

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

**FRANCISCO ALBERTO COZER
THIAGO WRUBLACK**

**ANÁLISE FUNCIONAL DO PAVIMENTO EM PONTOS CRÍTICOS DE
ACIDENTES NA RODOVIA PR- 483 ENTRE FRANCISCO BELTRÃO E
AMPÉRE (PR).**

**PATO BRANCO
2015**

**FRANCISCO ALBERTO COZER
THIAGO WRUBLACK**

**ANÁLISE FUNCIONAL DO PAVIMENTO EM PONTOS CRÍTICOS DE
ACIDENTES NA RODOVIA PR- 483 ENTRE FRANCISCO BELTRÃO E
AMPÉRE (PR).**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Pato Branco.

Orientador: Prof. Ms. Jairo Trombetta

Co-Orientador: Prof. Dr. Gustavo Lacerda Dias

PATO BRANCO

2015



**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE CONTRUÇÃO CIVIL
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL**



TERMO DE APROVAÇÃO

**ANÁLISE FUNCIONAL DO PAVIMENTO EM PONTOS CRÍTICOS DE ACIDENTES NA
RODOVIA PR- 483 ENTRE FRANCISCO BELTRÃO E AMPÉRE (PR)**

**THIAGO WRUBLACK
e
FRANCISCO ALBERTO COZER**

No dia 15 de junho de 2015, às 8h15min, na Sala de Treinamento da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, este trabalho de conclusão de curso foi julgado e, após arguição pelos membros da Comissão Examinadora abaixo identificados, foi aprovado como requisito parcial para obtenção do grau em Bacharel em Engenharia Civil da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, conforma Ata de Defesa Pública nº01-TCC/2015.

Orientador: Prof. Msc. JAIRO TROMBETTA (DACOC/UTFPR-PB)

Co-orientador: Prof. Dr. GUSTAVO LACERDA DIAS (DACOC/UTFPR-PB)

Membro 1 da Banca: Profª. Drª. ELIZÂNGELA MARCELO SILIPRANDI (DACOC/UTFPR-PB)

Membro 2 da Banca: Prof. Msc. CLEOVIR JOSÉ MILANI (DACOC/UTFPR-BR)

*Dedicamos este trabalho às
nossas famílias e amigos, que nos
apoiaram e motivaram a obter esta
conquista.*

AGRADECIMENTOS

Agradecemos aos nossos familiares, que sempre se dedicaram ao máximo para a nossa formação acadêmica

Aos nossos colegas que estiveram presente ao nosso lado durante esse período.

Ao Sargento Paulo Gonçalves Farias da 6º Companhia de Polícia Militar Rodoviária - Pato Branco. Que nos forneceu prontamente todos os dados sobre os pontos críticos estudados neste trabalho.

Ao Engenheiro Roberto Machado dos Santos, Gerente responsável pelo escritório regional Centro Sudoeste-DER Francisco Beltrão-PR, que nos permitiu a realização de testes na rodovia para o estudo realizado.

Aos professores da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Câmpus Pato Branco, por todo conhecimento que nos foi repassado durante o periodo da graduação, em especial ao nosso orientador Prof. Msc. Jairo Trombetta e ao co-orientador Prof. Gustavo Lacerda Dias, por todo auxílio e disponibilidade durante a realização deste trabalho.

A todos que de alguma forma contribuíram para a realização desta conquista.

“A persistência é o menor caminho do êxito”.

(Charles Chaplin)

RESUMO

COZER, Francisco A.; WRUBLACK, Thiago. **Análise do pavimento em pontos críticos de acidentes da rodovia que liga Francisco Beltrão (PR) à Ampére(PR) pela PR-483.** 2015, 92 pág. Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação em Engenharia Civil – Departamento Acadêmico de Construção Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Pato Branco, 2015.

As rodovias são vias pavimentadas que promovem o deslocamento de passageiros, cargas e conseqüentemente o desenvolvimento de uma região. Surge a necessidade de as mesmas apresentarem características aceitáveis de conforto e segurança aos que se deslocam diariamente por essas vias. Diante do notável índice de acidentes nas rodovias locais, optou-se por avaliar o pavimento do trecho entre Francisco Beltrão (PR), e Ampére (PR) na PR-483, com o intuito de analisar a gravidade das patologias, aderência e geometria do mesmo. Os pontos escolhidos para a análise da qualidade foram baseados em levantamentos de ocorrências de acidentes realizadas pela Polícia Rodoviária Militar- Posto Pato Branco (PR). A avaliação mostrou que o trecho em estudo apresenta razoável índice de defeitos, que necessitam de algumas intervenções, elevada variação de textura e com raios de curvatura e superelevação dentro dos padrões estabelecidos, sendo assim apesar de certas caracterização no pavimento, o mesmo não apresenta problemas que possam gerar a ocorrência de seus pontos críticos.

Palavras-chave: Qualidade do Pavimento. Macrotextura. Geometria. Acidentes.

ABSTRACT

COZER, Francisco A.; WRUBLACK, Thiago. **Analyses of the pavement in critic areas of accidents in the Highway that connects Francisco Beltrão (PR) to Ampére (PR) by te PR-483 highway**. 2015, 92 pages. Course Conclusion Paper of the civil engineering degree course, Federal Technological University of Paraná. Pato Branco, 2015.

The highways are paved routes that promote the displacement of passengers, loads, and consequently the development of a region. Occur then that these routes have to present acceptable characteristics of confort and safety to the people who use them daily. Considering the notable accident rates in the local highways, it was decided to evaluate the pavement of the route of Francisco Beltrão (PR) to Ampére (PR) by the PR-483 highway, in order to analyze the severity of the conditions, adherence and geometry of it. The areas chosen for the analysis of quality were based in informations of occurrences done by the Policia Rodoviária Militar (Military highway patrol) of the Pato Branco (PR) station. The evaluation showed that the route under study presents reasonable rate of defects that require some interventions, high variation texture with radius of curvature and superelevation at the established standards, therefore although certain characterization in the pavement, does not present the same problems that may cause the occurrence of critical points.

Keywords: Floor quality. Macrotecture. Geometry. Accidents

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Leito Asfáltico com defeito - características de desgaste	21
Figura 2 – Leito Asfáltico com agregados polidos	22
Figura 3 – Leito com exsudação do ligante asfáltico	22
Figura 4 – Classe de Microtextura.....	24
Figura 5 – Classes de Microtextura.....	24
Figura 6 – Classes de Microtextura para pericias.....	25
Figura 7 – Classes de Microtextura para agências reguladoras	25
Figura 8 – Valores Limites de resistência a derrapagem proposto pelo Comitê Marshall	25
Figura 9 – Classes de Macrotextura.....	26
Figura 10 – Valores recomendados para a micro e Macrotextura (obras novas)	27
Figura 11 – Valores de atrito (microtextura) pra intervenções	28
Figura 12 – Interações entre os componentes causais dos acidentes	28
Figura 13 – Fatores contribuintes para a ocorrência de acidentes	29
Figura 14 – Tipos de superfícies possíveis em função da micro e macrotextura	34
Figura 15 – Conceitos de degradação do pavimento em função do IGG	36
Figura 16 – Variação da seção da pista na implantação da superelevação	37
Figura 17 – Fluxograma das etapas da pesquisa	40
Figura 18 – Localização Geografica do trecho em análise	41
Figura 19 - Etapas envolvidas no ensaio de Mancha de Areia	44
Figura 20 - Etapas envolvidas no ensaio de Mancha de Areia	45
Figura 21 - Classes de macrotextura pelo método da Mancha de Areia..	45
Figura 22 - Recomendações de macrotextura para cada tipo de via	46
Figura 23 - Dimensões do Drenômetro ISETH (Ferreira, 2002)	47
Figura 24 - Etapas envolvidas no ensaio de Drenabilidade	49
Figura 25 – Exemplo de demarcação de áreas para inventário de defeitos	50
Figura 26 – Exemplo de demarcação de áreas para inventário de defeitos	50
Figura 27 – Exemplo de demarcação de áreas para inventário de defeitos	51
Figura 28 – Trelça para medição de flecha da trilha da roda	51
Figura 29 –Medição de flecha da trilha da roda	52
Figura 30 – Perfil de Superelevação.....	55

Figura 31 – Raio Mínimo de Curvatura.....	56
Figura 32 – Localização dos Pontos Críticos.....	57
Figura 33 – Realização do Ensaio de Mancha de Areia em Pontos distintos.....	59
Figura 34 - Realização do Ensaio de Drenabilidade	61
Figura 35 – Comparativo de resultados Mancha de areia x Drenômetro.....	62
Figura 36 –Qualidade do Pavimento pelo Método do IGG	63
Figura 37 – Qualidade do Pavimento pelo Método do IGG	64
Figura 38 – Qualidade do Pavimento pelo Método do IGG	65
Figura 39 – Qualidade do Pavimento pelo Método do IGG – Ponto 3	66
Figura 40 – Geometria das Curvas estudadas	68
Figura 41 – Resultado dos ensaios	69

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Valores máximos admissíveis de coeficiente de atrito transversal.....	38
Tabela 2 – Valores de raios mínimos em função das taxas máximas de superelevação (em metros)	39
Tabela 3 - Pontos Avaliados	42
Tabela 4 – Raios que dispensam a superelevação	53
Tabela 5 – Valores máximos da superelevação admissível.....	54
Tabela 6 – Resultados dos ensaios de Mancha de Areia e Classificação da Macrotextura	58
Tabela 7 – Resultados ensaios drenabilidade.....	60
Tabela 8 - Situação do Pavimento obtido pelo teste de IGG.....	67

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	14
1.1 OBJETIVOS.....	16
1.1.1 Objetivo Geral.....	16
1.1.2 Objetivos Específicos.....	16
1.2 JUSTIFICATIVA.....	16
2 PAVIMENTOS	19
2.1 PAVIMENTOS FLEXÍVEIS.....	19
2.2 DEFEITOS DE SUPERFÍCIE DO PAVIMENTO.....	19
2.2.1 Defeitos de superfície de pavimento asfáltico com interferência no atrito na interface pneu/pavimento	20
2.3 RECOMENDAÇÕES DE SEGURANÇA QUANTO À ADERÊNCIA DO REVESTIMENTO	23
2.3.1 Brasil	23
2.3.2 Estados Unidos da América (EUA)	26
2.3.3 Espanha	27
2.4 SEGURANÇA VIÁRIA	28
2.4.1 Possíveis causas de acidentes viários	28
2.4.2 Contribuição dos elementos viários na ocorrência de acidentes.....	30
2.4.3 Aderência pneu-pavimento.....	31
2.5 TEXTURA DO PAVIMENTO	31
2.5.1 Drenagem Superficial do Pavimento	31
2.5.2 Bandas de rolagem	31
2.5.3 Precipitação no local do acidente.....	32
2.5.4 Velocidade do veículo	32
2.6 MACROTEXTURA DO PAVIMENTO	33
2.6.1 Mancha de areia.....	34
2.6.2 Drenabilidade	35
2.7 QUALIDADE DO PAVIMENTO	35
2.7.1 Índice de gravidade global - IGG.....	35
2.7.2 Superelevação	36
2.7.3 Raios Mínimos de Curvatura	37
3 METODOLOGIA DA PESQUISA	40
3.1 MÉTODOS DE ENSAIO PARA OBTER A TEXTURA.....	42
3.1.1 Ensaio de Mancha de Areia	42
3.1.2 Ensaio de Drenabilidade	46
3.2 DETERMINAÇÃO DO ÍNDICE DE GRAVIDADE GLOBAL.....	49
3.3 DETERMINAÇÃO DA GEOMETRIA DA PISTA.....	53
3.3.1 Superelevação	53
3.3.2 Determinação dos Raios mínimos de Curvatura	55

4. RESULTADO E DISCUSSÕES.....	57
4.1 AVALIAÇÃO DA MACROTEXTURA.....	57
4.1.1 Mancha de Areia	57
4.1.2 Drenabilidade	60
4.1.3 Relação Drenabilidade x Mancha de Areia	62
4.2 AVALIAÇÃO DO IGG	63
4.3 AVALIAÇÃO GEOMÉTRICA.....	67
5 CONCLUSÃO.....	70
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	72
APÊNDICE A – PLANILHA PM ACIDENTES OCORRIDOS	74
APÊNDICE A – PLANILHA PM ACIDENTES OCORRIDOS	75
APÊNDICE B – CÁLCULO DO IGG.....	76

1. INTRODUÇÃO

Com o crescimento acelerado da frota de veículos nas últimas décadas no Brasil, levando em conta a quantidade e as tecnologias embarcadas, o tráfego em maior velocidade toma proporção, assim como o transporte de maior volume de carga também demonstrou seu crescimento. (PAVARINO, 2004 apud SPECHT, et al. 2007)

Entretanto, Specht et al. (2007, p.30), baseado em pesquisas da Confederação Nacional dos Transportes, cita que “a infraestrutura rodoviária não acompanhou tal evolução, devido principalmente, a insuficiência de recursos para manter a malha rodoviária existente e implantar novas rodovias”.

É desta forma, que o crescimento do fluxo e o avanço tecnológico, somados ao déficit evolutivos quanto à infraestrutura rodoviária, tem influenciado fortemente nas irregularidades da pavimentação em território brasileiro.

Sendo o pavimento uma estrutura de múltiplas camadas, as irregularidades influenciam em seu desempenho, “desde o conforto de rolamento e a segurança em pista molhada até o desgaste do sistema de suspensão e a deterioração e danificação de cargas, além de aspectos relacionados com o ruído”, conforme Specht et al. (2007, p.30).

Considerando as irregularidades apresentadas em pavimentos e as consequências negativas relacionadas a tal,

Dados não oficiais estimam que no Brasil cerca de 80.000 pessoas percam suas vidas em decorrência de acidentes de trânsito. Uma das causas de acidentes é a má condição da superfície de rolamento das rodovias, que leva a perda de aderência pneu/pavimento e consequentemente a dificuldade de manter os veículos na trajetória desejada. (ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE TRANSPORTES PÚBLICOS, 2003; DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM, 1998; HUNTER, 1994; APS et al 2003; apud SPECHT et al. 2007, p.30)

Conforme Gonçalves (2002, p.42), “no Brasil, a grande maioria dos pavimentos rodoviários possui revestimento asfáltico e camada de base granular.” Desta forma, o tipo e/ou estado atual do revestimento em concreto asfáltico influenciam nas etapas de projeto de pavimentos novos e definição das estratégias de manutenção dos mesmos.

Pensando nisto, Rodrigues (1998 apud Gonçalves 2002, p.42) considera que:

A rede de fatores que influenciam no desempenho de uma estrutura de pavimentos, cujos efeitos interagem uns com os outros e as necessidades reais de manutenção futura só podem ser previstas se forem aplicados modelos de previsões confiáveis. Esses modelos buscam relacionar as características do pavimento e suas condições atuais à evolução com o tempo dos defeitos de superfície ou do nível de serventia, sob dadas condições climáticas e de tráfego que o pavimento está submetido.

Santana (1993 apud Marques, 2012, p. 01), define pavimento como sendo “uma estrutura construída sobre a superfície obtida pelos serviços de terraplanagem com a função principal de fornecer ao usuário segurança e conforto”.

Percebendo que a condição do pavimento é fator importante e confirmado pelos autores como possível motivo da ocorrência de acidentes, este trabalho elegeu um determinado trecho na rodovia PR-483, na região Sudoeste do Paraná, que liga as cidades de Francisco Beltrão-PR à Ampére-PR, para realizar a análise do pavimento.

A partir desta análise, procedeu-se a um levantamento da qualidade e irregularidades do pavimento, além de estabelecer uma relação entre os índices de aderência pneu/pavimento e do Índice de Gravidade Global – IGG, raio de curvatura e superelevação com as estatísticas de acidentes nos trechos em estudo.

A estrutura do pavimento nesta rodovia é composta por camadas de sub-base, base granular e revestimento em concreto asfáltico, típico de pavimento flexível.

Os resultados das análises serão baseados em estudos e normas do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes-DNIT e do Instituto de Pesquisas Rodoviárias-IPR/DIREX.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo Geral

Avaliar a qualidade e características do pavimento asfáltico em trecho da rodovia PR 483, que liga Francisco Beltrão-PR a Ampére-PR, em pontos com maior incidência de acidentes.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Analisar as patologias encontradas no pavimento do trecho estudado;
- Fazer ensaios para determinação do IGG- Índice de Gravidade Global;
- Avaliar a macrotextura do pavimento pelo método da mancha de areia e drenabilidade em diversos pontos do pavimento;
- Avaliar a geometria, em termos de raio de curvatura e superelevação, dos trechos em estudo;
- Analisar condições do pavimento nos pontos com maior ocorrência de acidentes.

1.2 JUSTIFICATIVA

Entendendo a necessidade de melhorar a qualidade da pavimentação asfáltica como uma estratégia de minimizar o índice de acidentes de trânsito e proporcionar aos motoristas uma direção mais segura, optou-se por verificar o trecho da PR-483 que liga Francisco Beltrão-PR à Ampére-PR, a fim de identificar se há influência das patologias e irregularidades nos acidentes de trânsito ocorridos.

Com o crescimento contínuo do número de veículos nas estradas rodoviárias, deve-se buscar melhores condições para que o tráfego tenha condições para o deslocamento seguro e assim evitar o elevado índice de acidentes.

O trecho em questão é uma das principais rotas do escoamento da produção agrícola tanto da região Sudoeste do Paraná como de outros estados, por não existirem balanças próximas ao trecho em estudo, e verificando que a mais próxima fica na BR-277 Km 715, aproximadamente 200 km de distância da rodovia em estudo, segundo informações locais é possível verificar veículos com sobrecarga além do permitido por lei, incorrendo na possibilidade de geração de patologias no pavimento, deixando a qualidade comprometida e prejudicando o tráfego.

Com a preocupação em torno da prevenção de acidentes rodoviários, deve-se analisar diferentes hipóteses que possam vir a ocasionar ou prevenir estas ocorrências. O pavimento pode estar em condições de uso adequadas, porém se não atender as expectativas de desempenho adequado pode se tornar um ponto negativo para a dirigibilidade e segurança. Em muitos casos a dificuldade de se obter um desempenho adequado para o pavimento, surge devido à contenção de investimentos na infraestrutura e até mesmo elaboração de projetos não normatizados.

Dados fornecidos pela Polícia Militar Rodoviária – Posto de Pato Branco-PR para o trecho em estudo, registram 76 ocorrências de acidentes de trânsito no período do dia 1º de janeiro de 2014 a 23 de setembro de 2014, com um total de 49 feridos e 7 mortes no local, onde 90% destes acidentes ocorreram em perímetro rural. Estas ocorrências estão também divididas por tipos, datas, horários, dias da semana, local, perfil do pavimento e o quilômetro em que ocorreram os acidentes, conforme Apêndice A.

Através das informações obtidas, foram detectados pontos críticos onde ocorreram maior índice de acidentes no período citado, estes pontos estão situados entre os trechos dos quilômetros 5 a 23 da PR-483. Sendo estes os trechos selecionados para o desenvolvimento deste trabalho, trecho este popularmente chamado de 'Bica d'água'.

Entre as ocorrências com maior frequência aparecem colisões, choque contra barranco e tombamento, que geram em torno de aproximadamente 82% dos acidentes. Considerando isso, analisaremos o comportamento de aderência, drenabilidade, frequência de defeitos no pavimento e geometria, verificando sua

possível relação com os acidentes. Principalmente em ocorrências como de choque contra barranco e tombamento, as mesmas podem ser geradas por possível relação direta a condições de dirigibilidade inadequadas, em comparação com colisões que normalmente são geradas por imprudência dos condutores.

A verificação do Índice de Gravidade Global – IGG, tem a finalidade de conferir o grau de degradação do pavimento, sendo possível determinar a qualidade e frequência de patologias.

Com o ensaio da mancha de areia verifica-se a condição de aderência do pavimento com os pneus dos veículos e analisar se cumpre as normas técnicas e de segurança. Já com o detalhamento altimétrico do terreno é possível analisar as superelevações, raio de curvatura e perfil do pavimento.

O teste de drenabilidade visa avaliar a capacidade de escoamento das águas superficiais sobre o pavimento, relacionando as condições do pavimento, com a possibilidade de ocorrência de aquaplanagem dos veículos.

2 PAVIMENTOS

De acordo com o Manual de Pavimentação do DNIT (2006), o pavimento de uma rodovia é a superestrutura construída com camadas finitas assentadas sobre a infraestrutura ou terreno de fundação, sendo denominada como subleito. O subleito é limitado superiormente pelo pavimento, devendo o mesmo ser estudado até uma profundidade onde atuam as cargas atribuídas pelo tráfego.

2.1 PAVIMENTOS FLEXÍVEIS

De acordo com Senço (1929), são pavimentos flexíveis aqueles em que as deformações, até certo limite não chegam ao rompimento. São dimensionados para resistir basicamente à compressão e a tração na flexão, surgem as bacias de deformação sob as rodas dos veículos, deixando a estrutura deformada permanentemente, e gerando o rompimento por fadiga.

No pavimento flexível, segundo Pinto et al 2002 apud Sanches, Grandini e Baierle Junior 2012, p. 18, “todas as camadas sofrem deformação elástica sob o carregamento aplicado, e portanto, a carga se distribui em parcelas aproximadamente equivalente entre as camadas”. Conforme explicam os autores, os principais materiais utilizados neste tipo de pavimento são material asfáltico e agregados graúdos e miúdos.

2.2 DEFEITOS DE SUPERFÍCIE DO PAVIMENTO

Quanto às patologias ou defeitos em pavimentos flexíveis, Silva (2008) afirma que podem ser classificadas em:

- Deformações superficiais (corrugações e afundamentos);
- Defeitos de superfície (Exsudação de asfalto e Desgaste);
- Panela;

- Escorregamento do Revestimento Betuminoso;
- Trincas e Fissuras (fendas).

Para Fontes (2009 apud Sanches, Grandini e Baierle Junior, 2012, p. 31), “durante a vida dos pavimentos flexíveis o aparecimento de degradações contribuem para a perda de sua qualidade”. Desta forma, o autor explica que o ritmo de deterioração de um pavimento pode variar em função dos seguintes fatores:

- Condições ambientais;
- Capacidade de suporte do pavimento e do subleito;
- Qualidade dos materiais utilizados e do processo construtivo;
- Volume de tráfego;
- Carga por eixo do caminhão.

Conforme os dados documentais do DNIT (2006 apud Sanches, Grandini e Baierle Junior, 2012, p. 31), “atualmente, as principais patologias que ocorrem nos pavimentos brasileiros são o fendilhamento por fadiga e afundamentos plásticos”.

Para ilustrar os defeitos ou patologias em pavimentações flexíveis, no Brasil, um documento padronizado define os termos técnicos que se referem à classificação das degradações. É utilizado também:

Para padronizar a linguagem adotada na elaboração das normas, manuais, projetos e textos relativos aos pavimentos flexíveis, é a Norma DNIT – TER 005 (2003), Defeitos nos Pavimentos Flexíveis e Semi-Rígidos – Terminologia. Esta Norma possui anexos, com o quadro resumo das degradações, sua codificação e classificação, a representação das degradações e ilustrações fotográficas das mesmas. (SANCHES, GRANDINI E BAIERLE JUNIOR, 2012, p.30)

2.2.1 Defeitos de superfície de pavimento asfáltico com interferência no atrito na interface pneu/pavimento

Na Norma DNIT-TER (2003 apud Bucharles, 2014) citam-se como os defeitos mais comuns no pavimento: fissuras, trincas, afundamentos, escorregamento, exsudação do ligante asfáltico, corrugação, descolamentos, desagregação ou desgaste, agregados polidos, painéis e remendos.

Segundo Bucharles (2014), dentre estes tipos de defeitos os que mais afetam a relação pneu/pavimento são o desgaste, a exsudação e os agregados polidos. Segue a definição e causas de tais patologias:

- Desgaste: pode ocorrer por meio de fatores como falta de ligante, superaquecimento da mistura, agregados sujos, úmidos ou com baixa resistência a abrasão excesso de vazios devido à compactação insuficiente, execução em dias com climas desfavoráveis ou abertura precoce para o tráfego. É decorrente da perda de adesividade do ligante, desalojando os agregados e deixando o pavimento com uma textura áspera conforme a Figura 1 (FERNANDES JUNIOR, ODA E ZERBINI, 2003 apud BUCCHARLES, 2014).



Figura 1 - Leito Asfáltico com defeito - características de desgaste
FONTE: Bernucci et al (2008 apud BUCCHARLES, 2014, p.62).

- Agregados polidos: este tipo de defeito ocorre normalmente quando a massa asfáltica possui agregados com baixa resistência a abrasão, sendo que com a passagem de veículos acaba-se por reduzir a aspereza e angularidade das partículas, deixando assim os agregados polidos e reduzindo o atrito entre o pneu/pavimento principalmente em ocasiões de pista molhada como pode ser observado na Figura 2 (FERNANDES JUNIOR; ODA; ZERBINI, 2003 apud BURCHALES, 2014).



Figura 2 – Leito Asfáltico com agregados polidos
FONTE: Bernucci et al (2008 apud BUCхарLES, 2014, p. 44)

- **Exsudação:** A exsudação ocorre normalmente devido a alta temperatura, comum em países com clima mais quente, ocorrendo um excesso de ligante asfáltico na superfície do pavimento, diminuindo assim consideravelmente o atrito pneu/pavimento em ocasiões em que o pavimento se encontra molhado. Essa exsudação ocorre principalmente pelo excesso de ligante e pelo baixo índice de vazios na mistura (FERNANDES JUNIOR; ODA; ZERBINI, 2003 apud BUCхарLES, 2014). A Figura 3 ilustra este tipo de patologia.



Figura 3 – Leito com exsudação do ligante asfáltico
FONTE: Bernucci et al (2008 apud BUCхарLES, 2014, p.45)

2.3 RECOMENDAÇÕES DE SEGURANÇA QUANTO À ADERÊNCIA DO REVESTIMENTO

Em diversos países são determinados alguns aspectos e características em relação à aderência do pavimento para proporcionar maior segurança e condições de dirigibilidade. A seguir, apresentam-se as recomendações para o Brasil e outros países (BUCHARLES, 2014).

2.3.1 Brasil

A literatura brasileira não possui normas que estipulem valores determinados para a macro e microtextura do pavimento. Sendo assim, não é possível se basear em parâmetros oficiais para avaliação da resistência a derrapagem ou para determinar o coeficiente de atrito oferecido pelo pavimento rodoviário (BUCHARLES, 2014).

Alguns órgãos públicos sugerem valores mínimos para este tipo de avaliações. Um exemplo é o Manual de Restauração de Pavimentos Asfáltico (DNIT, 2006), que recomenda a faixa de $0,6\text{mm} \leq H_s \leq 1,2\text{mm}$ para a altura média de Mancha de Areia e o valor $\text{VRD} \geq 55$ para a resistência a derrapagem. Pela recomendação do Departamento Nacional de Infraestrutura e Transportes (DNIT), os valores para a microtextura do pavimento “devem ser expressos em BPN (British Number Pendulum), encontrando um intervalo aceitável de 45 a 75 (DNER, 2000), sendo os mesmos valores recomendados pela Associação Brasileira de Pavimentação (ABPv)” conforme explica Bucharles (2014, p. 46).

De acordo com Bucharles (2014), o Instituto de Pesquisas Rodoviárias (IPR, 1998), órgão técnico vinculado ao DNIT, classifica os Valores de Resistência a Derrapagem também em sete classes distintas, com valores bem próximos aos recomendados pelo DNIT e pelo ABPv. Segue Figura 4 e Figura 5 para ilustração da classificação para Microtextura.

Classe	Valor de Resistência à Derrapagem (VRD)
Perigosa	VRD < 25
Muito lisa	25 ≤ VRD ≤ 31
Lisa	32 ≤ VRD ≤ 39
Insuficientemente rugosa	40 ≤ VRD ≤ 46
Medianamente rugosa	47 ≤ VRD ≤ 54
Rugosa	55 ≤ VRD ≤ 75
Muito rugosa	VRD > 75

Figura 4 – Classe de Microtextura
FONTE: ABPv (1999 apud BUCCHARLES, 2014, p.46)

Classe	Valor de Resistência à Derrapagem (VRD)
Perigosa	VRD < 24
Muito lisa	24 ≤ VRD ≤ 30
Lisa	31 ≤ VRD ≤ 37
Insuficientemente rugosa	38 ≤ VRD ≤ 44
Medianamente rugosa	45 ≤ VRD ≤ 51
Rugosa	52 ≤ VRD ≤ 72
Muito rugosa	VRD > 72

Figura 5 – Classes de Microtextura
FONTE: IPR (1998 apud BUCCHARLES, 2014, p.46)

Segundo Aps (2006 apud Bucharles, 2014) para a classificação do IFI – Índice de Atrito Internacional, no estudo de casos de acidentes de trânsito observa-se que os valores de resistência à derrapagem estão apresentados em sete classes diferentes, conforme Figuras 4 e 5, e tornando difícil a distinção de valores extremos.

Segundo o mesmo autor, Bucharles (2014), em casos de perícias de um trecho em análise, o Valor de Resistência a Derrapagem – VRD poderia abranger somente três classes: lisa, média e rugosa (Figura 6) e ainda podendo-se adotar uma tabela com cinco agências reguladoras (Figura 7).

Classe	Valor de Resistência à Derrapagem (VRD)
Lisa	VRD < 46
Média	47 ≤ VRD ≤ 57
Rugosa	VRD > 58

Figura 6 – Classes de Microtextura para pericias
FONTE: Bucharles (2014, p.47)

Classe	Valor de Resistência à Derrapagem (VRD)
Muito lisa	VRD < 30
Lisa	31 ≤ VRD ≤ 37
Insuficientemente rugosa	38 ≤ VRD ≤ 44
Medianamente rugosa	45 ≤ VRD ≤ 51
Rugosa	VRD > 52

Figura 7 – Classes de Microtextura para agências reguladoras
FONTE: Bucharles (2014, p.47)

Também em relação a valores de resistência de derrapagem, através do Comitê Marchall (DNER, 1998) surgiram outros valores levando em consideração o tipo de segmento rodoviário analisado valores entre um mínimo de 42 e máximo de 58 (Figura 8) (BUCHARLES, 2014):

Categoria	Tipo de segmentos	Valor de Resistência à Derrapagem (VRD)
A	Cruzamento em nível	58
	Curvas com raio < 150m	58
	Rampas > 5% extensão 100m	58
	Semáforos transversais urbanos	58
B	Rodovias com velocidade diretriz > 80 km/h	53
	Rodovias em perímetro urbano com VDM > 200	47
C	Rodovias sem sinuosidade e planas, sem tráfego expressivo e sem intersecções perigosas	42

Figura 8 – Valores Limites de resistência a derrapagem proposto pelo Comitê Marshall
FONTE: DNER (1998 apud BUCCHARLES, 2014)

Conforme pode ser observado na Figura 9, quanto a valores recomendados pelo DNIT para a macrotextura

Encontram-se no intervalo de 0,60 e 1,20mm de altura média da mancha de areia (DNER, 2000), mesma faixa de intervalo recomendada pela ABPv e pela ANTT em seu programa de exploração da rodovia da BR-393/RJ. Se o valor for inferior a 0,60mm, a textura torna-se muito

fechada, implicando em um maior risco de hidroplanagem; se for acima de 1,20mm, a textura torna-se muito aberta, resultando em desgaste excessivo de pneus, maior consumo de combustível e aumento de ruído. (BUCHARLES, 2014, p.47, 48)

Classe	Altura média de mancha de areia (mm)
Muito fina ou muito fechada	$HS \leq 0,20$
Fina ou fechada	$0,20 < HS \leq 0,40$
Média	$0,40 < HS \leq 0,80$
Grosseira ou aberta	$0,80 < HS \leq 1,20$
Muito grosseira ou muito aberta	$HS > 1,20$

Figura 9 – Classes de Macrotextura
FONTE: ABPv (1998 apud BUCHARLES, 2014)

Ainda, conforme Bucharles (2014), a Agência de Transportes do Estado de São Paulo (ARTSP) estabelece em seus editais de concessão de rodovias estaduais, o atendimento as Normas Britânicas HD 15/87 e 36/87, ambas do Departamento de Trânsito de Londres, com os seguintes parâmetros mínimos a serem cumpridos:

- Macrotextura: valores compreendidos entre $0,60\text{mm} < HS < 1,20\text{mm}$, resultantes do ensaio de Mancha de Areia, referente à textura superficial classificada entre média e grosseira;
- Microtextura (ou coeficiente de atrito): valores de resistência à derrapagem (VRD) > 47 , obtidos pelo ensaio do Pêndulo Britânico, referentes às classes entre média e muito rugosa. (BUCHARLES, 2014, p.48, 49)

2.3.2 Estados Unidos da América (EUA)

Nos EUA os métodos de avaliação do atrito dos pavimentos divergem das práticas aplicados no Brasil. Neste caso, explica Bucharles (2014), as medições de atritos são realizadas para programas de gerência de pavimentos com diversas finalidades, por meio do trailer ASTM E 274-97 (1997), sendo que se destacam:

- Estabelecimento de critérios para receber obras novas ou para adoção de medidas em pavimentos em serviço;

- Estratégias de intervenção para pavimentos em serviços em função do atrito;
- Investigação de acidentes;
- Estudos para condições aeroportuárias (BUCHARLES, 2014, p.49).

Em relação à textura do pavimento, apenas cinco estados norte americanos realizam medições, sendo que em apenas três isso ocorre com frequência. (APS et al. 2003 apud BUCARLES, 2014).

2.3.3 Espanha

Para avaliação de pavimentos na Espanha utilizam-se de duas sistemáticas distintas, em pavimentos novos, existem recomendações de valores de micro e macrotextura obtidos através dos ensaios do Pêndulo Britânico e da Mancha de Areia respectivamente, variando em função do tipo de pavimento empregado. A Figura 10 referencia os valores. (PONCINO, 2002 apud BUCARLES, 2014).

Tipo de pavimento		Altura de areia (mm)	Atrito com Pêndulo Britânico
Mistura asfáltica	-	0,7	0,65
Mistura asfáltica a quente delgada	M 8	0,9	0,65
	F 10	1,1	0,65
	LB 1	1,1	0,65
Lamas asfálticas	LB 2	0,9	0,65
	LB 3	0,7	0,60
	LB 4	0,5	0,55
Tratamento	Textura fina	0,6	0,55
	Textura média	0,8	0,60
	Textura grossa	> 1,0	0,65
Concreto de CP	-	0,7 a 1,0	-

Figura 10 – Valores recomendados para a micro e Macrotextura (obras novas)
FONTE: Poncino (2002 apud BUCARLES, 2014)

De acordo com Bucharles (2014), nas manutenções dos pavimentos, as recomendações são baseadas nos valores do coeficiente de atrito (CAT), obtidos por meio do equipamento SCRIM, com roda oblíqua, a uma velocidade de 60 km/h, conforme Figura 11.

Valor de atrito (CAT)	Ação de manutenção
CAT > 50	Nenhuma (pavimento em bom estado)
50 > CAT > 40	Intervenção quando possível (acompanhar evolução)
40 > CAT	Intervenção imediata

Figura 11 – Valores de atrito (microtextura) pra intervenções
 FONTE: Poncino (2002 apud BUCARLES, 2014)

2.4 SEGURANÇA VIÁRIA

2.4.1 Possíveis causas de acidentes viários

Ao analisar as causas dos acidentes viários é difícil atribuir a apenas um componente a causa de ocorrência do acidente. Em grande parte, os acidentes rodoviários ocorrem devido à combinação de diversos fatores, na maioria das vezes se enquadram em um dos seguintes componentes causais, ou contribuintes, para o acidente, são eles: componente humano, componente veicular e componente viário. A Figura 12 apresenta o enquadramento dos componentes causais dos acidentes, bem como as interações dos mesmos.

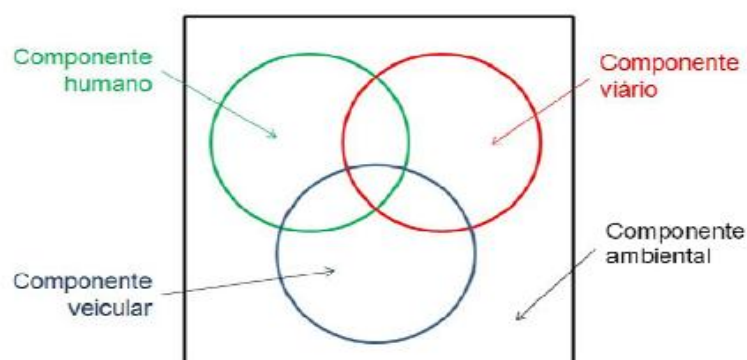


Figura 12 – Interações entre os componentes causais dos acidentes
 FONTE: Adaptado de Nodari, (2003).

Em pesquisa Sabey (1980), ao analisar os fatores que contribuem para a ocorrência de acidentes rodoviários na Inglaterra, identificou 4688 fatores dentre os

2042 casos estudados, o que demonstra que, em muitos casos, os fatores agem de forma combinada. Lum e Reagan (1995), considerando dados dos Estados Unidos e Grã-Bretanha, obtiveram percentuais semelhantes aos encontrados por Sabey (1980) para os fatores contribuintes de acidentes rodoviários. Na Figura 13, pode-se observar a contribuição de cada um dos fatores na ocorrência de acidentes.

Componentes causais	Contribuição (%)	
	(Sabey, 1980)	(Lum e Reagan, 1995)
Apenas componente humano	65,00	57,00
Componente humano + viário	24,00	28,00
Componente humano + veicular	4,50	6,00
Apenas componente viário	2,50	3,00
Apenas componente veicular	2,50	2,00
Componente humano + veicular + viário	1,25	3,00
Componente veicular + viário	0,25	1,00

Figura 13 – Fatores contribuintes para a ocorrência de acidentes
FONTE: Mattos, 2009.

Segundo Aps (2006), atribui-se 2% dos acidentes ao componente viário, entretanto, deve-se considerar também como responsabilidade do componente viário quando ocorre interação desse componente com os outros. Sendo assim a contribuição da via nos acidentes, segundo os dados da pesquisa de Lum e Reagan (1995), corresponde a aproximadamente 35%.

Estabelecendo o grau de influência do componente viário na ocorrência de acidentes, seja contribuindo isoladamente ou em conjunto com outro componente, vem sendo adotadas estratégias reativas de melhorias da segurança rodoviária (Nodari, 2003). A gerência da segurança viária tem mostrado resultados satisfatórios, pois conforme a ocorrência de acidentes indicativos de algum problema ou deficiência viária adota-se uma atividade corretiva. O ponto negativo desse mecanismo de gerência consiste na necessidade da ocorrência de acidentes para realizar intervenções no pavimento.

Uma segunda forma de gerência da segurança viária são as estratégias pró-ativas. Nesse mecanismo identificam-se os pontos que apresentam elevado potencial para ocorrência de acidentes e nesses locais realizam-se atividades corretivas ou de reabilitação da via. O ponto principal desse mecanismo de gerência é o caráter preventivo (NODARI, 2003).

2.4.2 Contribuição dos elementos viários na ocorrência de acidentes

Segundo Nodari (2003), para algumas características da via já é possível estimar numericamente a sua influência na ocorrência de acidentes com satisfatória precisão, entretanto, existem características que a magnitude da influência ainda é desconhecida.

Entre as diversas características da via que podem contribuir para a ocorrência de acidentes, destacam-se os seguintes itens (baseado em Nodari, 2003):

- 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 à derrapagem na superfície da via (microtextura);
- j) Condições de drenagem superficial da via (macrotextura do revestimento);
- k) Inclinação dos taludes;
- l) Iluminação da via;
- m) Sinalização da via.

Como se pode observar, quase todos os elementos viários contribuintes para a ocorrência de acidentes são de natureza geométrica, pertencentes à etapa de projeto geométrico da rodovia. Entretanto, três características citadas são variáveis ao longo da vida útil da rodovia e estão relacionadas a aspectos funcionais do revestimento do pavimento, são os itens a, i e j. Sendo que os defeitos superficiais representam as irregularidades do pavimento e o valor de Resistência à Derrapagem em conjunto com a macrotextura representam a aderência pneu-pavimento.

2.4.3 Aderência pneu-pavimento

Em relação à segurança oferecida pelo pavimento, uma das características mais importantes é a aderência entre o pneu e o revestimento, pois possibilita ao motorista manter a trajetória do veículo mesmo em condições adversas. Deste modo, a forma mais dinâmica para que isso ocorra é garantindo a boa qualidade da textura da superfície de contato. Sendo assim, para um melhor entrosamento entre o mecanismo pneu-pavimento precisa-se revisar alguns conceitos envolvidos.

2.5 TEXTURA DO PAVIMENTO

2.5.1 Drenagem Superficial do Pavimento

O princípio de drenagem superficial do pavimento tem por objetivo retirar rapidamente a água pluvial precipitada, a fim de proteger a integridade do pavimento e propiciar segurança na condução do veículo. A falta de mecanismos de drenagem ao longo de uma rodovia causa o acúmulo de água sobre o leito asfáltico, fator esse preocupante e que interfere decisivamente na ocorrência da hidroplanagem, especialmente nos trechos em curva.

2.5.2 Bandas de rolagem

O traçado da banda de rolagem, as condições de desgastes desta banda, a largura e a pressão de enchimento do pneu interferem na ocorrência da hidroplanagem, especialmente no que se refere ao escoamento da água pluvial e as velocidades mínimas e médias de ocorrência deste fenômeno.

2.5.3 Precipitação no local do acidente

A altura da lâmina de água que ocorre sobre o leito asfáltico depende da intensidade da chuva precipitada no local, podendo, inclusive, superar as condições de drenagem superficiais previamente projetadas para aquele trecho da via. Estima-se a precipitação a partir da estação meteorológica mais próxima ao local do acidente, expondo valores de chuvas em milímetros por hora.

2.5.4 Velocidade do veículo

A velocidade de tráfego do veículo é de fundamental importância para verificar se é possível ocorrer o fenômeno da hidroplanagem ou se a possibilidade maior é da ocorrência de uma simples perda direcional do veículo por parte do motorista.

O estado de conservação dos pneumáticos, notadamente a profundidade de seus sulcos, e a textura e inclinação transversal da via podem auxiliar na remoção da água superficial e aumentar o contato entre as superfícies.

Conforme Negrini Neto e Kleinubing (2012), a estrutura física de determinado veículo envolvido em um acidente de trânsito interfere na intensidade, na forma e profundidade variável dos danos. Entretanto, independentemente da estrutura veicular, os autores afirmam que a intensidade das avarias e, por consequência, a gravidade das lesões dos ocupantes, têm relação direta com a velocidade desenvolvida pelo veículo.

Em todo acidente de trânsito é de fundamental importância que os valores de velocidades permitidas sejam adequadamente apontados. No Brasil, as velocidades máximas e mínimas permitidas são definidas pelo Código de Trânsito Brasileiro (CTB), Lei nº 9.503, de 23 de setembro de 1997 (BRASIL, 1997).

2.6 MACROTEXTURA DO PAVIMENTO

A macrotextura da superfície do pavimento depende da dimensão dos agregados e do teor de betume utilizado na mistura asfáltica do revestimento. A macrotextura do pavimento é responsável pela aderência pneu-pavimento para velocidades médias ou altas, devendo facilitar o escoamento das águas superficiais e evitar a derrapagem do veículo. Segundo Fernandes (1998 apud Ferreira, 2002), o tipo de macrotextura apresentada inicialmente por um revestimento asfáltico depende dos seguintes fatores:

a) Origem Mineralógica: o agregado dependendo da jazida em que foi extraído pode exibir diversas características, como a resistência ao desgaste, esfericidade, angularidade, etc;

b) Processo de Britagem: influencia no grau de esfericidade do granular. Preferindo-se mecanismos que proporcionem forma cúbica ao granular;

c) Projeto das misturas do revestimento: onde se determina a granulometria do material a ser utilizado, visando geralmente misturas que apresentem alta macrotextura inicial;

d) Método de preparação do revestimento: de acordo com o teor de betume utilizado, pode-se provocar heterogeneidade nas misturas. Sendo que misturas preparadas em usinas observa-se um melhor resultado na homogeneidade da macrotextura;

e) Método de execução da camada de revestimento: necessitam do cumprimento das determinações especificadas em projeto, como temperatura de execução, energia de compactação e o número de passadas do rolo compressor.

Bernucci et al (2007), afirma que a microtextura depende da superfície e aspereza dos agregados ao passo que a macrotextura depende da rugosidade formada pelo conjunto de agregados. Com relação à influência na aderência, Bernucci ainda relaciona a microtextura com velocidades de até 40 Km/h, quando o rompimento da película de água é fundamental para manter o contato pneu-pavimento, e relaciona a macrotextura com velocidades acima de 50 Km/h.

A superfície do pavimento é composta de micro e macrotextura sendo a microtextura classificada por rugosa ou polida, sendo polida quando a superfície é lisa e rugosa quando apresenta arestas vivas.

Quanto a macrotextura, a superfície pode ser classificada por aberta ou fechada sendo denominada aberta quando apresenta agregados graúdos e fechada quando apresenta elevada quantidade de finos.

Sendo assim, a micro e a macrotextura podem ser classificadas de quatro diferentes tipos. Na Figura 14, pode-se observar as possíveis combinações e as superfícies resultantes.

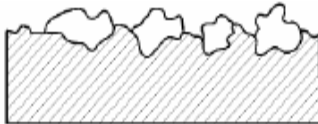
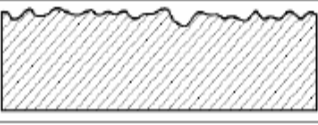


Microtextura	Macrotextura	Superfície	Tipo de Textura
Rugosa	Aberta		Rugosa e Aberta
	Fechada		Rugosa e Fechada
Polda ou Lisa	Aberta		Polda e Aberta
	Fechada		Polda e Fechada

Figura 14 – Tipos de superfícies possíveis em função da micro e macrotextura
FONTE: (Aps, 2006).

A avaliação da macrotextura do pavimento pode ser realizada por vários métodos de ensaios normatizados, dentre os quais se destacam os dois elencados neste trabalho.

2.6.1 Mancha de areia

Desenvolvido pelos franceses na norma *Rugosité Géométrique des Revêtements Routiers – Mésures de La Profondeur au Sable* em 1971, o ensaio da Mancha de Areia permite a determinação da macrotextura do pavimento através da altura da macha de areia. O método fornece apenas medições pontuais da textura da superfície, entretanto, os resultados do ensaio são extremamente

correlacionáveis com outros métodos de ensaios para medir a macrotextura (Flintsch et al., 2003). Embora seja um ensaio bem simples e rudimentar, tem mostrado que a técnica apresenta alta repetibilidade dos ensaios mesmo com diferentes operadores.

A determinação da macrotextura do pavimento auxilia na caracterização da textura superficial e, quando analisada em conjunto com outros ensaios físicos, pode ser utilizada para melhoramento de técnicas de acabamento ou de materiais utilizados na pavimentação.

2.6.2 Drenabilidade

O ensaio de drenabilidade faz uso de equipamentos que visam avaliar a capacidade de escoamento das águas superficiais sobre o pavimento, a medida obtida nesse ensaio é fortemente relacionada com o valor da macrotextura obtido com o ensaio da Macha de Areia. Havendo apenas algumas restrições em superfícies muito abertas ou muito fechadas (Ferreira, 2002 e APS, 2006). O resultado desse ensaio pode ser expresso em termos de tempo ou de vazão média de escoamento.

2.7 QUALIDADE DO PAVIMENTO

2.7.1 Índice de gravidade global - IGG

Segundo Senço (1929) o Índice de Gravidade Global procura qualificar o estado geral de um segmento estudado para avaliar seu desempenho em relação às cargas de tráfego e da necessidade de restauração ou reforço.

Esse IGG deve refletir o estado do segmento homogêneo da via em estudo. Entre as ocorrências a serem observadas estão:

- Trincas transversais e longitudinais de Classe 1;
- Desgaste da superfície;
- Média das flechas medidas nas trilhas das rodas;
- Exsudação do asfalto;

- Trincas de Classe 2 e 3;
- Afundamentos locais e panelas.

Segundo a Norma DNIT 006 o IGG tem a finalidade de conferir o pavimento com um parâmetro que retrate o grau de degradação, sendo definido conforme Figura 15 a seguir:

Conceitos	Limites
Ótimo	$0 < \text{IGG} \leq 20$
Bom	$20 < \text{IGG} \leq 40$
Regular	$40 < \text{IGG} \leq 80$
Ruim	$80 < \text{IGG} \leq 160$
Péssimo	$\text{IGG} > 160$

Figura 15 – Conceitos de degradação do pavimento em função do IGG
FONTE: DNIT 006/2003.

2.7.2 Superelevação

Conforme Pereira (et al., 2010), quando um veículo entra em movimento curvilíneo acaba sofrendo a ação de forças transversais que são conhecidas como forças centrífugas. Para equilibrar estas solicitações, além de atuarem sobre os veículos as forças de atrito entre pneu e o pavimento, é possível a realização de rampas com inclinações transversais da pista, com caimento para o interior da curva, assim uma componente da força peso do veículo atua na direção contrária a força centrífuga, auxiliando para que o veículo mantenha a trajetória desejada. Essas inclinações denominam-se superelevação.

De acordo com o Manual de Pavimentação do DNIT (2006 pag. 116), superelevação “é a inclinação transversal nas vias em pontos de curvas, cuja função, é melhorar o tráfego e proporcionar melhores condições de segurança e conforto”.

A superelevação tem sua inclinação aumentando gradativamente ao longo da curva, para quando iniciar o trecho da curva circular, a inclinação transversal já seja a desejada conforme Figura 16 (PEREIRA, et al., 2010).

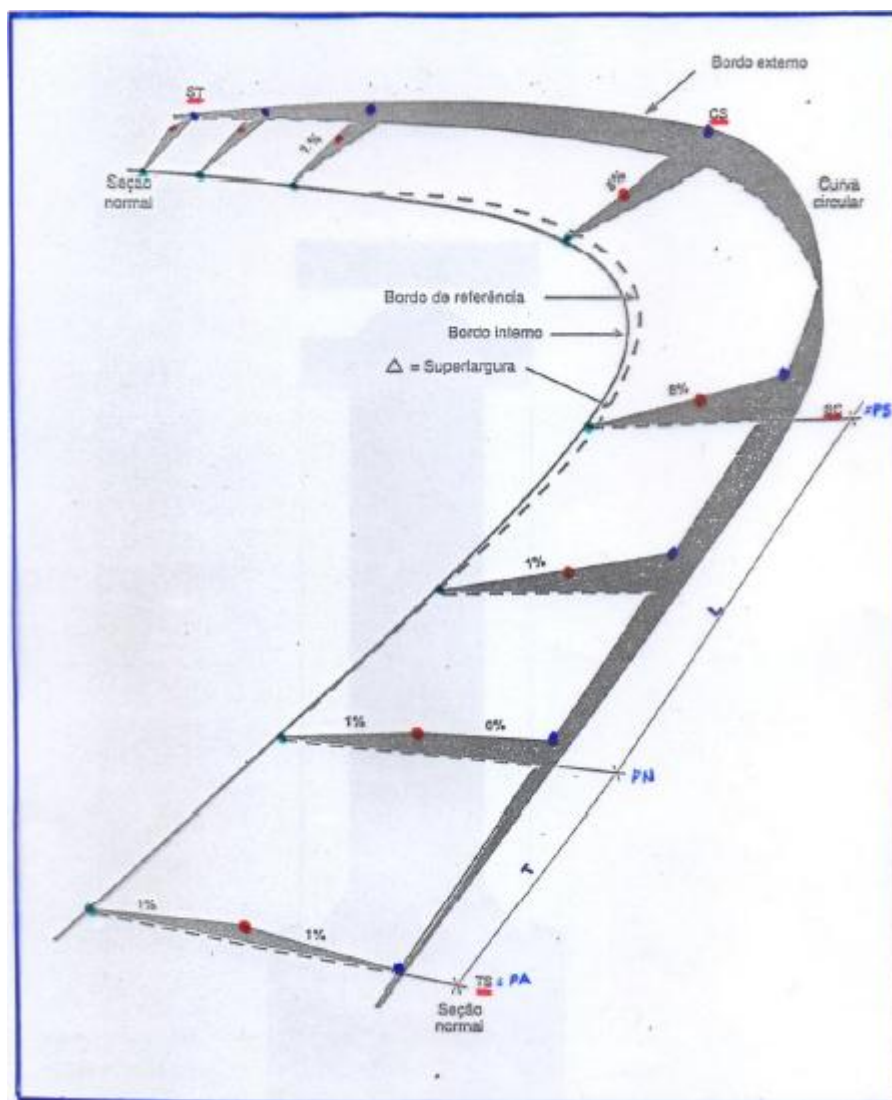


Figura 16 – Variação da seção da pista na implantação da superelevação
 FONTE: Manual de Projeto Geométrico (DNER, 1999)

2.7.3 Raios Mínimos de Curvatura

Define-se raios mínimos de curvatura como sendo “os menores raios das curvas que podem ser percorridas com a velocidade diretriz e à taxa máxima de superelevação, em condições aceitáveis de segurança e conforto” (DNER, 1999, p.70).

Conforme o Manual de Projeto Geométrico de Rodovias Rurais do DNER (1999), não se recomenda que as curvas sejam projetadas para atuarem com o máximo atrito lateral que dispõe, mas que exista uma parcela de atrito lateral para que os motoristas obtenham mais conforto e segurança na realização de uma curva, compensando o desconforto gerado pela ação da força centrífuga. Desta forma a velocidade em uma curva serve de base para o controle do máximo coeficiente de atrito transversal admissível.

Para ilustrar, na Tabela 1 podem ser verificados os valores para os coeficientes de atrito transversal admissíveis para a determinação dos raios mínimos das curvas para diferentes velocidades.

Tabela 1 – Valores máximos admissíveis de coeficiente de atrito transversal

Velocidade diretriz (km/h)	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
Coeficiente de atrito transversal $f_{m\acute{a}x}$	0,20	0,18	0,16	0,15	0,15	0,14	0,14	0,13	0,12	0,11

FONTA: Manual de Projeto Geométrico (DNER, 1999)

Se baseando pelos parâmetros da Tabela 1, que demonstram as condições de equilíbrio em um veículo ao realizar uma curva, velocidade diretriz da via e uma máxima de superelevação adotada, podemos obter o raio mínimo através da Equação 1:

$$R_{min} = \frac{v^2}{127(e_{max} + f_{m\acute{a}x})} \quad (\text{Eq. 1})$$

R= raio de curva (m)

V= velocidade diretriz (km/h)

$e_{m\acute{a}x}$ = taxa máxima de superelevação adotada (m/m)

$f_{m\acute{a}x}$ = máximo coeficiente de atrito transversal admissível entre o pneu e o pavimento (adimensional)

A Tabela 2 compreende os valores dos raios mínimos a serem utilizados com velocidades variando de 30km/h à 120km/h e considerando as taxas máximas de superelevação. Vale ressaltar que deverá utilizar sempre valores superiores aos mínimos, pois o mínimo é aplicado em condições limites.

Tabela 2 – Valores de raios mínimos em função das taxas máximas de superelevação (em metros)

Velocidade diretriz (km/h) \ e _{max} (%)	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
4	30	60	100	150	205	280	355	465	595	755
6	25	55	90	135	185	250	320	415	530	665
8	25	50	80	125	170	230	290	375	475	595
10	25	45	75	115	155	210	265	345	435	540
12	20	45	70	105	145	195	245	315	400	490

FONTE: Manual de Projeto Geométrico (DNER, 1999)

3 MÉTODOLOGIA DA PESQUISA

Para a elaboração deste trabalho, foi necessário desenvolver alguns procedimentos metodológicos para verificação da funcionalidade da rodovia em estudo. Desta forma foram utilizados ensaios de campo para a avaliação das condições do pavimento, que consistiram na verificação de aderência do pavimento com estudos focados na macrotextura, patologias físicas, e da geometria em alguns pontos do trecho. Sendo assim, após o levantamento dos dados coletados, buscou-se identificar possíveis irregularidades ou incompatibilidades no pavimento, apresentadas nos pontos aonde ocorreram maior número de acidentes de trânsito registrados pela Polícia Militar Rodoviária - PMR.

Tendo em vista a realização da coleta de dados frente ao pavimento em estudo e a avaliação da funcionalidade deste, bem como a análise dos dados apresentados, pode-se classificar essa pesquisa como mista, sendo quantitativa e qualitativa.

Para maior compreensão das etapas realizadas nesse trabalho, apresenta-se na Figura 21 um fluxograma dos procedimentos seguidos na pesquisa.

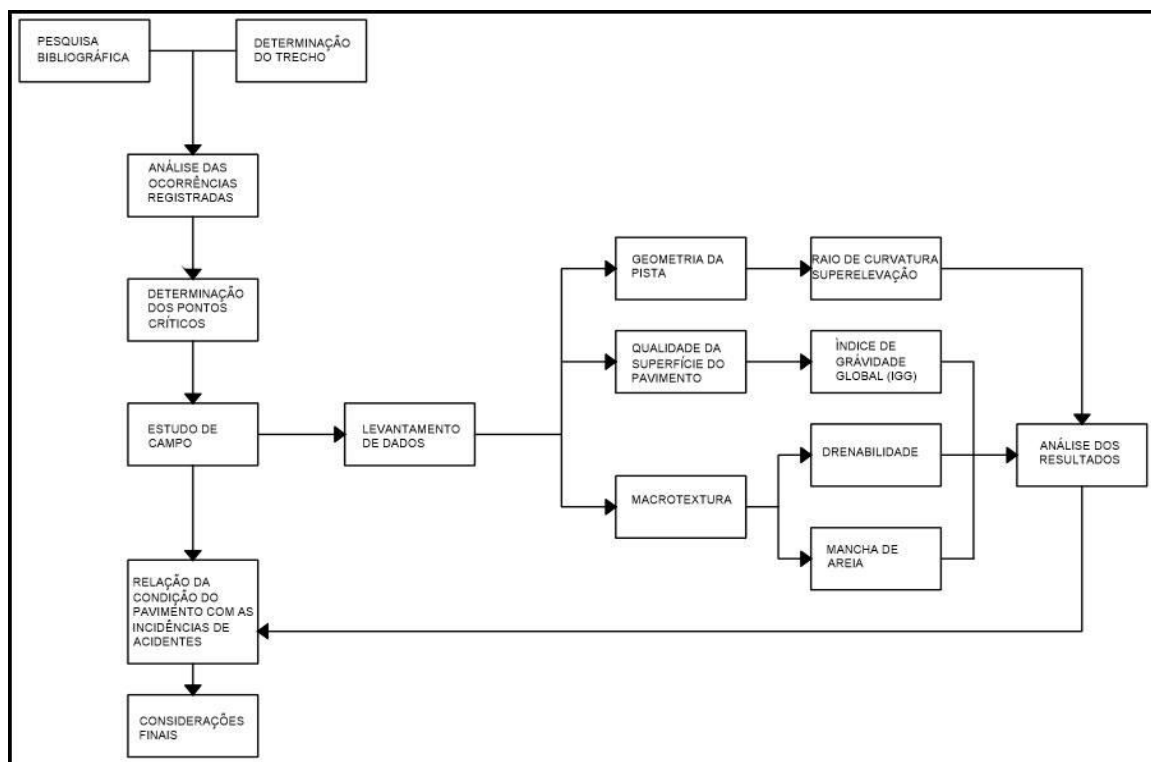


Figura 17 – Fluxograma das etapas da pesquisa
FONTE: Autoria Própria (2014).

Conforme o fluxograma, iniciou-se com a determinação do trecho e pesquisas bibliográficas a respeito do estudo, em seguida analisou-se os as ocorrências registradas pela PMR e definiu-se os pontos com maior incidência para a realização dos estudos.

Já em campo, realizaram-se os levantamentos e análise dos dados e obtendo a funcionalidade dos locais estudados.

A seguir são descritos os procedimentos utilizados, bem como o método de realização dos ensaios para a análise das características do pavimento.

O trecho em estudo esta localizado no início da PR-483, que parte da PR-180 no perímetro urbano de Francisco Beltrão (PR) e se encerra no encontro da PR-182 que dá acesso a Manfrinópolis (PR), conforme mostra a Figura 20. O trecho avaliado situa-se na região Sudoeste do Estado do Paraná e é mensurado em 26,2 quilômetros de vias pavimentadas com revestimento flexível.

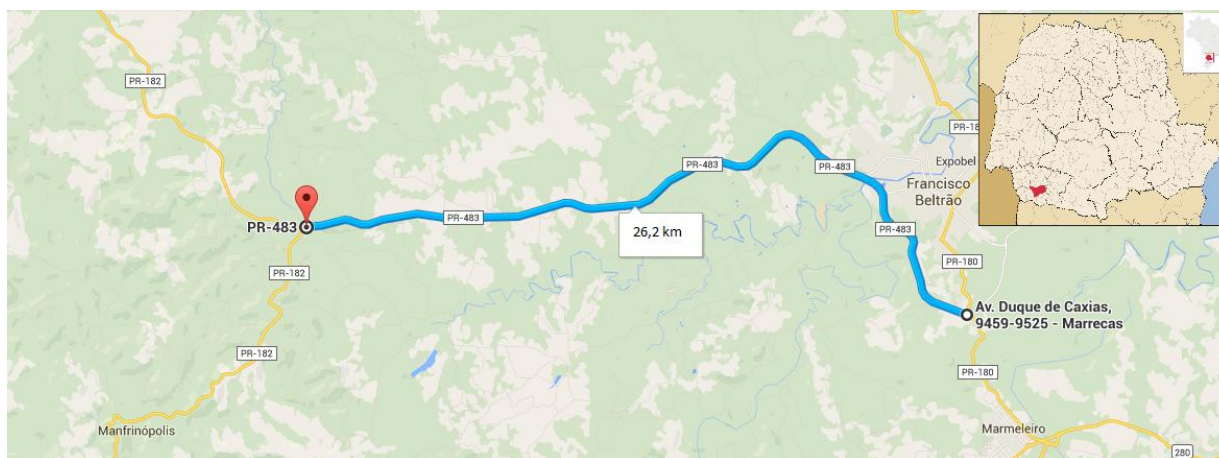


Figura 18 – Localização Geográfica do trecho em análise
FONTE: Adaptado de Google Maps

Para a coleta de dados buscou-se junto a Polícia Militar Rodoviária (PMR) de Pato Branco – PR, informações sobre os pontos de maior ocorrência de acidentes no período correspondente a 01-01-2014 a 23-09-2014. As informações recebidas referem-se entre outros ao trecho em que ocorreu o acidente e tipo de acidente, o que pode ser observado no Apêndice A.

Para análise dos acidentes foram selecionados 15 pontos críticos, com base em acidentes pela frequência em que ocorreram naquele local e por alguns tipos

específicos, tais como tombamento, capotamento e choque em barranco, poste ou árvore. A Tabela 3 demonstra o detalhamento dos pontos críticos avaliados.

Tabela 3 - Pontos Avaliados

DETALHAMENTO DOS PONTOS ESTUDADOS					
Ponto	Km	Metros	Local	Perfil	Tipos
1	6	100	Residencial	Nível	Tombamento
2	6	300	Industrial	Nível	Colisão Traseira
3	6	600	Rural	Rampa	Colisão Traseira
4	7	100	Rural	Rampa	Choque com Barranco
5	7	300	Rural	Rampa	Choque com Barranco
6	7	900	Rural	Rampa	Choque com Árvore
7	8	600	Rural	Rampa	Choque com Barranco
8	11	200	Comercial	Nível	Colisão Transversal
9	13	0	Rural	Nível	Capotamento
10	13	700	Rural	Nível	Tombamento
11	14	0	Rural	Nível	Capotamento
12	17	400	Rural	Nível	Choque com Barranco
13	23	800	Rural	Rampa	Capotamento
14	24	600	Rural	Rampa	Choque com Árvore
15	25	500	Rural	Nível	Choque com Barranco

FONTE: Autoria Própria (2015)

3.1 MÉTODOS DE ENSAIO PARA OBTER A TEXTURA

3.1.1 Ensaio de Mancha de Areia

Segundo APS (2006), esse ensaio é usado para a determinação da média da profundidade da altura da mancha de areia em superfícies de pavimentos com objetivo de obtenção das características da macrotextura, conforme preconizado pela ASTM E 965-96 (2001).

O procedimento consiste em preencher os vazios da textura superficial do pavimento com um volume conhecido de $25000 \text{ mm}^3 \pm 150 \text{ mm}^3$ de areia natural limpa e seca, uniforme, de grãos arredondados, que passa na peneira de abertura 0,3 mm e fica retida na peneira de abertura 0,15 mm, ou com microesferas de vidro

com as mesmas características granulométricas da areia. A superfície é limpa com auxílio de escova de mão macia e a areia é espalhada sobre a superfície seca por meio de um disco, com movimentos circulares e uniformes, preenchendo os vazios da superfície e obtendo uma área final aproximadamente circular. Mede-se o diâmetro do círculo da ``mancha`` obtida com a areia em quatro direções com aproximação visual de 5 mm; o diâmetro médio D_m , será o resultado da média obtida nas quatro medições (ASTM 2001). A altura H_m é expressa conforme a Equação 2.

$$H_M = \frac{V*4}{Dm^2 * \pi} \quad (\text{Eq.2})$$

Onde:

V: 25000 mm³;

D_m : diâmetro médio da mancha de areia (mm);

H_m : altura média da mancha de areia (mm).

3.1.1.1 Procedimentos de ensaio

Seguindo a padronização do ensaio normalizado pela ASTM E 965-96 (2001), os equipamentos utilizados no ensaio de mancha de areia são um recipiente contendo 25.000 mm³ de material com granulometria dentro das especificações, uma escova para limpeza da superfície, um disco espalhador de base emborrachada com 64 mm de diâmetro e uma régua para medir o diâmetro da mancha circular formada pelo espalhamento do material. Em resumo, o procedimento de ensaio de macha de areia pode ser descrito do seguinte modo:

- Encher os potes com o material granular, de modo a conter o volume de 25,000mm³.
- Escolher o local onde será despejado o material, de forma que seja representativo do trecho a ser analisado;
- Limpar o local escolhido com a escova, para a realização do ensaio;
- Despejar o material granular sobre o pavimento e espalhá-lo em movimentos circulares com o auxílio do disco;

- Quando se percebe que a mancha não cresce mais radialmente deve-se interromper os movimentos com o disco;
- Realiza-se, então quatro medidas do diâmetro defasadas em 45° uma das outras;
- O diâmetro médio da mancha será representado pela média aritmética dos quatro diâmetros medidos e, por fim, pode-se calcular a altura da mancha formada no pavimento.

A sequência de imagens contidas nas Figuras 19 e 20 ilustram algumas das etapas de ensaio envolvidas para determinar a macrotextura com o ensaio da Mancha de areia.



Figura 19 - Etapas envolvidas no ensaio de Mancha de Areia
FONTE: Autoria Própria (2015)



Figura 20 - Etapas envolvidas no ensaio de Mancha de Areia
FONTE: Autoria Própria (2015)

3.1.1.2 Classificação do valor de Hm

A classificação da macrotextura de uma superfície em função do parâmetro Hm está especificada no manual de Restauração de Pavimento Asfáltico (DNIT, 2006), como pode ser observado na Figura 21. As faixas de classificação apresentadas na tabela a seguir foram propostas na norma francesa de 1971 e elaboradas por Pasquet (1968).

Classificação	Limites de Hs
Muito Fina	<0,20
Fina	0,21 – 0,40
Média	0,41 – 0,80
Grossa	0,81 – 1,20
Muito Grossa	>1,20

Figura 21 - Classes de macrotextura pelo método da Mancha de Areia
FONTE: Manual de Restauração de Pavimento Asfálticos (DNIT, 2006)

O manual do DNIT ainda recomenda a faixa de valores para a altura média da mancha de areia de $0,6 \text{ mm} < Hm < 1,2 \text{ mm}$, ou seja, superfícies de pavimentos com textura média a grossa. A limitação quanto ao valor máximo de Hm deve-se aos ruídos gerados em pavimentos com textura muito grossa, causando desconforto ao condutor do veículo.

Nos estudos desenvolvidos por Pasquet (1968) em trechos rodoviários com diferentes tipos de texturas medidas através do ensaio de Mancha de Areia foi possível, além de dividir a macrotextura em cinco classes, correlacionar os valores de Hm com a velocidade de tráfego. Recomendando, assim, a macrotextura adequada para cada tipo de via, conforme pode ser visto na Figura 22.

Macrotextura	Recomendação
Muito Fina	Não deve ser utilizada
Fina	Aplicável em zonas urbanas $V < 80 \text{ km/h}$
Média	Indicada para vias com $80 \text{ km/h} < V < 120 \text{ km/h}$
Grossa	Indicadas para vias rápidas $V > 120 \text{ km/h}$
Muito Grossa	Aplicável em casos especiais

Figura 22 - Recomendações de macrotextura para cada tipo de via

FONTE: (adaptado de Pasquet, 1968)

3.1.2 Ensaio de Drenabilidade

De acordo com (Ferreira, 2002 e Aps, 2006), a medida obtida nesse ensaio é fortemente relacionada com o valor de macrotextura obtido com o ensaio da Mancha de Areia, havendo apenas algumas restrições em superfícies muito abertas ou muito fechadas. O resultado desse ensaio pode ser expresso em termos de tempo ou de vazão média de escoamento.

Nesse trabalho estudou-se o Drenômetro desenvolvido pelo Instituto de Engenharia para Rodovias, Ferrovias e Rochas de Zurique (ISETH). A partir disso, foi confeccionado um modelo do Drenômetro com as mesmas características e funcionalidade do demonstrado na Figura 23, porém ao invés do peso de chumbo ao redor de sua base, foi instalado com ferro fundido tendo em vista a funcionalidade do mesmo, seja somente a melhor estabilidade do aparelho ao pavimento.

3.1.2.1 Princípio de funcionamento

O ensaio de drenabilidade é uma forma indireta de avaliar a macrotextura do pavimento, pois é com base nas características dela que se dará a capacidade de

escoamento superficial da água. O princípio de funcionamento deste ensaio é simular as condições de drenagem superficial que está entre a área de contato pneu-pavimento, medindo o tempo de escoamento de um volume de 0,75 litros de água armazenada no equipamento.

O equipamento consiste de um cilindro plástico com um peso de chumbo em sua base para fixá-lo melhor à superfície e no seu fundo há um revestimento de borracha com um furo pelo qual ocorre o escoamento da água armazenada. Para facilitar o ensaio existem duas linhas de demarcações no cilindro para delimitar o volume de água de interesse para registro do tempo de escoamento. O equipamento conta ainda com uma rolha acoplada no furo do fundo do cilindro que deve ser removida quando se inicia o ensaio. Na Figura 23, podem ser verificadas as medidas padronizadas do Drenômetro, conforme o modelo de ISETH.

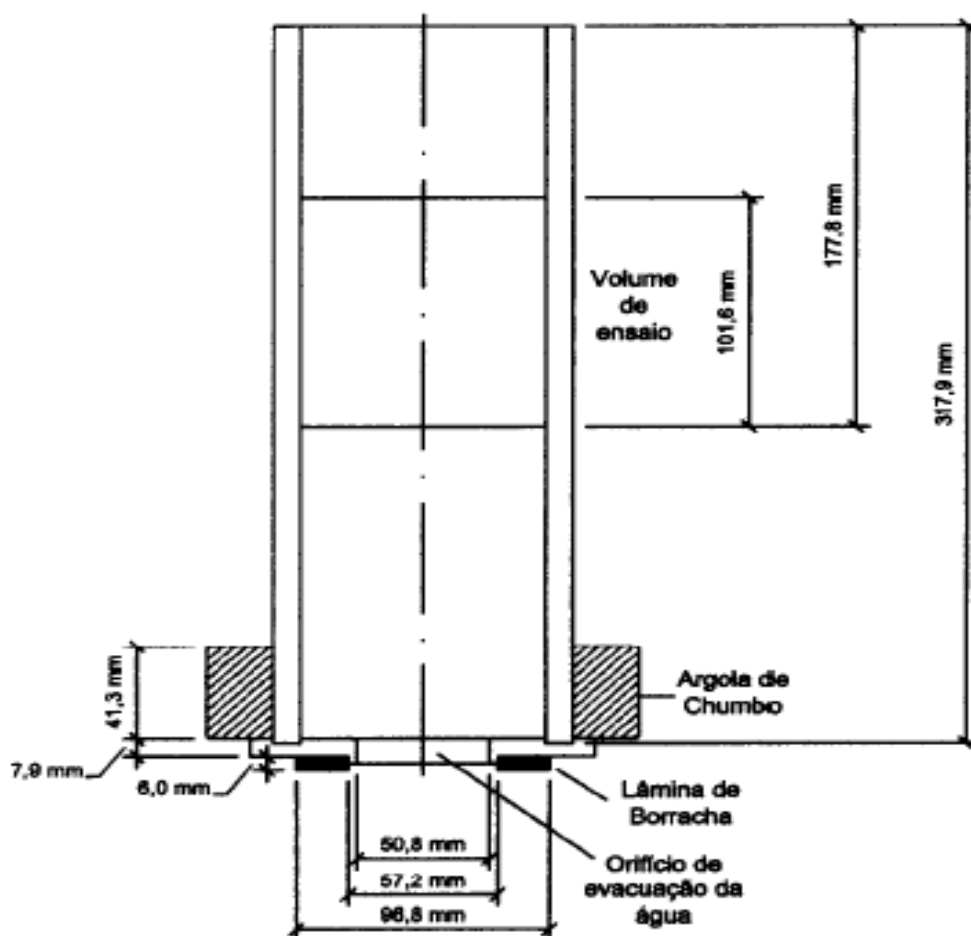


Figura 23 - Dimensões do Drenômetro ISETH (Ferreira, 2002)
 FONTE: Ferreira (2002)

3.1.2.2 Procedimentos de ensaio

O ensaio de Drenabilidade está especificado pela norma ASTM E-2380 (2005). Inicialmente, deve-se posicionar o equipamento sobre a superfície a ser avaliada de modo que o equipamento não fique em contato com um agregado saliente no revestimento, devendo-se molhar o pavimento e a base emborrachada do cilindro. As etapas do procedimento de ensaio são as seguintes:

- Escolher o local onde será posicionado o equipamento, de forma que seja representativo do trecho a ser analisado;
- Molhar a superfície de contato entre o equipamento e o pavimento;
- Encher o cilindro de água;
- Remover a rolha de vedação do furo no fundo do cilindro;
- Acionar o cronômetro quando nível o de água passar pela primeira linha delimitadora;
- Aguardar que o nível de água passe pela segunda linha delimitadora e parar o cronômetro;
- Repete-se três vezes o ensaio e o tempo médio representa a capacidade de escoamento para a superfície ensaiada.

A sequência de imagens contida na Figura 24 ilustra as etapas de ensaio envolvidas para determinar a capacidade de escoamento com o ensaio de Drenabilidade.



Figura 24 - Etapas envolvidas no ensaio de Drenabilidade
FONTE: Aatoria Própria (2015)

3.2 DETERMINAÇÃO DO ÍNDICE DE GRAVIDADE GLOBAL

A avaliação da funcionalidade de um pavimento está diretamente relacionada às características de sua superfície e como esta pode interferir na dirigibilidade, pois o estado do pavimento é o mais importante no ponto de vista dos usuários e os defeitos e irregularidades são os principais fatores que interferem no conforto ao rolamento. É possível definir a situação das condições de um pavimento fazendo análise dos defeitos e causas, determinando através de valores numéricos a classificação de seu estado geral (BERNUCCI et al. 2006, p. 403 apud PIRES, 2011).

A Norma DNIT 006 (BRASIL, 2003B, p.2 apud Pires, 2011 p.25) “estabelece um método de levantamento sistemático de defeitos e atribuições de um Índice de Gravidade Global (IGG)”.

Para Bernucci et al. (2006, p. 424 apud Pires, 2011) é a avaliação realizada em algumas estações que segundo DNIT nas rodovias de pista simples estas estações são realizadas a cada 20m, alternando entre as faixas, resultando em uma verificação a cada 40m a cada faixa. Em rodovias de pista dupla a cada 20m na faixa que for mais solicitada pelo trafego de cada sentido.

Para este estudo se estabeleceu uma análise á 3m antes e 3m depois da estaca demarcada, compreendendo uma área de 6m de extensão e largura igual a faixa a ser avaliada, sendo assim não se analisou toda a área da pista como pode ser visto na Figura 25 a seguir.

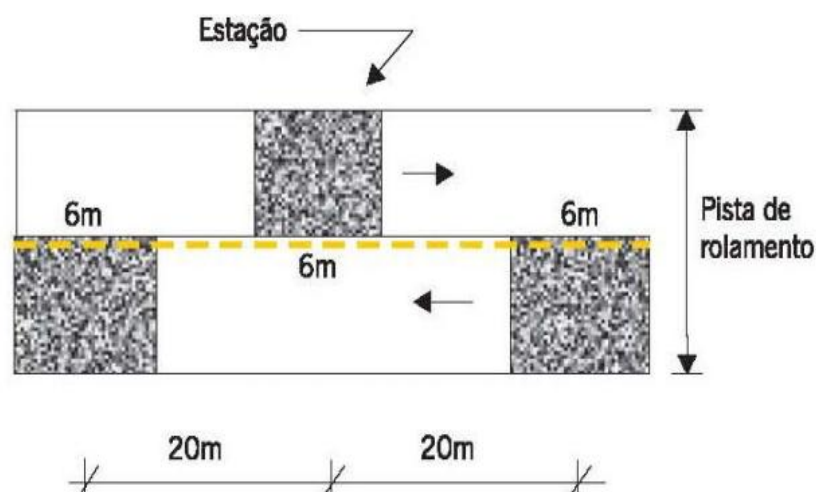


Figura 25 – Exemplo de demarcação de áreas para inventário de defeitos
FONTE: Bernucci et al, 2006 apud Pires



Figura 26 – Exemplo de demarcação de áreas para inventário de defeitos
FONTE: Autoria Própria (2015)



Figura 27 – Exemplo de demarcação de áreas para inventário de defeitos
FONTE: Autoria Própria (2015)

Conforme a Norma DNIT 006 (BRASIL, 2003b, p.2 apud Pires, 2011) são utilizados dos seguintes equipamentos para realização de avaliação da superfície:

- Treliça de alumínio com 1,2m de comprimento da base, com uma régua móvel instalada em seu ponto médio que é utilizada para medir as flechas da trilha da roda em milímetros. Conforme Figura 28.

- Trena com 20m, tinta, pincéis entre outros equipamentos e materiais que são utilizados para marcação e localização dos pontos na pista.

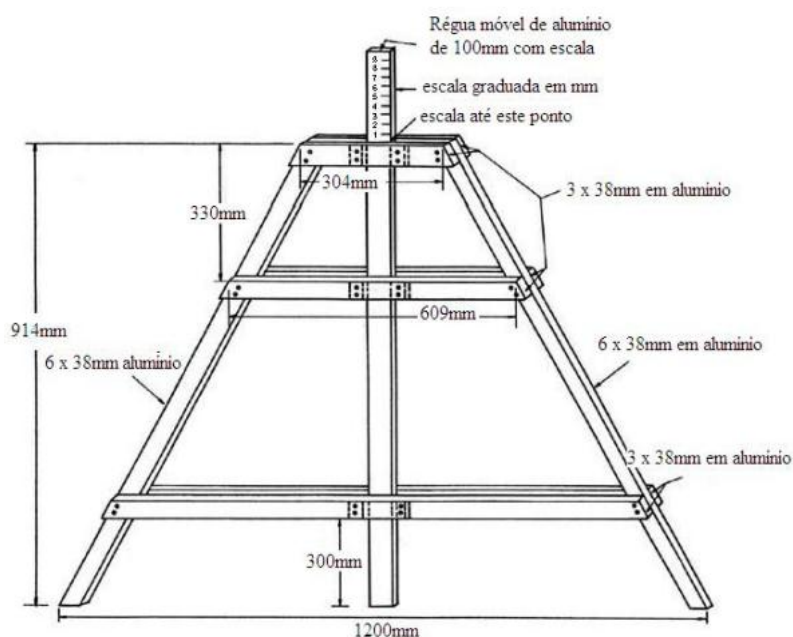


Figura 28 – Treliça para medição de flecha da trilha da roda
FONTE: DNIT 006 (BRASIL, 2003b, p.6 apud Pires)

Para a realização do ensaio de medição de flecha, uma vez que não se tinha posse da treliça padronizada por DNIT (2006), utilizou-se de uma base em madeira com distancia de 1,20m de eixo com um fio instalado a 0,10m de altura. Sendo assim, a base em madeira era instalada entre as bordas externas e o centro da pista e na borda interna até o centro da pista, ao efetuar as medições, tinha-se como altura inicial 0,10m, valores superior a isso eram consideradas as flechas dos eixos de rolagem. O procedimento é demonstrado na Figura 29.



Figura 29 –Medição de flecha da trilha da roda
FONTE: Autorial Própria (2015).

Em relação às flechas na pista a Norma DNIT 006 (BRASIL, 2003b, p.3 apud Pires, 2011) caso o ponto demarcado para a verificação da flecha apresente panelas ou remendos que inviabilizem a medição, a treliça pode ser deslocada para outro ponto da área pavimentada demarcada.

De acordo com Bernucci et al. (2006, p.415 apud Pires, 2011) após o levantamento dos dados relativo ao pavimento, deve-se realizar uma análise dos defeitos e subdividí-los em classes que apresentam as mesmas características.

Assim é possível contabilizar a ocorrência de defeitos verificados nas estações em estudo.

3.3 DETERMINAÇÃO DA GEOMETRIA DA PISTA

3.3.1 Superelevação

A determinação da superelevação é realizada a partir do estudo do movimento de um veículo em trajetória circular, com dada velocidade tangencial, numa pista inclinada transversalmente. É expressa em proporção (m/m) ou em percentagem(%).

O manual do DNER (1999) estabelece valores máximos para a superelevação em função da velocidade diretriz para cada classe de rodovia. Há casos em que a superelevação é desnecessária, estes casos são quando as curvas possuem raios muito grandes em relação à velocidade diretriz e as forças centrífugas são tão pequenas que podem ser desconsideradas. A Tabela 4 apresenta os valores dos raios (R) acima dos quais a superelevação é dispensável.

Tabela 4 – Raios que dispensam a superelevação

Velocidade diretriz (km/h)	30	40	50	60	70	80	90	≥100
Raio (m)	450	800	1250	1800	2450	3200	4050	5000

Fonte: DNER (1999)

Para raios (R) menores dos que os indicados na tabela acima, é necessário a utilização da superelevação nos trechos em curva. O valor mínimo de superelevação admissível, conforme DNER (1999) é de 2%, e o valor máximo admissível para projetos de rodovias é de 12%. A Tabela 5 apresenta os valores máximos da superelevação admissível com os correspondentes tipos de situação em que se aplicam.

Tabela 5 – Valores máximos da superelevação admissível

Superlevação máxima ($e_{máx}$)	Tipos de situação aplicável
12%	Casos de melhorias e correção de situações perigosas existentes (taxa máxima prática admissível)
10%	Rodovias Classe 0 (em geral) e Classe I (regiões planas e onduladas)
8%	Classe I (região montanhosa) e demais classes
6%	Projetos em áreas urbanas com frequentes interseções
4%	Projetos em áreas com intensa ocupação do solo e com poucas condições para variar as inclinações transversais da pista

Fonte: DNER (1999)

Para a determinação dos dados referentes à superelevação, foi feita a locação no trecho escolhido utilizando a estação total TPS300 Basic, posicionando os prismas nos bordos externos e internos da pista assim como o eixo central da rodovia e o eixo de cada faixa de rolagem.

No primeiro ponto locação dos bordos externos da pista, no ponto seguinte com distância aproximada de 10 metros foram locados os bordos externos e internos da pista, eixo central da rodovia e o eixo de cada faixa de rolagem. Repetindo assim essa distribuição até o final de cada trecho (curva). A Figura 30 demonstra uma locação realizada.

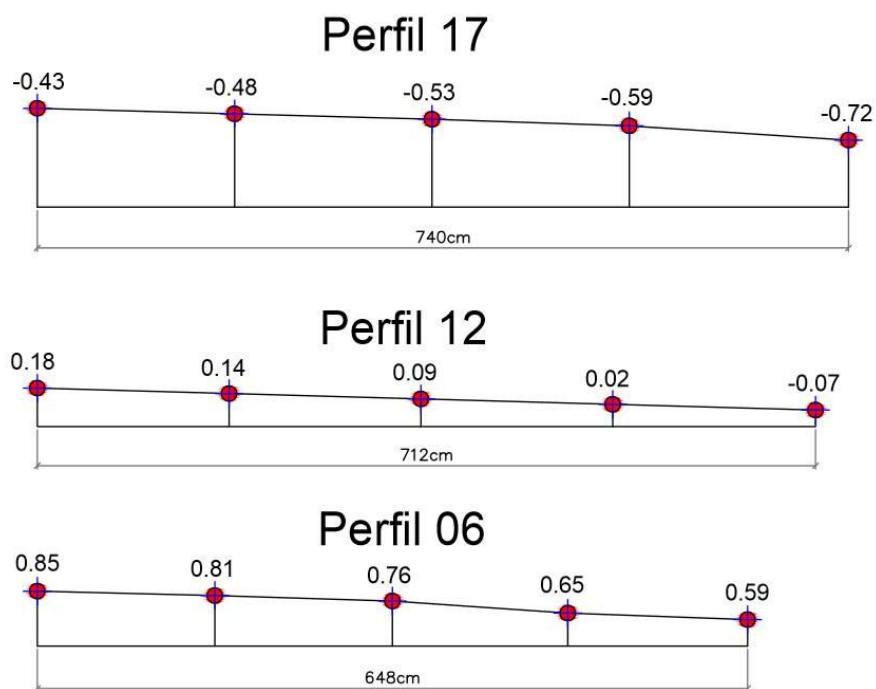


Figura 30 – Perfil de Superelevação
FONTE: Autoria Própria (2015)

3.3.2 Determinação dos Raios mínimos de Curvatura

Para a determinação do raio mínimo de curvatura primeiramente foi realizada a locação da curva utilizando a estação total TPS300 Basic com prismas posicionados nos bordos externos da rodovia com distância aproximada de 10 metros entre cada ponto. Feito isso, foi calculado o raio mínimo pelas fórmulas contidas no item 2.7.3. A Figura 31 expressa a locação de uma curva com o raio já calculado.

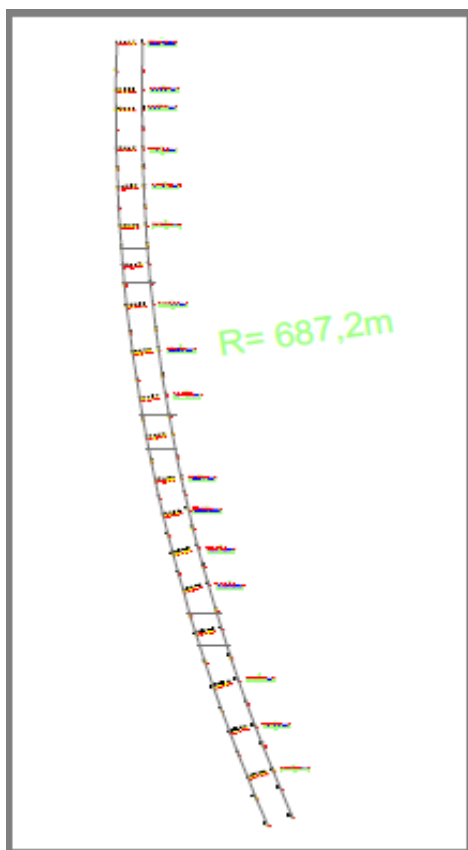


Figura 31 – Raio Mínimo de Curvatura
FONTE: Aatoria Própria (2015)

4. RESULTADO E DISCUSSÕES

Serão apresentados aqui os resultados obtidos através dos ensaios e análises realizadas em campo, representando as características do pavimento em estudo, da PR-483. Os resultados serão discutidos e analisados diante da metodologia aplicada e referencial teórico utilizado.

Dos pontos críticos avaliados, buscou-se analisar macrotextura, qualidade superficial e aspectos geométricos do pavimento.

O detalhamento dos pontos críticos pode ser analisado na Figura 32.

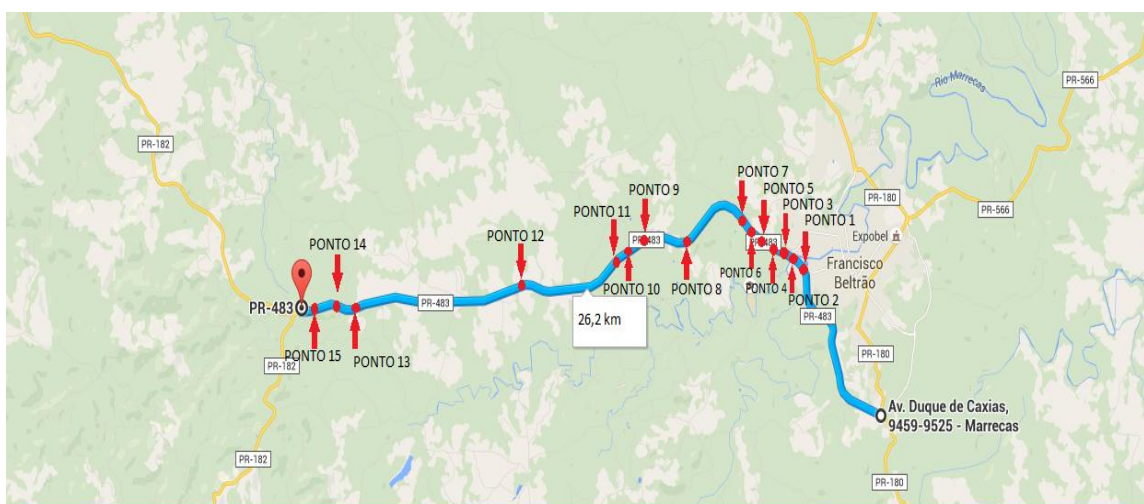


Figura 32 – Localização dos Pontos Críticos
FONTE: Adaptado do Google Maps

4.1 AVALIAÇÃO DA MACROTEXTURA

4.1.1 Mancha de Areia

Após realizar os ensaios de campo, em relação aos estudos de macrotextura, obteve-se resultados para Mancha de Areia com Hm (mm) variando de 0,22mm a 1,13mm. Seguindo as classes de Hm demonstrado pela DNIT (2006), o pavimento

apresentou características da textura grosseira/aberta, média e fina/fechada conforme mostra Tabela 6.

Tabela 6 – Resultados dos ensaios de Mancha de Areia e Classificação da Macrotextura

Ponto	Hm (mm)	Classificação
1	0,56	Média
2	1,04	Grosseira/Aberta
3	0,59	Média
4	0,55	Média
5	1,13	Grosseira/Aberta
6	0,43	Média
7	0,84	Grosseira/aberta
8	0,39	Fina/Fechada
9	0,31	Fina/Fechada
10	0,4	Fina/Fechada
11	0,46	Média
12	0,78	Média
13	0,22	Fina/Fechada
14	0,37	Fina/Fechada
15	0,6	Média

FONTE: Aatoria Própria (2015)

No trecho observou-se elevada variação de textura em pequenas distâncias, dependendo muito da área de rolagem das rodas dos veículos e do desgaste apresentado.

Certas ocasiões o pavimento apresentava áreas muito distintas entre os locais com maior contato dos pneus, normalmente em trilhos de rodas, a textura era mais fina/fechada, já em pontos em que tinha menos passagem de rodas o pavimento apresentava-se grosseiro/aberto. Porém essa análise não se verifica em todos os pontos, sendo que em trechos aonde o pavimento possuía desgaste significativo nos trilhos de rodas, a textura apresentava-se mais grosseira/aberta do que no centro da pista, sendo assim os resultados obtidos no ensaio variam com as características físicas superficiais que o pavimento apresenta.

Conforme Figura 33, é possível verificar a variação da textura durante o ensaio de Mancha de Areia. Nas imagens 1, 2 e 3 da figura citada, o ensaio é realizado no Ponto 5, verifica-se que o ensaio gerou 2 tipos de resultados diferentes

em pequenas distâncias de amostras, gerando uma classificação aberta para os trilhos de rodas e uma fechada para o centro da pista. Já na imagem 4, é possível analisar a classificação do Ponto 14 como fechada, sendo localizada nos trilhos de rodas. Sendo assim, é possível analisar grande diferença da textura em pontos próximos no mesmo trecho em estudo.

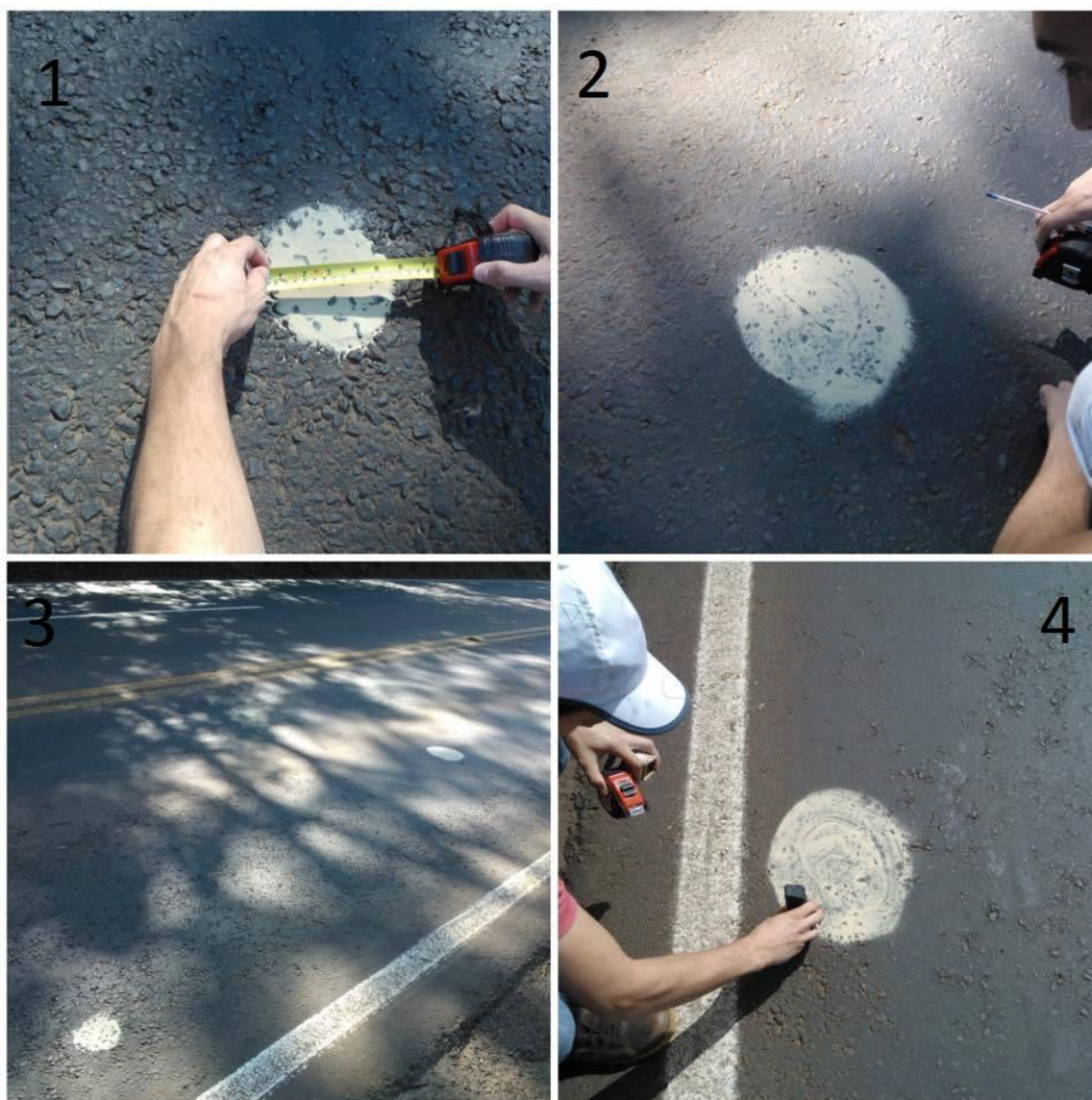


Figura 33 – Realização do Ensaio de Mancha de Areia em Pontos distintos
FONTE: Autoria Própria (2015)

Fazendo a análise dos dados da Tabela 6, pode-se concluir que a atual Macrotextura do pavimento não está fora dos padrões normativos, levando em

consideração que nenhum dos pontos em estudos apresentou classificação muito fina ou muito grossa, que seriam as situações extremas das texturas e que interferem diretamente no conforto e segurança dos condutores, apenas 3 pontos (2, 5 e 13) apresentam valores consideravelmente distantes de uma classificação média, que seria adequada para o pavimento em estudo.

Os resultados dos estudos da Macrotextura pelo método da Mancha de Areia foram são comprovados pelo teste de drenabilidade conforme item 4.1.3.

4.1.2 Drenabilidade

Ao realizar os ensaios de Drenabilidade conforme procedimentos da ASTM E-2380, obteve-se os resultados das três amostras coletadas cada ponto, com isso o tempo médio de drenagem conforme mostra tabela 7.

Tabela 7 – Resultados ensaios drenabilidade

Ponto	t1 (s)	t2 (s)	t3 (s)	Tm (s)
1	28,17	26,93	33,03	29,38
2	7,52	13,34	9,96	10,27
3	18,31	26,13	34,93	26,46
4	34,12	22,32	38,45	31,63
5	4,49	12,02	4,93	7,15
6	35,94	38,20	25,02	33,05
7	14,30	19,81	10,88	15,00
8	39,34	26,00	37,12	34,15
9	37,49	30,97	52,79	40,42
10	49,51	24,73	29,06	34,43
11	60,84	18,70	21,37	33,64
12	8,86	15,67	21,21	15,25
13	49,86	59,81	70,00	59,89
14	39,11	47,20	24,14	36,82
15	21,01	20,99	22,84	21,61

FONTE: Autoria Própria (2015)

Nos resultados obtidos, observou-se em cada amostra realizada no pavimento, que o tempo de escoamento tinha relação com a superfície física do pavimento, ou seja, o tempo estava diretamente relacionado a textura que o mesmo apresentava.

Em pontos em que se notava determinado grau de deterioração ou desgaste, surgiram determinados vazios entre os agregados, que facilitavam o escoamento na casa dos 10 segundos. Já quando o pavimento apresentava superfície em condições mais favoráveis, ou quando notava-se o alisamento das pistas, o escoamento ficava superior aos 40 segundos.

Através da Figura 34, é possível analisar que a imagem 1 apresenta um aspecto físico mais áspero, proporcionando assim uma textura mais aberta. Enquanto as imagens 2, 3 e 4 apresentam nas faixas de rolagem uma superfície mais lisa, consequentemente apresentando uma drenagem mais lenta.



Figura 34 - Realização do Ensaio de Drenabilidade
FONTE: Autoria Própria (2015)

4.1.3 Relação Drenabilidade x Mancha de Areia

Com os resultados obtidos nos ensaios de Mancha de Areia e de Drenabilidade, foi estabelecida uma relação entre o tempo de drenagem de água no Drenômetro e altura de mancha para cada um dos 15 pontos estudados que estão ilustrados na Figura 35.

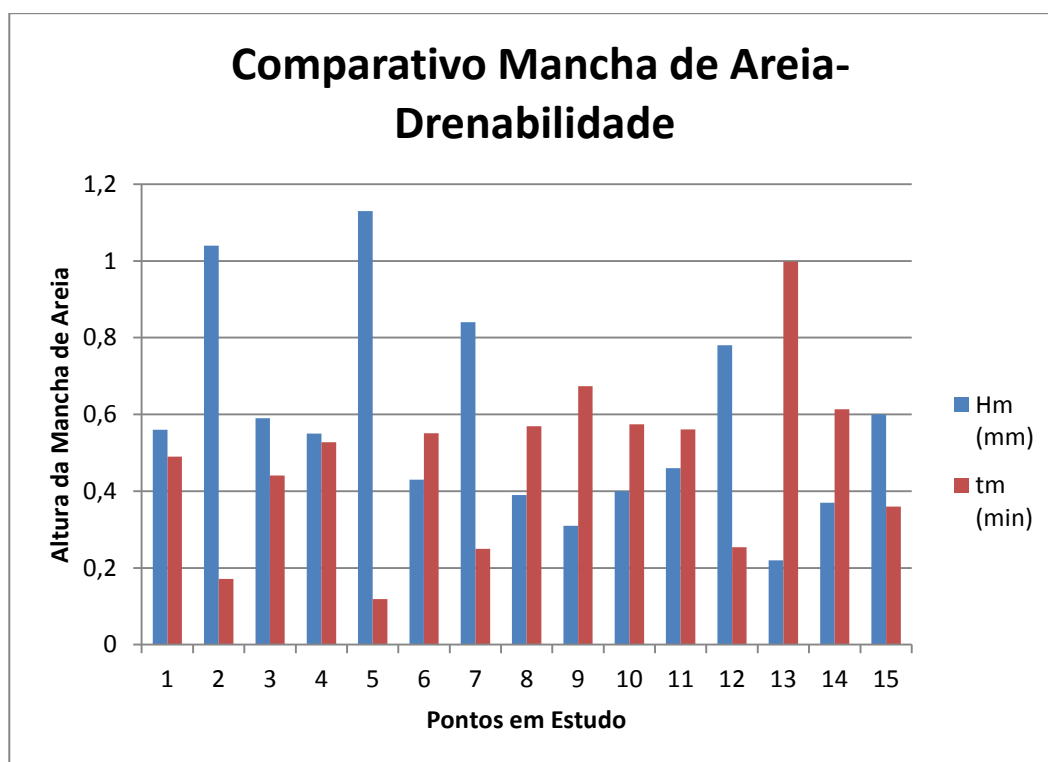


Figura 35 – Comparativo de resultados Mancha de areia x Drenômetro
FONTE: Aatoria Própria (2015)

O Drenômetro comprova a Mancha de Areia através da proporção inversa entre os resultados, ou seja, quanto mais grosseira/aberta for a classificação da mancha com Hm de maior valor, menor será o tempo de drenagem do reservatório do Drenômetro, e caso a Mancha de Areia apresente uma classificação fina/fechada com um Hm menor, conseqüentemente o Drenômetro apresentara um tempo médio maior.

Conforme demonstrado na Figura 35, é possível compreender melhor os resultados. Os pontos 1, 3, 4 e 11 são exemplos de classificações médias para a mancha de areia, sendo assim o Drenômetro apresentou tempos médios mais aproximados aos valores dos Hm. Já nos pontos 2 e 5, como já visto anteriormente, apresentou classificação grosseira/aberta, em consequência disso, o Drenômetro apresentou tempos médios mais baixos, pelo fato da textura ser mais aberta, o escoamento se dava rapidamente. Em relação a textura fina/fechada, entre os pontos que apresentaram esta classificação, apenas o ponto 13 apresentou valores muito baixos do Hm, sendo assim o Drenômetro comprovou com um tempo médio mais elevado.

Portanto, os ensaios de drenabilidade juntamente com mancha de areia demonstraram que o pavimento apresenta textura variando ente fina/fechada e grosseira/fechada, não incluindo resultados extremos da classificação de macrotextura, o que leva a considerar o trecho do pavimento em estudo transitável em níveis razoáveis de textura.

4.2 AVALIAÇÃO DO IGG

Conforme a Norma DNIT 006 (2003), obteve-se os Índices de Gravidade Global do pavimento, que resultaram nos dados do Apêndice H e nas seguintes estatísticas que apresenta a Figura 36.

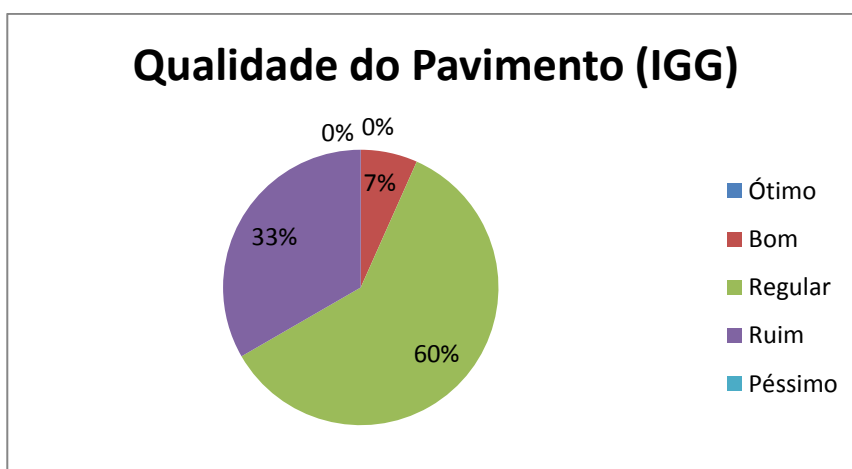


Figura 36 –Qualidade do Pavimento pelo Método do IGG
FONTE: Autoria Própria (2015)

Foi possível analisar nos pontos estudados, que a maior frequência de patologias que o pavimento apresentava eram trincas longitudinais, desgaste e leves flechas nos trilhos de rodas. Alguns pontos durante avaliação despertaram maior dificuldade do que outros em análises das suas características, conseqüentemente geraram classificações opostas uns dos outros.

Na Figura 37 é possível analisar o desgaste em uma intervenção de remendo profundo e flechas nos trilhos de rodas principalmente na estação 2. As demais ocorrências não interferiam significativamente no conforto e segurança, pois se tratavam de algumas trincas longitudinais e leve desgaste.



Figura 37 – Qualidade do Pavimento pelo Método do IGG
FONTE: Autoria Própria (2015)

Dentre os pontos que apresentaram melhores condições de rolagem, destaca-se o ponto 1, onde apresentou apenas pequenas fissuras longitudinais e baixa flecha nos trilhos de rodas, obtendo uma classificação no ensaio de IGG como Bom pavimento, como mostra Figura 38.



Figura 38 – Qualidade do Pavimento pelo Método do IGG
FONTE: Autoria Própria (2015)

O ponto que apresentou pior classificação com o estudo foi o Ponto 3 conforme mostra Figura 39. Neste ponto, não pode-se considerar o trecho intransitável, porem surgiram diversas “aberturas” em varias direções do pavimento

que não são caracterizadas pelas normas, porém reduzem a qualidade e conforto do pavimento, sendo assim classificado como Ruim pelo ensaio de IGG.



Figura 39 – Qualidade do Pavimento pelo Método do IGG – Ponto 3
FONTE: Autoria Própria (2015)

Outras ocorrências que surgiram ao decorrer dos ensaios foram algumas panelas, exsudação, trincas interligadas tipo couro de jacaré e remendos.

A situação final após a verificação dos pontos pode ser analisada a seguir pela Tabela 8, e o detalhamento dos valores obtidos para o cálculo do IGG pode ser compreendido no Apêndice B.

Tabela 8 - Situação do Pavimento obtido pelo teste de IGG

PONTO	SITUAÇÃO
1	BOM
2	RUIM
3	RUIM
4	REGULAR
5	RUIM
6	REGULAR
7	REGULAR
8	REGULAR
9	RUIM
10	REGULAR
11	REGULAR
12	REGULAR
13	RUIM
14	REGULAR
15	REGULAR

FONTE: Autoria própria (2015)

4.3 AVALIAÇÃO GEOMÉTRICA

Seguindo os procedimentos adotados pelo DNER (1999), realizou-se a locação de quatro curvas pertencentes ao trecho em estudo e se analisou os raios e superelevação das mesmas.

Para as curvas 1, 2, 3 e 4 representadas nas Figura 40 verificou-se pelos raios obtidos, considerando velocidade diretriz de 110km/h, que é indispensável a realização de superelevação nas mesmas, pois para DNER (1999), somente para curvas com raio superior a 5000m é dispensável a superelevação conforme Tabela 4 citada anteriormente.

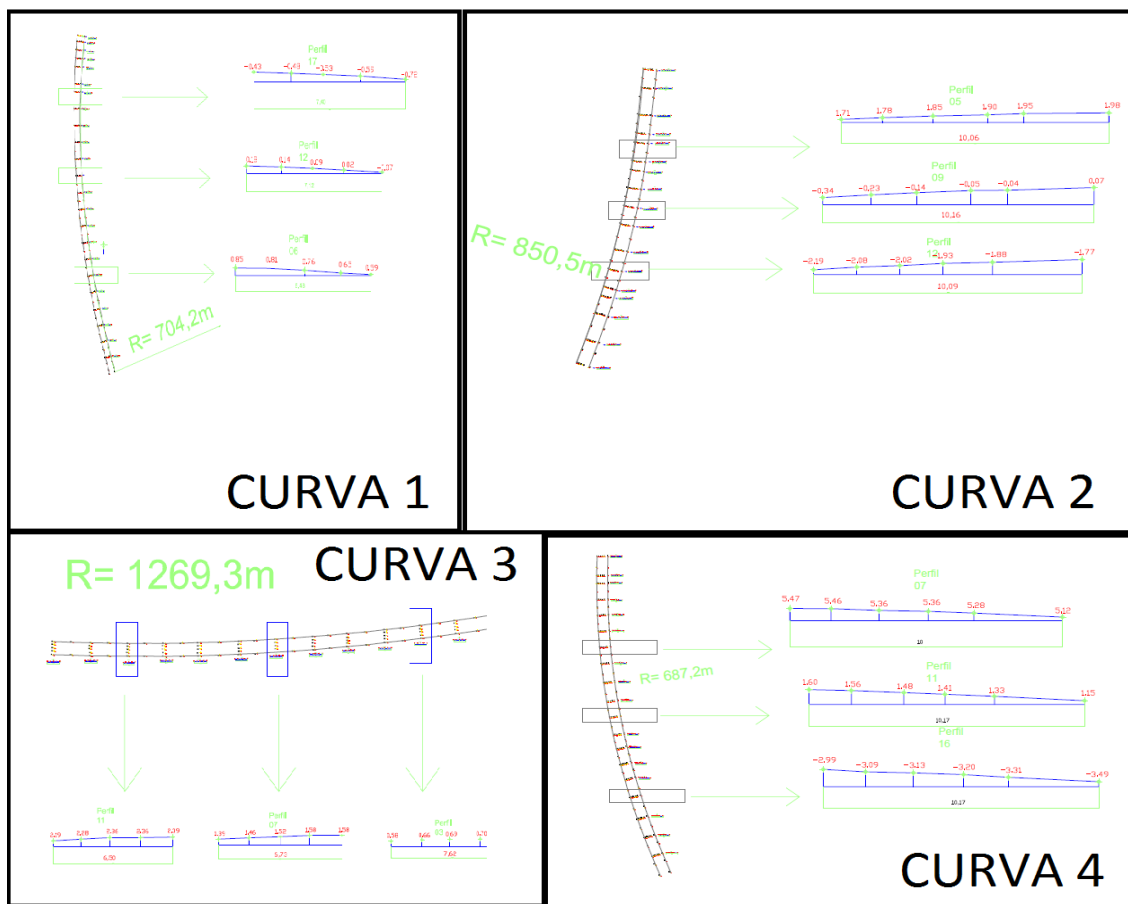


Figura 40 – Geometria das Curvas estudadas
FONTE: Autoria Própria (2015)

Padronizando a rodovia em estudo como Classe II conforme classificação da norma do DNER (1999), por se tratar de uma rodovia de pista simples e seguindo os padrões da mesma, adotamos superelevação máxima de 8% e coeficiente de atrito transversal para velocidade diretriz de 110km/h de 0,12.

Seguindo a metodologia aplicada, o raio mínimo que estas curvas devem apresentar é de 477m. Sendo assim, todas as curvas em estudos se encaixam na regulamentação do DNER (1999), por possuírem valores de raios maiores que os mínimos requeridos pela norma.

Em relação às superelevações, não excedem os 8% em nenhuma das curvas e não possuem superelevações negativas, portanto também estão padronizadas pelo DNER (1999).

Para melhor compreender a situação dos pontos estudados, a Figura 41 demonstra os ensaios realizados e respectivamente os resultados obtidos.

Ponto	Mancha de Areia	Drenabilidade	IGG	Superelevação	Raio de Curvatura
1	0,56	0,49	BOM	4,04	704,2
2	1,04	0,17	RUIM	-	-
3	0,59	0,44	RUIM	-	-
4	0,55	0,53	REGULAR	-	-
5	1,13	0,12	RUIM	-	-
6	0,43	0,55	REGULAR	4,56	850,5
7	0,84	0,25	REGULAR	3,07	1269,3
8	0,39	0,57	REGULAR	-	-
9	0,31	0,67	RUIM	-	-
10	0,4	0,57	REGULAR	-	-
11	0,46	0,56	REGULAR	4,97	687,2
12	0,78	0,25	REGULAR	-	-
13	0,22	1	RUIM	-	-
14	0,37	0,36	REGULAR	-	-
15	0,6	0,61	REGULAR	-	-

Figura 41 – Resultado dos ensaios
FONTE: Aatoria Própria (2015)

5 CONCLUSÃO

Este trabalho teve como objetivo avaliar a funcionalidade do pavimento asfáltico da PR-483 que liga Francisco Beltrão à Ampére (PR), devido ao alto índice de acidentes.

Surgiu a ideia de verificar as características da rodovia em pontos críticos de acidentes de trânsito, muitas vezes pela quantidade de noticiários envolvendo vítimas no trecho citado. Sendo assim foi proposto analisar o trecho para obter dados e fazer o levantamento das qualidades apresentadas no pavimento.

A partir da avaliação pelo método da Mancha de Areia, concluiu-se que o trecho apresenta uma textura intermediária na maioria dos pontos estudados ao longo dos 26,2km totais, aonde apenas três apresentam valores relativamente próximos aos valores extremos de textura, porém em nenhum momento atingem valores excedentes, que poderiam comprometer a segurança e conforto de um condutor. Para esses três pontos, uma readequação em seu pavimento poderia melhor atender o tráfego na rodovia.

Com a realização da drenabilidade do pavimento, foi possível comprovar os resultados obtidos no ensaio da macrotextura e observar que os valores são próximos aos recomendáveis, para que os veículos tenham aderência suficiente sem apresentar elevado consumo de pneus ou significativo volume de ruídos gerados pela textura excessivamente aberta.

A partir do levantamento topográfico, obtiveram-se os raios de curvatura e a superelevação. Baseado no referencial teórico e na metodologia aplicada, foi possível verificar que os quatro pontos analisados apresentam valores dentro dos padrões recomendados, e que os valores obtidos podem ser aceitos como parâmetros que oferecem boa segurança ao condutor.

Com a realização do ensaio IGG, foi possível analisar as patologias e ocorrências de desgaste que o pavimento apresentou, com o intuito de verificar se o pavimento possuía condições de tráfego. O pavimento apresentou-se na maioria das estações como um pavimento regular, com algumas fissuras e trincas decorrentes do volume de tráfego e ao desgaste natural da passagem de veículos.

Outro fator que influencia diretamente na qualidade do pavimento e nas condições de dirigibilidade são as flechas nos trilhos de rodas, durante a avaliação

do trecho em estudo, as flechas surgiram na maioria dos pontos, porém com valores de média aproximados e uma variância baixa, o que gera pouca influência na qualidade. Uma patologia pouco frequente que surgiu durante o ensaio foi o baixo número de panelas, e quando surgiam com dimensões pequenas que não influenciavam consideravelmente na condução.

Diante disso é possível concluir que a qualidade física do pavimento está em condições admissíveis de uso, trata-se de um pavimento que possui certo desgaste devido ao seu grande volume de tráfego pesado, por se tratar de uma região de grande influência comercial para o setor de transporte rodoviário. No entanto como todo pavimento deve receber manutenção periódica a fim de evitar que as condições apresentadas no trabalho, na maioria das vezes regulares, não se tornem impróprias e passem a ser condicionantes da insegurança e desconforto de seus usuários.

Para o ponto treze que apresentou o menor valor de altura da mancha de areia, talvez uma solução cabível seria a realização de uma Camada Porosa de Atrito no pavimento naquele ponto, assim aumenta-se o contato entre pneu-pavimento e proporcione ao condutor maior segurança principalmente em dias de pista molhada.

Por fim, deixa-se como sugestão para trabalhos futuros a verificação da sinalização, volume de tráfego e procedimentos de segurança para realização de ensaios de futuros trabalhos realizados em rodovias, a fim de comprovar se a rodovia conforme está projetada, pode ter alguma influência nos índices de acidentes e no número de óbitos registrados nos pontos críticos do trecho em estudo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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.

ABPv, **Associação Brasileira de Pavimentação. Informativo técnico sobre avaliação da resistência à derrapagem através de aparelhagem portátil**. Boletim Técnico, Rio de Janeiro, n. 18, 1998.

BERNUCCI, L. B. et al. **Comparação de comportamento de diferentes revestimentos asfálticos quanto às características funcionais de aderência e de ruído**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE RODOVIAS E CONCESSÕES, 5., 2007, Campinas. **Anais...** Campinas: CBR&C, 2007.

BUCHARLES, L. G. E. **Crítérios para Avaliação Pericial da Macro e Microestrutura de Pavimento Asfáltico em Local de Acidente de Trânsito**. Universidade de São Paulo. São Carlos – SP, 2014.

DNIT... **Manual de Pavimentação**. 3ª Ed. Rio de Janeiro, 2006

DNIT, **Manual de Restauração de Pavimentos Asfálticos** – 2. Ed – Rio de Janeiro, 2006.

DNER, **Manual de Projeto Geométrico de Rodovias Rurais**. Rio de Janeiro, 1999.

FERREIRA, P. N. Avaliação da macrotextura de trechos pavimentos de rodovias estaduais situadas na região singular do município de Florianópolis. 2002. 161 f. **Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil)**. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2002.

FLINTSCH, G. W.; LÉON, E de; MCGHEE, K. K.; AL-QADI, I. L. Pavement surface macrotexture measurement and applications. **Transportation Research Record**, Washigton, n. 1860, p. 168-177. 2003.

GONÇALVES, F. J. P. Estudo do Desempenho de Pavimentos Flexíveis a partir de Instrumentação e Ensaios Acelerados. 2002. 467 fls. **Tese de Doutorado**. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2002.

LUM, H.; REAGAN, J. A. Interactive highway safety desing model: accident predictive module. **Public Roads**, Winter, 1995.

MARQUES, G. L. O. **Notas de Aula da Disciplina. Pavimentação**. Laboratório de Pavimentação. UFJT, 2012.

MATTOS, J. R. G. Avaliação da aderência pneu-pavimento e tendências de desempenho para a rodovia BR-290/RS. 139 fls. **Dissertação (Pós Graduação em Engenharia Civil)**. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2009.

NODARI, C. T. Método de avaliação da segurança potencial de segmentos rodoviários rurais de posta simples. 2003. 201 fls. **Tese (Doutorado em Engenharia de Produção)**. Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2003.

NEGRINI NETO, O.; KLEINUBING, R. **Tratado de perícias criminalísticas: dinâmica dos acidentes de trânsito: análises, reconstruções e prevenção**. Campinas. Millenniun, 2012.

SABEY, B. E. Road safety and value for money. **Transport and Road Research Laboratory**, UK, Supplementary Report 581.1980.

SANCHES, F. G.; GRANDINI, F. H. B.; BAIERLE JUNIOR, O. Avaliação da Viabilidade Financeira de Projetos com Utilização do Asfalto-Borracha em Relação ao Asfalto Convencional. **(Trabalho de Conclusão de Curso)** Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2012.

SENÇO, W. 1929. **Manual de técnicas de pavimentação**. Vol. 1. 2ª ed. São Paulo. Editora PINI, 2008.

SILVA, P. F. A. **Manual de Patologia e manutenção de pavimentos**. Vol. 1. 2ª ed. São Paulo. Editora PINI, 2008.

SPECHT, L. P. et al, **Avaliação da macrotextura de pavimentos através do ensaio de mancha de areia**. Teoria e Prática na Engenharia Civil, n.10, p.30-38, Julho, 2007.

APÊNDICE A – PLANILHA PM ACIDENTES OCORRIDOS

Acidentes do trecho selecionado											
ACIDENTES OCORRIDOS ENTRE 01/01/2014 E 23/09/2014 COM 49 FERIDOS E 7 MORTOS											
BOLETIM	DATA	HORARIO	RODOVIA	TRECHO	KM	METROS	LOCAL	PERFIL	TIPOS	MORTES	FERIDOS
6G/0171/2014	03/05/2014	05:20	48350010EPR	ENTR. PR/180(FRANCISCO BELTRÃO) - ENTR. PR/182 (JACUTINGA)	2	600	RURAL	RAMPA	OUTROS	0	0
6G/0157/2014	22/04/2014	17:30	48350010EPR	ENTR. PR/180(FRANCISCO BELTRÃO) - ENTR. PR/182 (JACUTINGA)	4	100	RURAL	RAMPA	COLISÃO TRANSVERSAL	0	0
6G/0215/2014	04/06/2014	10:45	48350010EPR	ENTR. PR/180(FRANCISCO BELTRÃO) - ENTR. PR/182 (JACUTINGA)	5	600	COMERCIAL	NIVEL	COLISÃO LONGITUDINAL	0	0
6G/0249/2014	08/07/2014	17:20	48350010EPR	ENTR. PR/180(FRANCISCO BELTRÃO) - ENTR. PR/182 (JACUTINGA)	5	600	RESIDENCIAL	NIVEL	COLISÃO TRANSVERSAL	0	1
6G/0287/2014	09/08/2014	00:30	48350010EPR	ENTR. PR/180(FRANCISCO BELTRÃO) - ENTR. PR/182 (JACUTINGA)	5	600	COMERCIAL	NIVEL	COLISÃO TRANSVERSAL	0	0
6G/0063/2014	14/02/2014	10:40	48350010EPR	ENTR. PR/180(FRANCISCO BELTRÃO) - ENTR. PR/182 (JACUTINGA)	5	800	INDUSTRIAL	NIVEL	ATROPELAMENTO DE PEDESTRE	1	0
6G/0230/2014	18/06/2014	08:00	48350010EPR	ENTR. PR/180(FRANCISCO BELTRÃO) - ENTR. PR/182 (JACUTINGA)	5	400	RURAL	RAMPA	COLISÃO TRASEIRA	0	0
6G/0232/2014	19/06/2014	11:50	48350010EPR	ENTR. PR/180(FRANCISCO BELTRÃO) - ENTR. PR/182 (JACUTINGA)	5	600	RURAL	NIVEL	COLISÃO TRANSVERSAL	0	1
6G/0297/2014	20/08/2014	16:15	48350010EPR	ENTR. PR/180(FRANCISCO BELTRÃO) - ENTR. PR/182 (JACUTINGA)	5	600	COMERCIAL	NIVEL	COLISÃO TRANSVERSAL	0	1
6G/0212/2014	02/06/2014	10:30	48350010EPR	ENTR. PR/180(FRANCISCO BELTRÃO) - ENTR. PR/182 (JACUTINGA)	6	500	RURAL	RAMPA	COLISÃO TRASEIRA	0	1
6G/0279/2014	05/08/2014	06:50	48350010EPR	ENTR. PR/180(FRANCISCO BELTRÃO) - ENTR. PR/182 (JACUTINGA)	6	100	RURAL	NIVEL	OUTROS	1	0
6G/0218/2014	06/06/2014	07:10	48350010EPR	ENTR. PR/180(FRANCISCO BELTRÃO) - ENTR. PR/182 (JACUTINGA)	6	600	RURAL	RAMPA	COLISÃO TRASEIRA	0	0
6G/0219/2014	06/06/2014	13:30	48350010EPR	ENTR. PR/180(FRANCISCO BELTRÃO) - ENTR. PR/182 (JACUTINGA)	6	900	RURAL	RAMPA	TOMBAMENTO	0	0
6G/0101/2014	09/03/2014	01:00	48350010EPR	ENTR. PR/180(FRANCISCO BELTRÃO) - ENTR. PR/182 (JACUTINGA)	6	100	RESIDENCIAL	RAMPA	TOMBAMENTO	0	1
6G/0140/2014	11/04/2014	12:50	48350010EPR	ENTR. PR/180(FRANCISCO BELTRÃO) - ENTR. PR/182 (JACUTINGA)	6	200	COMERCIAL	NIVEL	COLISÃO TRASEIRA	0	0
6G/0183/2014	11/05/2014	18:20	48350010EPR	ENTR. PR/180(FRANCISCO BELTRÃO) - ENTR. PR/182 (JACUTINGA)	6	300	RURAL	NIVEL	COLISÃO TRASEIRA	0	0
6G/0186/2014	12/05/2014	15:45	48350010EPR	ENTR. PR/180(FRANCISCO BELTRÃO) - ENTR. PR/182 (JACUTINGA)	6	500	RURAL	RAMPA	COLISÃO FRONTAL	0	1
6G/0224/2014	14/06/2014	17:50	48350010EPR	ENTR. PR/180(FRANCISCO BELTRÃO) - ENTR. PR/182 (JACUTINGA)	6	200	RURAL	NIVEL	COLISÃO TRASEIRA	0	1
6G/0194/2014	16/05/2014	15:10	48350010EPR	ENTR. PR/180(FRANCISCO BELTRÃO) - ENTR. PR/182 (JACUTINGA)	6	800	RURAL	DEPRESSÃO	COLISÃO LONGITUDINAL	0	0
6G/0112/2014	18/03/2014	09:40	48350010EPR	ENTR. PR/180(FRANCISCO BELTRÃO) - ENTR. PR/182 (JACUTINGA)	6	500	RURAL	RAMPA	COLISÃO TRASEIRA	0	0
6G/0155/2014	20/04/2014	18:20	48350010EPR	ENTR. PR/180(FRANCISCO BELTRÃO) - ENTR. PR/182 (JACUTINGA)	6	400	RURAL	RAMPA	COLISÃO TRASEIRA	0	0
6G/0301/2014	23/08/2014	11:40	48350010EPR	ENTR. PR/180(FRANCISCO BELTRÃO) - ENTR. PR/182 (JACUTINGA)	6	150	RESIDENCIAL	NIVEL	COLISÃO TRASEIRA	0	0
6G/0269/2014	24/07/2014	10:45	48350010EPR	ENTR. PR/180(FRANCISCO BELTRÃO) - ENTR. PR/182 (JACUTINGA)	6	600	RURAL	RAMPA	COLISÃO TRASEIRA	0	0
6G/0081/2014	26/02/2014	06:15	48350010EPR	ENTR. PR/180(FRANCISCO BELTRÃO) - ENTR. PR/182 (JACUTINGA)	6	600	RURAL	RAMPA	COLISÃO TRASEIRA	0	1
6G/0083/2014	28/02/2014	09:00	48350010EPR	ENTR. PR/180(FRANCISCO BELTRÃO) - ENTR. PR/182 (JACUTINGA)	6	700	RURAL	RAMPA	COLISÃO TRASEIRA	0	0
6G/0323/2014	09/09/2014	20:40	48350010EPR	ENTR. PR/180(FRANCISCO BELTRÃO) - ENTR. PR/182 (JACUTINGA)	6	300	RURAL	RAMPA	COLISÃO LONGITUDINAL	0	1
6G/0109/2014	16/03/2014	23:20	48350010EPR	ENTR. PR/180(FRANCISCO BELTRÃO) - ENTR. PR/182 (JACUTINGA)	7	300	RURAL	RAMPA	COLISÃO FRONTAL	1	1
6G/0235/2014	22/06/2014	13:20	48350010EPR	ENTR. PR/180(FRANCISCO BELTRÃO) - ENTR. PR/182 (JACUTINGA)	7	100	RURAL	RAMPA	CHOQUE COM BARRANCO	0	0
6G/0199/2014	23/05/2014	08:45	48350010EPR	ENTR. PR/180(FRANCISCO BELTRÃO) - ENTR. PR/182 (JACUTINGA)	7	300	RURAL	RAMPA	CHOQUE COM BARRANCO	0	0
6G/0274/2014	30/07/2014	17:25	48350010EPR	ENTR. PR/180(FRANCISCO BELTRÃO) - ENTR. PR/182 (JACUTINGA)	7	900	RURAL	RAMPA	CHOQUE COM ÁRVORE	0	0
6G/0133/2014	07/04/2014	17:15	48350010EPR	ENTR. PR/180(FRANCISCO BELTRÃO) - ENTR. PR/182 (JACUTINGA)	8	50	RURAL	RAMPA	COLISÃO LONGITUDINAL	0	1
6G/0060/2014	13/02/2014	07:00	48350010EPR	ENTR. PR/180(FRANCISCO BELTRÃO) - ENTR. PR/182 (JACUTINGA)	8	700	RURAL	RAMPA	COLISÃO LONGITUDINAL	0	0
6G/0071/2014	18/02/2014	12:05	48350010EPR	ENTR. PR/180(FRANCISCO BELTRÃO) - ENTR. PR/182 (JACUTINGA)	8	800	RURAL	RAMPA	COLISÃO LONGITUDINAL	0	0
6G/0118/2014	23/03/2014	15:40	48350010EPR	ENTR. PR/180(FRANCISCO BELTRÃO) - ENTR. PR/182 (JACUTINGA)	8	600	RURAL	RAMPA	CHOQUE COM BARRANCO	0	1
6G/0175/2014	05/05/2014	17:40	48350010EPR	ENTR. PR/180(FRANCISCO BELTRÃO) - ENTR. PR/182 (JACUTINGA)	9	200	RURAL	RAMPA	COLISÃO FRONTAL	0	1
6G/0321/2014	05/09/2014	08:50	48350010EPR	ENTR. PR/180(FRANCISCO BELTRÃO) - ENTR. PR/182 (JACUTINGA)	9	300	COMERCIAL	RAMPA	COLISÃO LONGITUDINAL	0	0
6G/0135/2014	09/04/2014	08:15	48350010EPR	ENTR. PR/180(FRANCISCO BELTRÃO) - ENTR. PR/182 (JACUTINGA)	9	200	RURAL	RAMPA	COLISÃO TRASEIRA	0	1

APÊNDICE A – PLANILHA PM ACIDENTES OCORRIDOS

Acidentes do trecho selecionado											
ACIDENTES OCORRIDOS ENTRE 01/01/2014 E 23/09/2014 COM 49 FERIDOS E 7 MORTOS											
6G/0107/2014	15/03/2014	17:20	483S0010EPR	ENTR. PR/180(FRANCISCO BELTRÃO) - ENTR. PR/182 (JACUTINGA)	9	300	COMERCIAL	RAMPA	COLISÃO TRANSVERSAL	0	2
6G/0192/2014	15/05/2014	14:00	483S0010EPR	ENTR. PR/180(FRANCISCO BELTRÃO) - ENTR. PR/182 (JACUTINGA)	9	800	RURAL	RAMPA	COLISÃO LONGITUDINAL	0	0
6G/0164/2014	29/04/2014	09:20	483S0010EPR	ENTR. PR/180(FRANCISCO BELTRÃO) - ENTR. PR/182 (JACUTINGA)	9	300	RURAL	RAMPA	COLISÃO TRASEIRA	0	0
6G/0184/2014	12/05/2014	12:00	483S0010EPR	ENTR. PR/180(FRANCISCO BELTRÃO) - ENTR. PR/182 (JACUTINGA)	10	200	RURAL	RAMPA	COLISÃO LONGITUDINAL	0	0
6G/0191/2014	13/05/2014	21:30	483S0010EPR	ENTR. PR/180(FRANCISCO BELTRÃO) - ENTR. PR/182 (JACUTINGA)	10	500	RURAL	RAMPA	COLISÃO LONGITUDINAL	0	5
6G/0265/2014	21/07/2014	11:30	483S0010EPR	ENTR. PR/180(FRANCISCO BELTRÃO) - ENTR. PR/182 (JACUTINGA)	10	400	RURAL	DEPRESSÃO	COLISÃO LONGITUDINAL	0	0
6G/0299/2014	22/08/2014	17:10	483S0010EPR	ENTR. PR/180(FRANCISCO BELTRÃO) - ENTR. PR/182 (JACUTINGA)	10	900	RURAL	NIVEL	COLISÃO FRONTAL	1	0
6G/0185/2014	12/05/2014	11:45	483S0010EPR	ENTR. PR/180(FRANCISCO BELTRÃO) - ENTR. PR/182 (JACUTINGA)	11	500	RURAL	NIVEL	COLISÃO TRASEIRA	0	0
6G/0327/2014	12/09/2014	17:30	483S0010EPR	ENTR. PR/180(FRANCISCO BELTRÃO) - ENTR. PR/182 (JACUTINGA)	11	750	RURAL	NIVEL	COLISÃO LONGITUDINAL	0	0
6G/0020/2014	14/01/2014	12:30	483S0010EPR	ENTR. PR/180(FRANCISCO BELTRÃO) - ENTR. PR/182 (JACUTINGA)	11	200	RURAL	NIVEL	COLISÃO TRANSVERSAL	0	2
6G/0148/2014	18/04/2014	00:02	483S0010EPR	ENTR. PR/180(FRANCISCO BELTRÃO) - ENTR. PR/182 (JACUTINGA)	11	140	COMERCIAL	NIVEL	COLISÃO TRANSVERSAL	0	3
6G/0039/2014	27/01/2014	17:10	483S0010EPR	ENTR. PR/180(FRANCISCO BELTRÃO) - ENTR. PR/182 (JACUTINGA)	11	200	COMERCIAL	NIVEL	COLISÃO TRANSVERSAL	0	1
6G/0121/2014	27/03/2014	09:00	483S0010EPR	ENTR. PR/180(FRANCISCO BELTRÃO) - ENTR. PR/182 (JACUTINGA)	11	700	RURAL	NIVEL	COLISÃO TRANSVERSAL	0	0
6G/0098/2014	07/03/2014	17:30	483S0010EPR	ENTR. PR/180(FRANCISCO BELTRÃO) - ENTR. PR/182 (JACUTINGA)	13	950	RURAL	NIVEL	COLISÃO LONGITUDINAL	0	1
6G/0250/2014	09/07/2014	02:00	483S0010EPR	ENTR. PR/180(FRANCISCO BELTRÃO) - ENTR. PR/182 (JACUTINGA)	13	700	RURAL	NIVEL	TOMBAMENTO	0	0
6G/0254/2014	14/07/2014	16:00	483S0010EPR	ENTR. PR/180(FRANCISCO BELTRÃO) - ENTR. PR/182 (JACUTINGA)	13	600	RURAL	NIVEL	CHOQUE COM POSTE	0	0
6G/0024/2014	17/01/2014	11:45	483S0010EPR	ENTR. PR/180(FRANCISCO BELTRÃO) - ENTR. PR/182 (JACUTINGA)	13	500	RURAL	NIVEL	COLISÃO LONGITUDINAL	0	1
6G/0025/2014	21/01/2014	13:20	483S0010EPR	ENTR. PR/180(FRANCISCO BELTRÃO) - ENTR. PR/182 (JACUTINGA)	13	700	RURAL	NIVEL	ACIDENTE COM CICLISTA	0	1
6G/0302/2014	23/08/2014	16:00	483S0010EPR	ENTR. PR/180(FRANCISCO BELTRÃO) - ENTR. PR/182 (JACUTINGA)	13	0	RURAL	NIVEL	CAPOTAMENTO	0	0
6G/0011/2014	07/01/2014	20:00	483S0010EPR	ENTR. PR/180(FRANCISCO BELTRÃO) - ENTR. PR/182 (JACUTINGA)	14	0	RURAL	NIVEL	CAPOTAMENTO	0	1
6G/0256/2014	15/07/2014	13:30	483S0010EPR	ENTR. PR/180(FRANCISCO BELTRÃO) - ENTR. PR/182 (JACUTINGA)	14	0	RURAL	NIVEL	COLISÃO TRASEIRA	0	1
6G/0337/2014	19/09/2014	17:15	483S0010EPR	ENTR. PR/180(FRANCISCO BELTRÃO) - ENTR. PR/182 (JACUTINGA)	14	950	RURAL	NIVEL	COLISÃO LONGITUDINAL	1	5
6G/0322/2014	05/09/2014	17:15	483S0010EPR	ENTR. PR/180(FRANCISCO BELTRÃO) - ENTR. PR/182 (JACUTINGA)	15	200	RURAL	NIVEL	COLISÃO TRASEIRA	0	0
6G/0128/2014	01/04/2014	20:30	483S0010EPR	ENTR. PR/180(FRANCISCO BELTRÃO) - ENTR. PR/182 (JACUTINGA)	17	770	RURAL	NIVEL	COLISÃO FRONTAL	0	7
6G/0197/2014	18/05/2014	22:20	483S0010EPR	ENTR. PR/180(FRANCISCO BELTRÃO) - ENTR. PR/182 (JACUTINGA)	17	400	RURAL	NIVEL	CHOQUE COM BARRANCO	0	2
6G/0190/2014	13/05/2014	20:00	483S0010EPR	ENTR. PR/180(FRANCISCO BELTRÃO) - ENTR. PR/182 (JACUTINGA)	18	100	RURAL	NIVEL	ATROPELAMENTO DE PEDE	1	0
6G/0037/2014	26/01/2014	18:00	483S0010EPR	ENTR. PR/180(FRANCISCO BELTRÃO) - ENTR. PR/182 (JACUTINGA)	18	100	RURAL	NIVEL	OUTROS	0	0
6G/0040/2014	30/01/2014	12:15	483S0010EPR	ENTR. PR/180(FRANCISCO BELTRÃO) - ENTR. PR/182 (JACUTINGA)	18	600	RURAL	NIVEL	CHOQUE COM BARRANCO	0	0
6G/0245/2014	05/07/2014	17:30	483S0010EPR	ENTR. PR/180(FRANCISCO BELTRÃO) - ENTR. PR/182 (JACUTINGA)	19	600	RURAL	RAMPA	COLISÃO LONGITUDINAL	0	0
6G/0038/2014	26/01/2014	22:00	483S0010EPR	ENTR. PR/180(FRANCISCO BELTRÃO) - ENTR. PR/182 (JACUTINGA)	19	900	RURAL	RAMPA	COLISÃO LONGITUDINAL	0	0
6G/0145/2014	13/04/2014	20:00	483S0010EPR	ENTR. PR/180(FRANCISCO BELTRÃO) - ENTR. PR/182 (JACUTINGA)	20	600	RURAL	DEPRESSÃO	COLISÃO TRASEIRA	0	0
6G/0272/2014	29/07/2014	17:00	483S0010EPR	ENTR. PR/180(FRANCISCO BELTRÃO) - ENTR. PR/182 (JACUTINGA)	20	100	RURAL	RAMPA	TOMBAMENTO	0	0
6G/0317/2014	03/09/2014	08:50	483S0010EPR	ENTR. PR/180(FRANCISCO BELTRÃO) - ENTR. PR/182 (JACUTINGA)	23	800	RURAL	RAMPA	CAPOTAMENTO	0	0
6G/0017/2014	12/01/2014	15:20	483S0010EPR	ENTR. PR/180(FRANCISCO BELTRÃO) - ENTR. PR/182 (JACUTINGA)	23	700	RURAL	RAMPA	CHOQUE COM ÁRVORE	0	0
6G/0156/2014	21/04/2014	18:00	483S0010EPR	ENTR. PR/180(FRANCISCO BELTRÃO) - ENTR. PR/182 (JACUTINGA)	23	100	RURAL	RAMPA	COLISÃO TRASEIRA	0	0
6G/0261/2014	17/07/2014	16:40	483S0010EPR	ENTR. PR/180(FRANCISCO BELTRÃO) - ENTR. PR/182 (JACUTINGA)	24	900	RURAL	RAMPA	COLISÃO LONGITUDINAL	1	0
6G/0236/2014	23/06/2014	18:30	483S0010EPR	ENTR. PR/180(FRANCISCO BELTRÃO) - ENTR. PR/182 (JACUTINGA)	24	600	RURAL	RAMPA	CHOQUE COM ÁRVORE	0	0
6G/0237/2014	26/06/2014	21:30	483S0010EPR	ENTR. PR/180(FRANCISCO BELTRÃO) - ENTR. PR/182 (JACUTINGA)	25	500	RURAL	NIVEL	CHOQUE COM BARRANCO	0	0
6G/0013/2014	10/01/2014	14:00	483S0010EPR	ENTR. PR/180(FRANCISCO BELTRÃO) - ENTR. PR/182 (JACUTINGA)	26	340	RURAL	NIVEL	COLISÃO TRANSVERSAL	0	3

APÊNDICE B – CÁLCULO DO IGG

RODOVIA PR-483		PLANILHA DE CÁLCULO DO ÍNDICE DE GRAVIDADE GLOBAL (IGG)						Estações							
TRECHO: Km 0 - 26,2Km								1		2		3		4	
PONTO 9		REVESTIMENTO TIPO: CBUQ						TRI1 (mm)	TRE1 (mm)	TRI2 (mm)	TRE2 (mm)	TRI3 (mm)	TRE3 (mm)	TRI4 (mm)	TRE4 (mm)
ITEM	NATUREZA DO DEFEITO	FREQÜÊNCIA ABSOLUTA	FREQÜÊNCIA RELATIVA	FATOR DE PONDERAÇÃO	ÍNDICE DE GRAVIDADE INDIVIDUAL (IGI)	$\sum IGI = IGG$	7	7	4	4	7	7	4	4	
1	Trincas isoladas: FI, TTC, TTL, TLC, TLL, TRR	3	75	0,2	15	110,315									
2	Trincas interligadas: J, TB	2	50	0,5	25										
3	Trincas interligadas com erosão: JE, TBE	0	0	0,8	0				TRI (mm)	TER (mm)					
4	Afundamentos: ALP, ATP, ALC, ATC	1	25	0,9	22,5		Média aritmética=		5,5	5,5					
5	Outros defeitos: O, P, E	0	0	1	0		Desvio Padrão=	1,7320508	1,7320508						
6	Outros defeitos: EX	0	0	0,5	0		Variancia=	3	3						
7	Outros defeitos: D	1	25	0,3	7,5										
8	Outros defeitos: R	2	50	0,6	30										
9	Média aritmética dos valores médios das flechas medidas em mm nas TRI e TER	TRE=5,5	TRI=5,5	5,5	1,33	7,315									
10	Média aritmética das variâncias das flechas medidas em ambas as trilhas	TREi=3	TRi=3	3	1	3									
Nº TOTAL DE ESTAÇÕES		n= 4													

APÊNDICE B – CÁLCULO DO IGG

RODOVIA PR-483		PLANILHA DE CÁLCULO DO ÍNDICE DE GRAVIDADE GLOBAL (IGG)						Estações							
TRECHO: Km 0 - 26,2Km								1		2		3		4	
PONTO 10		REVESTIMENTO TIPO: CBUQ						TRI1 (mm)	TRE1 (mm)	TRI2 (mm)	TRE2 (mm)	TRI3 (mm)	TRE3 (mm)	TRI4 (mm)	TRE4 (mm)
ITEM	NATUREZA DO DEFEITO	FREQÜÊNCIA ABSOLUTA	FREQÜÊNCIA RELATIVA	FATOR DE PONDERAÇÃO	ÍNDICE DE GRAVIDADE INDIVIDUAL (IGI)	$\Sigma IGI = IGG$	0	5	0	0	0	5	0	0	
1	Trincas isoladas: FI, TTC, TTL, TLC, TLL, TRR	8	200	0,2	40	65,8291667	REGULAR								
2	Trincas interligadas: J, TB	1	25	0,5	12,5										
3	Trincas interligadas com erosão: JE, TBE	0	0	0,8	0				TRI (mm)	TER (mm)					
4	Afundamentos: ALP, ATP, ALC, ATC	0	0	0,9	0		Média aritmética=	0	2,5						
5	Outros defeitos: O, P, E	0	0	1	0		Desvio Padrão=	0	2,8867513						
6	Outros defeitos: EX	0	0	0,5	0		Variância=	0	8,3333333						
7	Outros defeitos: D	1	25	0,3	7,5										
8	Outros defeitos: R	0	0	0,6	0										
9	Média aritmética dos valores médios das flechas medidas em mm nas TRI e TER	TRE=2,5	TRI=0	1,25	1,33	1,6625									
10	Média aritmética das variâncias das flechas medidas em ambas as trilhas	TREv=8,33	TRIV=0	4,166666667	1	4,166666667									
N° TOTAL DE ESTAÇÕES		n= 4													

APÊNDICE B – CÁLCULO DO IGG

RODOVIA PR-483		PLANILHA DE CÁLCULO DO ÍNDICE DE GRAVIDADE GLOBAL (IGG)						Estações							
TRECHO: Km 0 - 26,2Km		REVESTIMENTO TIPO: CBUQ						1		2		3		4	
PONTO 11								TRI1 (mm)	TRE1(mm)	TRI2(mm)	TRE2(mm)	TRI3(mm)	TRE3(mm)	TRI4(mm)	TRE4(mm)
ITEM	NATUREZA DO DEFEITO	FREQÜÊNCIA ABSOLUTA	FREQÜÊNCIA RELATIVA	FATOR DE PONDERAÇÃO	ÍNDICE DE GRAVIDADE INDIVIDUAL (IGI)	ΣIGI = IGG	5	5	0	0	5	5	0	0	
1	Trincas isoladas: FI, TTC, TTL, TLC, TLL, TRR	5	125	0,2	25	71,6583333	REGULAR								
2	Trincas interligadas: J, TB	1	25	0,5	12,5										
3	Trincas interligadas com erosão: JE, TBE	0	0	0,8	0				TRI(mm)	TER(mm)					
4	Afundamentos: ALP, ATP, ALC, ATC	0	0	0,9	0		Média aritmética=	2,5	2,5						
5	Outros defeitos: O, P, E	0	0	1	0		Desvio Padrão=	2,8867513	2,8867513						
6	Outros defeitos: EX	0	0	0,5	0		Variancia=	8,3333333	8,3333333						
7	Outros defeitos: D	1	25	0,3	7,5										
8	Outros defeitos: R	1	25	0,6	15										
9	Média aritmética dos valores médios das flechas medidas em mm nas TRI e TER	TRE=2,5	TRI=2,5	2,5	1,33	3,325									
10	Média aritmética das variâncias das flechas medidas em ambas as trilhas	TREv=8,33	TRlv=8,33	8,33333333	1	8,33333333									
Nº TOTAL DE ESTAÇÕES		n= 4													

APÊNDICE B – CÁLCULO DO IGG

RODOVIA PR-483		PLANILHA DE CÁLCULO DO ÍNDICE DE GRAVIDADE GLOBAL (IGG)							Estações							
TRECHO: Km 0 - 26,2Km									1		2		3		4	
PONTO 12		REVESTIMENTO TIPO: CBUQ							TRI1 (mm)	TRE1(mm)	TRI2(mm)	TRE2(mm)	TRI3(mm)	TRE3(mm)	TRI4(mm)	TRE4(mm)
ITEM	NATUREZA DO DEFEITO	FREQÜÊNCIA ABSOLUTA	FREQÜÊNCIA RELATIVA	FATOR DE PONDERAÇÃO	ÍNDICE DE GRAVIDADE INDIVIDUAL (IGI)	Σ IGI = IGG		10	5	10	5	10	5	10	5	
1	Trincas isoladas: FI, TTC, TTL, TLC, TLL, TRR	4	100	0,2	20	69,975	REGULAR									
2	Trincas interligadas: J, TB	1	25	0,5	12,5											
3	Trincas interligadas com erosão: JE, TBE	0	0	0,8	0					TRI(mm)	TER(mm)					
4	Afundamentos: ALP, ATP, ALC, ATC	0	0	0,9	0		Média aritmética=		10	5						
5	Outros defeitos: O, P, E	0	0	1	0		Desvio Padrão=		0	0						
6	Outros defeitos: EX	1	25	0,5	12,5		Variância=		0	0						
7	Outros defeitos: D	2	50	0,3	15											
8	Outros defeitos: R	0	0	0,6	0											
9	Média aritmética dos valores médios das flechas medidas em mm nas TRI e TER	TRE=5	TRI=10	7,5	1,33	9,975										
10	Média aritmética das variâncias das flechas medidas em ambas as trilhas	TREv=0	TRIV=0	0	1	0										
Nº TOTAL DE ESTAÇÕES		n= 4														

APÊNDICE B – CÁLCULO DO IGG

RODOVIA PR-483		PLANILHA DE CÁLCULO DO ÍNDICE DE GRAVIDADE GLOBAL (IGG)						Estações							
TRECHO: Km 0 - 26,2Km		REVESTIMENTO TIPO: CBUQ						1		2		3		4	
PONTO 13								TRI1 (mm)	TRE1(mm)	TRI2(mm)	TRE2(mm)	TRI3(mm)	TRE3(mm)	TRI4(mm)	TRE4(mm)
ITEM	NATUREZA DO DEFEITO	FREQÜÊNCIA ABSOLUTA	FREQÜÊNCIA RELATIVA	FATOR DE PONDERAÇÃO	ÍNDICE DE GRAVIDADE INDIVIDUAL (IGI)	$\Sigma IGI = IGG$	0	0	7	7	0	0	7	7	
1	Trincas isoladas: FI, TTC, TTL, TLC, TLL, TRR	1	25	0,2	5	100,988333									
2	Trincas interligadas: J, TB	0	0	0,5	0										
3	Trincas interligadas com erosão: JE, TBE	0	0	0,8	0				TRI(mm)	TER(mm)					
4	Afundamentos: ALP, ATP, ALC, ATC	1	25	0,9	22,5				Média aritmética=	3,5	3,5				
5	Ontros defeitos: O, P, E	1	25	1	25				Desvio Padrão=	4,0414519	4,0414519				
6	Outros defeitos: EX	1	25	0,5	12,5				Variância=	16,333333	16,333333				
7	Outros defeitos: D	2	50	0,3	15										
8	Outros defeitos: R	0	0	0,6	0										
9	Média aritmética dos valores médios das flechas medidas em mm nas TRI e TER	TRE=4	TRI=4	3,5	1,33	4,655									
10	Média aritmética das variâncias das flechas medidas em ambas as trilhas	TREv=16,33	TRIV=16,33	16,3333333	1	16,3333333									
Nº TOTAL DE ESTAÇÕES		n= 4													

APÊNDICE B – CÁLCULO DO IGG

