	100	48	0,66	378	9,5	
0,100	0,000	100	51	0,66	355	10,9	

ANEXO B – DADOS UTILIZADOS NA 3ª TENTATIVA DE CALIBRAÇÃO DOS EQUIPAMENTOS PAVEMENT SCANNER E GRIP TESTER

Rodovia		Local		Síntese dos Resultados											GripTester								
				Mancha de Areia					Pavement			Pêndulo Britânico											
Pista	Faixa	Posição (km/est)	Posição (km/est)	Amostra 1	Amostra 2	Amostra 3	Amostra 4	Amostra 5	Média Simples	MTD (mm)	MPD (mm)	MTD (mm)	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 4	Leitura 5	VRD Correção T ^v	Média	FRS	Velocidade	GN	
BR-987	Crescente	1	3+050	3,050	1,00	1,03	0,93	0,98	1,38	1,06	1,00	0,99	0,88	60	59	59	58	59	57	59	59	49	0,57
BR-987	Crescente	1	4+100	4,100	0,77	0,79	0,67	0,70	0,66	0,72	0,72	0,89	0,79	63	63	62	62	63	61	63	63	51	0,58
BR-987	Crescente	1	6+300	6,300	0,70	0,65	0,63	0,65	0,56	0,64	0,64	0,84	0,73	56	55	54	54	54	53	54	54	50	0,59
BR-987	Crescente	1	7+700	7,700	0,43	0,40	0,38	0,44	0,42	0,41	0,41	0,50	0,4	45	44	43	42	42	41	43	43	53	0,46
BR-987	Crescente	1	10+200	10,200	0,95	1,00	0,87	0,84	0,99	0,93	0,93	1,05	0,93	55	56	55	55	54	53	55	55	51	0,57
BR-987	Crescente	4	10+200	10,200	0,54	0,56	0,54	0,51	0,56	0,54	0,54	0,92	0,79	51	51	51	52	52	50	52	52	50	0,52
BR-987	Crescente	1	12+100	12,100	0,87	1,00	0,95	0,90	0,82	0,91	0,91	0,95	0,85	54	53	53	53	53	51	53	53	49	0,61
BR-987	Crescente	4	12+100	12,100	0,68	0,78	0,74	0,74	0,75	0,74	0,74	1,08	0,91	53	53	53	52	51	51	52	52	50	0,52
BR-987	Crescente	1	14+220	14,220	0,78	0,81	0,85	0,83	0,87	0,83	0,83	1,10	0,95	56	55	55	56	55	54	55	53	56	0,67
BR-987	Crescente	1	18+500	18,500	1,03	1,05	1,15	1,05	0,99	1,05	1,05	0,96	0,87	54	53	52	52	51	51	52	52	51	0,46
BR-987	Crescente	4	18+500	18,500	0,69	0,64	0,69	0,72	0,69	0,69	0,69	1,04	0,87	54	54	53	51	51	51	52	52	50	0,54
BR-987	Crescente	1	21+900	21,900	0,66	0,55	0,56	0,59	0,60	0,59	0,59	0,98	0,85	55	55	54	54	55	53	55	55	52	0,50
BR-987	Crescente	1	23+220	23,220	1,00	0,98	0,92	0,83	1,03	0,95	0,95	1,11	0,97	49	49	48	48	48	47	48	48	50	0,57
BR-987	Crescente	1	27+000	27,000	0,49	0,47	0,42	0,52	0,49	0,48	0,48	0,86	0,72	54	54	54	54	54	53	54	54	54	0,45
BR-987	Decresce	4	27+100	27,100	0,65	0,59	0,77	0,58	0,63	0,64	0,64	0,83	0,7	56	55	55	54	54	53	55	55	50	0,52
BR-987	Decresce	1	27+100	27,100	0,71	0,55	0,68	0,56	0,56	0,61	0,61	1,26	1,09	55	55	54	55	54	53	55	55	51	0,57
BR-987	Decresce	4	21+240	21,240	0,72	0,89	0,79	0,81	0,92	0,83	0,83	0,67	0,58	62	62	61	60	60	59	61	61	50	0,53
BR-987	Decresce	1	21+240	21,240	1,02	1,08	1,10	1,13	1,17	1,10	1,10	1,06	0,93	50	50	50	51	51	49	51	51	51	0,54
BR-987	Decresce	1	15+600	15,600	0,63	0,58	0,68	0,52	0,61	0,60	0,60	0,48	0,43	58	58	58	58	57	56	58	58	45	0,62
BR-987	Decresce	1	12+900	12,900	0,80	0,84	0,81	0,84	0,83	0,82	0,82	0,94	0,83	55	55	55	54	54	53	55	55	53	0,63
BR-987	Decresce	4	12+900	12,900	0,56	0,54	0,65	0,60	0,62	0,59	0,59	0,89	0,78	55	55	55	55	54	53	55	55	53	0,49
BR-987	Decresce	1	8+100	8,100	0,31	0,30	0,29	0,31	0,42	0,33	0,33	0,50	0,42	43	43	43	42	42	41	43	43	50	0,33
BR-987	Decresce	1	2+200	2,200	1,03	1,05	1,06	0,96	0,96	1,01	1,01	1,07	0,94	59	59	58	58	58	57	58	58	50	0,66
BR-987	Decresce	4	2+200	2,200	0,87	0,98	1,20	0,94	0,94	0,99	0,93	1,05	0,93	54	54	54	54	54	53	54	54	48	0,50

ANEXO C – COMPOSIÇÕES DE CUSTO UNITÁRIO

SISTEMA DE CUSTOS REFERENCIAIS DE OBRAS - SICRO		Rio de Janeiro		Produção da equipe		1,00000 un
Custo Unitário de Referência		Setembro/2017				Valores em reais (R\$)
CT0536 Ensaio de mancha de areia						
A - EQUIPAMENTOS	Quantidade	Utilização		Custo Horário		Custo Horário Total
		Operativa	Improdutiva	Operativo	Improdutivo	
				Custo horário total de equipamentos		-
B - MÃO DE OBRA	Quantidade	Unidade		Custo Horário		Custo Horário Total
8305 Laboratorista Pleno	0,00110	mês		9434,0116		10,3807
				Custo horário total de mão de obra		10,3807
				Custo horário total de execução		10,3807
				Custo unitário de execução		10,3807
				Custo do FIC		-
				Custo do FIT		-
C - MATERIAL	Quantidade	Unidade		Preço Unitário		Custo Unitário
IN0198 Kit para ensaio de mancha de areia	0,00004	un		463,7094		0,0193
				Custo unitário total de material		0,0193
D - ATIVIDADES AUXILIARES	Quantidade	Unidade		Custo Unitário		Custo Unitário
				Custo total de atividades auxiliares		-
				Subtotal		10,4001
E - TEMPO FIXO	Código	Quantidade	Unidade	Custo Unitário		Custo Unitário
				Custo unitário total de tempo fixo		-
F - MOMENTO DE TRANSPORTE	Quantidade	Unidade		DMT		Custo Unitário
			LN	RP	P	
				Custo unitário total de transporte		-
				Custo unitário direto total		10,40

SISTEMA DE CUSTOS REFERENCIAIS DE OBRAS - SICRO		Rio de Janeiro		Produção da equipe		1,00000 un
Custo Unitário de Referência		Setembro/2017				Valores em reais (R\$)
CT0537 Ensaio de pêndulo britânico						
A - EQUIPAMENTOS	Quantidade	Utilização		Custo Horário		Custo Horário Total
		Operativa	Improdutiva	Operativo	Improdutivo	
IN0178 Pêndulo britânico para medir aderência	0,20080	1,00	0,00	4,3322	3,7043	0,8699
IN0179 Dispositivo para aferir pêndulo britânico	0,20080	1,00	0,00	0,6245	0,6245	0,1254
				Custo horário total de equipamentos		0,9953
B - MÃO DE OBRA	Quantidade	Unidade		Custo Horário		Custo Horário Total
8305 Laboratorista Pleno	0,00110	mês		9434,0116		10,3807
				Custo horário total de mão de obra		10,3807
				Custo horário total de execução		11,3760
				Custo unitário de execução		11,3760
				Custo do FIC		-
				Custo do FIT		-
C - MATERIAL	Quantidade	Unidade		Preço Unitário		Custo Unitário
				Custo unitário total de material		0,0000
D - ATIVIDADES AUXILIARES	Quantidade	Unidade		Custo Unitário		Custo Unitário
				Custo total de atividades auxiliares		-
				Subtotal		11,3760
E - TEMPO FIXO	Código	Quantidade	Unidade	Custo Unitário		Custo Unitário
				Custo unitário total de tempo fixo		-
F - MOMENTO DE TRANSPORTE	Quantidade	Unidade		DMT		Custo Unitário
			LN	RP	P	
				Custo unitário total de transporte		-
				Custo unitário direto total		11,38

SISTEMA DE CUSTOS REFERENCIAIS DE OBRAS - SICRO		Rio de Janeiro		Produção da equipe		41,50 km
Custo Unitário de Referência		Setembro/2017				Valores em reais (R\$)
CT0540 Levantamento com paviment scanner						
A - EQUIPAMENTOS	Quantidade	Utilização		Custo Horário		Custo Horário Total
		Operativa	Improdutiva	Operativo	Improdutivo	
IN0191 Pavement scanner	1,00000	1,00	0,00	538,5101	356,5810	538,5101
9684 Veículo leve - Pick Up 4x4 - 147 kW	1,00000	1,00	0,00	117,3613	34,5398	117,3613
				Custo horário total de equipamentos		655,8714
B - MÃO DE OBRA	Quantidade	Unidade		Custo Horário		Custo Horário Total
8202 Engenheiro de projetos pleno	0,02822	mês		18846,1053		531,8507
8313 Técnico Especial	0,02822	mês		10938,1947		308,6838
				Custo horário total de mão de obra		840,5345
				Custo horário total de execução		1,496,4059
				Custo unitário de execução		36,0580
				Custo do FIC		-
				Custo do FIT		-
C - MATERIAL	Quantidade	Unidade		Preço Unitário		Custo Unitário
				Custo unitário total de material		0,0000
D - ATIVIDADES AUXILIARES	Quantidade	Unidade		Custo Unitário		Custo Unitário
				Custo total de atividades auxiliares		-
				Subtotal		36,0580
E - TEMPO FIXO	Código	Quantidade	Unidade	Custo Unitário		Custo Unitário
				Custo unitário total de tempo fixo		-
F - MOMENTO DE TRANSPORTE	Quantidade	Unidade		DMT		Custo Unitário
			LN	RP	P	
				Custo unitário total de transporte		-
				Custo unitário direto total		36,06

SISTEMA DE CUSTOS REFERENCIAIS DE OBRAS - SICRO		Rio de Janeiro		Produção da equipe		10,38 km	
Custo Unitário de Referência		Setembro/2017				Valores em reais (R\$)	
CT0542 Medição do atrito do pavimento com grip tester							
A - EQUIPAMENTOS		Quantidade	Utilização		Custo Horário		Custo Horário Total
			Operativa	Improdutiva	Operativo	Improdutivo	
IN0192	Grip tester	1,00000	1,00	0,00	53,8510	35,6581	53,8510
9684	Veículo leve - Pick Up 4x4 - 147 kW	1,00000	1,00	0,00	117,3613	34,5398	117,3613
9512	Veículo leve até 75 kw	1,00000	1,00	0,00	64,3052	28,8497	64,3052
				Custo horário total de equipamentos			235,5175
B - MÃO DE OBRA		Quantidade	Unidade	Custo Horário		Custo Horário Total	
8202	Engenheiro de projetos pleno	0,00548	mês	18846,1053		103,2720	
8313	Técnico Especial	0,01096	mês	10938,1947		119,8772	
				Custo horário total de mão de obra		223,1492	
				Custo horário total de execução		458,6667	
				Custo unitário de execução		44,1875	
				Custo do FIC		-	
				Custo do FIT		-	
C - MATERIAL		Quantidade	Unidade	Preço Unitário		Custo Unitário	
				Custo unitário total de material		0,0000	
D - ATIVIDADES AUXILIARES		Quantidade	Unidade	Custo Unitário		Custo Unitário	
				Custo total de atividades auxiliares		-	
				Subtotal		44,1875	
E - TEMPO FIXO		Código	Quantidade	Unidade	Custo Unitário		Custo Unitário
				Custo unitário total de tempo fixo		-	
F - MOMENTO DE TRANSPORTE		Quantidade	Unidade	DMT		Custo Unitário	
				LN	RP	P	
				Custo unitário total de transporte		-	
				Custo unitário direto total		44,19	