UNIVERSIDADE REGIONAL DO NOROESTE DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL – UNIJUI

SAMILI ANTUNES HUBERT

LEVANTAMENTO DAS CONDIÇÕES TEXTURAIS DOS PAVIMENTOS DE IJUÍ COM VISTAS A SEGURANÇA VIÁRIA

Ijuí

2015

SAMILI ANTUNES HUBERT

LEVANTAMENTO DAS CONDIÇÕES TEXTURAIS DOS PAVIMENTOS DE IJUÍ COM VISTAS A SEGURANÇA VIÁRIA

Trabalho de Conclusão de Curso de Engenharia Civil apresentado como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro Civil.

Orientador (a): Prof. José Antônio Santana Echeverria, Mestre

Ijuí

2015

SAMILI ANTUNES HUBERT

LEVANTAMENTO DAS CONDIÇÕES TEXTURAIS DOS PAVIMETENTOS DE IJUÍ COM VISTAS A SEGURANÇA VIÁRIA

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado adequado para a obtenção do título de ENGENHEIRO CIVIL e aprovado em sua forma final pelo professor orientador e pelo membro da banca examinadora.

Ijuí, 15 de maio de 2015

Prof. José Antônio Santana Echeverria

Mestre pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul/UFRGS - Orientador

Prof. Lia Geovana Sala Costa

Coordenadora do Curso de Engenharia Civil/UNIJUÍ

BANCA EXAMINADORA

Prof. José Antônio Santana Echeverria

Mestre pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul/UFRGS

Prof. André Luiz Bock

Mestre pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul/UFRGS

Dedico esse trabalho aos meus pais, Gelson e Alzira,
ao meu irmão Yan e ao meu noivo Fernando, pelo apoio e amor incondicional.

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais e ao meu irmão que acreditaram e incentivaram em todos os momentos, a minha caminhada, amores eternos.

Ao meu noivo Fernando que participou e acompanhou o desenvolvimento desta pesquisa. Agradeço pela paciência e companheirismo, pelos dias e noites em claro junto comigo, pelo auxílio nos ensaios, pelo apoio em todos os momentos, pois sem você não conseguiria completar esta etapa da minha vida. Amor incondicional.

Ao meu orientador Mestre José A. S. Echeverria, que me acompanhou durante esta jornada, ajudando, disponibilizando dos seus horários as minhas dúvidas, com toda a sabedoria e dedicação que tens. Dr. José! Como costuma chamar os seus orientandos. És um grande amigo.

Ao Eng. Doutorando Fernando D. Boeira, que por intermédio do Mestre José, contribuiu com a execução dos ensaios de Pêndulo Britânico, disponibilizando o seu tempo e transportando o equipamento emprestado pela Universidade UFSM e auxiliando com o manuseio do mesmo.

Ao Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil (PPGEC) da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), por disponibilizar o equipamento, pois sem ele não ocorreria à execução do ensaio de microtextura e o levantamento dos dados coletados.

Ao Poder Executivo do Município de Ijuí, a Secretaria Municipal de Desenvolvimento Urbano (Smodutram), em especial o Secretario Ubiratan Erthal, que disponibilizou os horários para a execução dos ensaios a campo.

Aos agentes Hilda e Wagner que ajudaram a conter o trânsito em quanto ocorria a execução dos ensaios de mancha de areia e pêndulo britânico.

A professora Daiana Bruxel, que me auxiliou disponibilizando materiais, esclarecendo dúvidas e contribuindo com a pesquisa.

Ao Funcionário do laboratório da Engenharia Civil da Unijuí, o Sr. Luiz, pelos ensinamentos e materiais disponibilizados para a execução do ensaio de Mancha de Areia.

Aos meus amigos eternos companheiros da minha vida, aos meus grandes amigos. Agradeço pela paciência, pelos desabafos, por estarem juntos comigo nesse momento da minha vida. Em especial, a Mariana, Gabriela, Patrícia, Alessandra e a todos que de alguma forma contribuíram nesta caminhada.

A todos os professores da Unijuí pelos ensinamentos e oportunidades proporcionadas, contribuindo com a minha graduação, e a todos os colegas e amigos da Engenharia Civil que, durante esses cinco anos de graduação, estiveram comigo.

“A persistência é o menor caminho do êxito.”

Charles Chaplin

RESUMO

HUBERT, S. A. **Levantamento das Condições Texturais dos Pavimentos de Ijuí com Vistas a Segurança Viária**. 2015. Trabalho de Conclusão de Curso. Curso de Engenharia Civil, Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul – UNIJUÍ, Ijuí, 2015.

A textura dos pavimentos tem papel importante quanto à segurança viária, esta por sua vez, diminui a ocorrência de acidentes, mesmo que não seja percebida pelos próprios usuários que nela trafegam. Portanto, a aderência pneu-pavimento garante o tráfego seguro, ou seja, a macrotextura e a microtextura são características importantes para a camada superficial de rolamento, estas compõem condições seguras para um pavimento. Esses mesmos aspectos estão diretamente ligados ao conforto e economia dos pneumáticos, garantindo aos usuários bem estar e segurança em sua trajetória. Diante disso, a presente pesquisa objetiva avaliar a situação da camada de rolamento dos pavimentos asfálticos da cidade de Ijuí, destacando a importância de uma caracterização mais detalhada da superfície, visando que, estes procedimentos de analises dentro de vias urbanas não são corriqueiros. Então, para a coleta de dados dos trechos a serem avaliados utilizou-se para a verificação e mensuração da macrotextura e microtextura os ensaios de Mancha de Areia e Pêndulo Britânico. Levando-se em consideração esses procedimentos, os levantamentos desses ensaios a campo fizeram com que houvesse uma percepção do estado textural desses pavimentos, em correlações com drenagem superficial, atrito, rugosidade e demais fatores, visando contribuir para a avaliação de futuros serviços de revestimentos asfálticos da cidade, manutenção e revitalização dos mesmos.

Palavras-chave: Pavimentos Asfálticos. Camada Superficial de Rolamento. Microtextura. Macrotextura.

ABSTRACT

HUBERT, S. A. **Lifting of conditions of textural Floor Coverings of Ijuí with Panoramic Road Safety**. 2015. Conclusion of Course Work. Civil Engineering Course, Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul – UNIJUÍ, Ijuí, 2015.

The texture of pavements has important role regarding road safety, this in turn reduces the occurrence of accidents, even if it is not perceived by users themselves that travels in it. Therefore, the tire adhesion-pavement ensures safe traffic, i.e. the macrotexture and textured are important characteristics for the superficial layer of bearing, these comprise safe conditions for a pavement floor. These same aspects are directly linked to the comfort and economy of tires, ensuring users welfare and security in its trajectory. In view of the above, the present study aims to evaluate the situation of layer of bearing of asphalt surfaces of the city of Ijuí, highlighting the importance of a more detailed characterization of the surface, aiming that these procedures of analyzes within urban tracks are not tear. Then, for the data collection of passages to be assessed it was used for the verification and measurement of macrotextura and textured tests of stain of sand and British Pendulum. Taking into account these procedures, withdrawals of these the field trials have meant that there was a perception of the state of these pavements, in textural correlations with superficial drainage, the friction surface roughness and other factors, aiming to contribute to the assessment of future services of asphalt coatings of the town, maintenance and revitalisation of same.

Keywords: Asphalt Surfaces. The superficial layer of the bearing. Textured. Macrotexture.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Esforços em camadas do pavimento.....19

Figura 2: Camadas constituintes do pavimento.....20

Figura 3: Macrotextura e Microtextura.....22

Figura 4: Tipos de superfícies em funcão da macro e microtexturas.....22

Figura 5: Esforços em camadas do pavimento.....25

Figura 6: Zonas de contato entre o pneu e o pavimento.....26

Figura 7: Reflexão luminosa.....31

Figura 8: Zonas de contato entre o pneu e o pavimento.....37

Figura 9: Diferentes tipo de textura no pavimento.....39

Figura 10: Comprimentos de onda que influenciam na superfície.....40

Figura 11: Representação convencional de curvas granulométricas.....42

Figura 12: Extensão Rua do Comércio em continuidade com a Avenida Coronel Dico.....45

Figura 13: Local dos ensaios pontos 1 e 14.....46

Figura 14: Local dos ensaios pontos 13 e 26.....46

Figura 15: Elementos constituintes do Pêndulo Britânico.....47

Figura 16: Haste sendo solta.....48

Figura 17: Marcação.....49

Figura 18: Sequência do ensaio com a utilização do Pêndulo Britânico.....49

Figura 19: Materiais utilizados.....50

Figura 20: Microesferas de vidro utilizadas no ensaio (aumento em 25x).....51

Figura 21: Esquema representativo do ensaio de Mancha de Areia.....52

Figura 22: Sequência do ensaio de Mancha de Areia.....52

Figura 23: Comparação dos valores de VDR por faixa.....62

Figura 24: Comparação quanto à classificação da microtextura.....63

Figura 25: Pontos com textura lisa.....64

Figura 26: Pontos com textura insuficiente rugosa.....64

Figura 27: Pontos com textura rugosa.....65

Figura 28: Comparação dos valores HS por faixa.....67

Figura 29: Comparação quanto à classificação da macrotextura.....68

Figura 30: Pontos com altos valores de macrotextura.....69

Figura 31: Pontos com baixos valores de macrotextura.....70

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Classificação da textura de um pavimento.....27

Tabela 2: Classes de Microtextura (ABPv, 1999).....29

Tabela 3: Aplicação dos revestimentos em função da altura média de areia-HS.....34

Tabela 4: Classes de Macrotextura (ABPv, 1999).....36

Tabela 5: Valores da IFI.....38

Tabela 6: Valores de mircrotextura obtidos nos levantamentos.....53

Tabela 7: Valores de mircrotextura obtidos nos levantamentos.....54

Tabela 8: Valores de mircrotextura obtidos nos levantamentos.....54

Tabela 9: Valores de mircrotextura obtidos nos levantamentos.....55

Tabela 10: Valores de mircrotextura obtidos nos levantamentos.....55

Tabela 11: Valores de mircrotextura obtidos nos levantamentos.....56

Tabela 12: Valores de mircrotextura obtidos nos levantamentos.....56

Tabela 13: Valores de macrotextura obtidos nos levantamentos.....57

Tabela 14: Valores de macrotextura obtidos nos levantamentos.....58

Tabela 15: Valores de macrotextura obtidos nos levantamentos.....58

Tabela 16: Valores de macrotextura obtidos nos levantamentos.....59

Tabela 17: Valores de macrotextura obtidos nos levantamentos.....59

Tabela 18: Valores de macrotextura obtidos nos levantamentos.....60

Tabela 19: Valores de macrotextura obtidos nos levantamentos.....60

LISTA DE SIGLAS E SÍMBOLOS

AAUQ	Areia - asfalto a quente
ABEDA	Associação Brasileira das Empresas de Distribuidoras de Asfalto
ASTM	American Society for Testingand Material
CAMB	Concreto Asfáltico Modificado com Borracha
CAMP	Concreto Asfáltico Modificado com Polímeros
CBUQ	Concreto Asfáltico Denso (CA)
CPA	Camada Porosa de Atrito
D	Desgaste
d	Diâmetro
DETRAN/RS	Departamento Estadual de Trânsito do Rio Grande do Sul
DNIT	Departamento Nacional de Infraestruturas de Transportes
EX	Exsudação
HS	Altura Média de Mancha de Areia
IFI	InternationalFriction Index
LA	Lama Asfáltica
PMF	Pré – Misturado a Quente
PMQ	Pré – Misturado a Frio
SMA	Stone Matrix Asphalt
TR	Trilha de Roda
TS	Tratamentos Superficiais

VDR	Valor de resistência a derrapagem

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 12

1.1 CONTEXTO 12

1.2 PROBLEMA 14

1.2.1 Questões de Pesquisa 14

1.2.2 Objetivos de Pesquisa 14

1.2.3 Delimitação 15

1.3 JUSTIFICATIVA 15

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA 17

2.1 PAVIMENTOS ASFÁLTICOS 17

2.1.1 Camada dos Pavimentos 19

2.1.2 Tipos de Revestimentos 20

2.2 TEXTURA DA SUPERFÍCIE DO PAVIMENTO 21

2.2.1 Microtextura 27

2.2.1.1 Classificação da Microtextura 29

2.2.2 Macrotextura 29

2.2.2.1 Classificação da Macrotextura 35

2.2.3 Megatextura 36

2.2.4 Irregularidade 37

2.3 *INTERNATIONAL FRICTION INDEX – IFI* 37

2.3.1 Classificação dos valores de IFI 38

2.4 INFLUÊNCIA DO TIPO DE REVESTIMENTO NA TEXTURA SUPERFICIAL 39

2.4.1 Graduação de Misturas Asfálticas Usinadas 41

3 MÉTODO DE PESQUISA 43
3.1 CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA 43
3.2 ESTRATÉGIA DE PESQUISA 43
3.3 LOCAIS DE ENSAIOS 44
3.4 MÉTODOS PARA OBTENÇÃO DA TEXTURA 47
3.4.1 Ensaio com Pêndulo Britânico 47
3.4.2 Ensaio de Mancha de Areia 50
4 RESULTADOS 53
4.1 LEVANTAMENTO DOS DADOS 53
4.1.1 Levantamento dos Valores de Microtextura 53
4.1.2 Levantamento dos Valores de Macrotextura 57
4.2 AVALIAÇÃO DOS DADOS 61
4.2.1 Avaliação da Microtextura 61
4.2.2 Avaliação da Macrotextura 66
5 CONCLUSÃO 72
REFERÊNCIAS 74

1 INTRODUÇÃO

1.1 CONTEXTO

A segurança viária, em âmbito geral, necessita de maior entendimento e compreensão dos usuários quanto ao tráfego da via, as devidas condições de rolamento da mesma, e ainda as condições climáticas que a elas estão sujeitas.

De acordo com Bucharles (2014, p. 43) “Os pavimentos asfálticos deterioram-se por inúmeros motivos, sendo que os defeitos podem ocorrer em todas as suas camadas de formação: subleito (fundação do pavimento), reforço do subleito, sub-base, base e revestimento [...]”.

Ao refletir sobre a avaliação de um pavimento, logo se tem uma ideia de que os parâmetros considerados em relação a esse procedimento sejam somente as irregularidades e patologias, bem como panelas, trincas e fissuras, estas que, por sua vez, aos olhos dos usuários provocam desconfortos visíveis. Mas cabe destacar que fatores tão minuciosos, pouco visíveis como a textura superficial de um pavimento, têm elevada importância para questionar a avaliação do mesmo, pois este se destaca por proporcionar uma superfície mais aderente e segura aos usuários, diminuindo a ocorrência dos acidentes.

Diante de tal importância, a segurança do usuário é certificada pelo pavimento que oferece aderência na interface pneu-pavimento, de maneira, a mantê-lo no controle da trajetória almejada de seu veículo, sendo em altas ou em baixas velocidades, modificando a trajetória do seu veículo quando necessário, em condições que o pavimento encontre-se seco ou molhado (MONN, 1998, p. 2).

Os pavimentos são parte essencial da infraestrutura e condicionam sua capacidade de crescimento. Por sua vez, o conhecimento da textura de um pavimento traz consigo elementos importantes para o seu total entendimento, pois é através deles que conseguimos observar tais fatores que levam a segurança viária. Razão pela qual afetam a aderência pneu-pavimento, drenagem superficial e atrito quando veículos em altas velocidades.

> Pavimentar uma via de circulação de veículos é obra civil que enseja, antes de tudo, a melhoria operacional para o tráfego, na medida em que é criada uma superfície *mais regular* (garantia de melhor conforto no deslocamento do veículo), uma superfície *mais aderente* (garantia de mais segurança em condições de pista úmida ou molhada), uma superfície *menos ruidosa* diante da ação dinâmica dos pneumáticos (garantia de melhor conforto ambiental em vias urbanas e rurais), seja qual for à melhoria física oferecida. (BALBO, 2007, p. 15).

O documento "Manual de restauração de pavimentos asfálticos" do Departamento Nacional de Infraestrutura e Transportes (DNIT) (2006, p. 105) descreve que, o ensaio de mancha de areia avalia a macrotextura e caracteriza a superfície do pavimento quanto a sua capacidade de drenar a água confinada entre o pneu e o pavimento, e quantifica a densidade, ou seja, a distância média entre grânulos individuais de agregados aflorados na superfície do pavimento.

Ainda, o Manual do DNIT (2006, p. 105) descreve que para avaliar a microtextura se utiliza o pêndulo britânico, que por sua vez, determina por uma medida escalar o grau de escorregamento (ou derrapagem) presente na superfície de um pavimento. Esse dito escorregamento pode ser tratado também como grau de aderência entre o pneu e o pavimento, ou, também chamado como coeficiente de atrito cinético.

Logo, entende-se que a mensuração destas avaliações é de fundamental importância, proporcionando condições de pista de rolamento melhores em relação ao tráfego, conforto e economia.

No Dia Nacional do Trânsito, 25 de setembro, diversas atividades são elaboradas e realizadas pelas unidades do (Serviço Social do Transporte/Serviço Nacional de Aprendizagem do Transporte) SEST-SENAT. Estas além de proporcionar cursos, palestras e blitzes de reeducação ao trânsito, elaboram campanhas anuais com temas diferentes. No corrente ano de 2015, o tema proposto foi "Dê carona ao respeito, independente da sua forma de locomoção", o qual enfatiza: "A educação e respeito no trânsito são essenciais para promover a paz e a redução de acidentes [...]".

Além disso, conforme pesquisa na (Confederação Nacional do Transporte) CNT, 2014, a Região Sul do Brasil teve um grande aumento na frota total de veículos, o mesmo consiste em 105,3% do crescimento da frota automobilística. Este crescimento compreende na transição do ano de 2004 para o ano de 2014, que por sua vez, passou de 8.220.556 para 16.880.303 unidades de veículos.

Por conseguinte, com o aumento da população, acarretou em consequência um crescimento na frota automobilística brasileira e ainda o aumento da circulação destes veículos, uma vez que as cidades não acompanham o mesmo ritmo de crescimento da indústria automobilística. Ressalta-se que, pela mesma razão cresce a necessidade de maiores investimentos na infraestrutura viária, visto que, os componentes do sistema viário têm sua vida útil limitada pela alta elevação de tráfego, proporcionando assim, cada vez mais o processo de acréscimo de manutenção para uma melhor condição das vias, então, interferindo na segurança dos usuários que a elas trafegam.

1.2 PROBLEMA

1.2.1 Questões de Pesquisa

- Questão principal

Qual a condição textural que se encontram as vias da cidade de Ijuí?

- Questões secundárias

Quais são as condições de segurança que a textura atual proporciona para os usuários?

Em que aspectos a melhoria da textura superficial ajudaria quanto à segurança viária da cidade?

1.2.2 Objetivos de Pesquisa

- Objetivo Geral

O objetivo dessa pesquisa é desenvolver uma avaliação em campo da textura dos pavimentos flexíveis urbanos em função da segurança viária em vias arteriais do município de Ijuí.

- Objetivos específicos

Realização dos ensaios de mancha de areia e pêndulo britânico, para verificação da macro e microtextura dos revestimentos asfálticos;

Correlação dos resultados com drenagem superficial, velocidade, segurança e aderência pneu-pavimento.

1.2.3 Delimitação

Esta pesquisa limita-se nas devidas condições texturais dos pavimentos da cidade de Ijuí, em termos da segurança viária urbana, da aderência pneu-pavimento em correlação aos dias molhados e secos, quanto à drenagem superficial, atrito, e ainda, quanto à rugosidade de ambas as avaliações texturais. Terá como elementos fundamentais para o levantamento e pesquisa, a coleta de dados através dos ensaios que envolvem a Macro e Microtextura, sendo eles Mancha de areia (Macrotextura) e Pêndulo Britânico (Microtextura).

1.3 JUSTIFICATIVA

De acordo com Bernucci *et al* (2008, p. 429), quanto à avaliação da segurança, a mesma engloba diversos aspectos dos pavimentos, em relação da geometria, irregularidade superficial, comportamento humano e a sinalização viária. Dessa forma é de extrema importância avaliar o atrito pneu-pavimento, principalmente nos dias chuvosos, visto que, envolve a mensuração da resistência a derrapagem que, por sua vez, é função da aderência. Dois fatores são essenciais para a avaliação da aderência: a textura superficial da pista e características dos pneus (ranhuras, pressão de inflação, dimensões e tipo).

Conforme Balbo (2007, p. 257), no transcorrer de sua vida de serviço, um material de construção, demonstra processos de degradação e danificação que, por sua vez, são inevitáveis, e ao decorrer do tempo provocam algumas alterações em suas propriedades mecânicas. Estes danos descrevem a perda das propriedades estrutural e funcional dos pavimentos.

Por conseguinte, a macro e microtextura são características importantes para a camada superficial de rolamento, em razão de proporcionar maior segurança e conforto aos usuários em seu percurso. Diante disso, proporcionar uma camada superficial de qualidade traz consigo uma melhoria em função dos altos índices de acidentes de trânsito, ainda, fatores combinados com

velocidade permitida de cada via, pneus com seus sulcos em bom estado, e cuidados quanto à imprudência e negligência, acarretariam na diminuição dos mesmos.

Segundo Mattos (2009, p. 16), a aderência pneu-pavimento indica o comportamento funcional do pavimento, o contato de interação entre ambos, ainda com ajuda de uma boa textura e drenagem superficial, certifica-se de bons resultados em relação a frenagens de emergência e manobras desejadas.

Pesquisa publicada em 2010 pelo (Departamento de Trânsito do Rio Grande do Sul) DETRAN/RS mostra que, em vista de, conscientizar a população em relação aos acidentes de trânsito:

> "[...] A Resolução que institui a Década traça os pilares que os países devem trabalhar para reduzir e institui uma meta ousada: reduzir em 50% os índices de mortalidade no mundo. A ONU estima que se as ações propostas forem adotadas mais de 5 milhões de vidas podem ser salvas".

Então, a pesquisa objetiva minimizar acidentes nas vias urbanas proporcionando melhor segurança, vem verificar qual a condição textual urbana da pavimentação nos dias atuais. Em outras palavras, nos trazem o pleno esclarecimento da situação viária a respeito da segurança e conforto aos usuários, em vista de conservar e proporcionar uma via de melhor qualidade de rolamento. Portanto, identificando o tipo de textura do pavimento, se pode contribuir para a avaliação dos serviços de revestimento asfálticos novos de Ijuí, bem como o envelhecimento do atual.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 PAVIMENTOS ASFÁLTICOS

Os pavimentos são constituídos por camadas horizontais, que por sua vez, tem função de suportar as ações proporcionadas pelos veículos, redistribuindo as tensões, fazendo com que as camadas proporcionem uma superfície mais confortável e segura.

Segundo Bernucci *et al* (2008, p. 9), pavimento é uma estrutura de múltiplas camadas com espessuras finitas, constituída logo após da superfície final de terraplenagem, destinada a resistir aos esforços provenientes do clima, tráfego viário, dispondo de condições de rolamento mais seguras, com conforto e econômicas.

Ao oferecer condições para uma via de melhor qualidade de rolamento, automaticamente proporciona-se aos usuários uma significativa redução nos custos operacionais, haja vista que os custos de manutenção e de operação dos veículos estão acompanhados ás condições de superfície dos pavimentos. A regularidade permite o deslocamento e o aumento da velocidade, que por um lado, representa maior consumo de combustível, e ainda, proporciona economia nos períodos de viagem (BALBO, 2007, p. 9).

O revestimento de vias tem sido realizado desde a segunda metade do século passado, principalmente do tipo pavimento asfáltico, que hoje é uma modalidade de estrutura amplamente empregada no planeta (ABEDA, 2010).

Conforme Bernucci *et al* (2008, p. 157), na maioria dos pavimentos brasileiros usa-se como revestimento, misturas de agregado minerais de vários tamanhos e várias fontes com ligantes asfálticos, que de forma adequadamente proporcionada e processada garantam ao pavimento executado os requisitos de flexibilidade, impermeabilidade, durabilidade, estabilidade, resistência à derrapagem, resistência à fadiga e resistência à fratura na tração térmica, de acordo com o clima e o tráfego previstos para cada local.

Desta forma o pavimento deve suportar as ações do tráfego que está exposto, mesmo sendo este executado com diferentes tipos de misturas. O pavimento deve ser projetado para

suportar as deformações e requisitos para cada local, proporcionando conforto na trajetória percorrida pelos usuários.

De acordo com Mattos (2009, p. 21), em relação à segurança viária, dentre as suas características uma das mais importantes, encontra-se a aderência, que se da através do contato entre o pneu do veículo em seu processo de movimentação e o pavimento. Portanto, a camada de rolamento deve garantir a segurança viária, a fim de, mesmo em condições adversas a boa dirigibilidade.

Por conseguinte, seguindo de uma suposição para propor melhorias, através de um acompanhamento dos valores de textura superficial dos pavimentos, consegue-se aperfeiçoar mecanismos, para que o mesmo consiga intervir, visando diminuir os índices de acidentes, pela ocorrência da falta de aderência, a fim de, tornar uma avaliação constante da textura dos pavimentos (MATTOS; SPECHT e NÚÑEZ, 2010).

Bernucci (2008, p. 429), afirma que uma série de fatores contribuem para a ocorrência da aderência pneu-pavimento nos dias de pista molhada, tais correspondem, a textura do pavimento, ainda quanto ao pneu, as ranhuras, pressão de inflação, dimensões, modelo, também a habilidade e geometria da pista. “A segurança em pistas molhadas pode ser considerada como um dos aspectos funcionais de um pavimento, muito embora haja pouca tradição no país de sua avaliação ou média em rodovias, sendo mais usual em aeroportos” [...].

Quando alguma via apresenta drenagem superficial insuficiente, para tal pavimento, o mesmo pode ocasionar o acúmulo de água na superfície ocasionando uma lamina d’água, que ao contato com o pneu, ocorre o fenômeno de hidroplanagem. Ela consiste na perde de contato do pneu com a face de rolamento, ocasionando então, a perda de controle do veículo. Em suma, para prevenir os acidentes de trânsito, procedentes da falta de aderência pneu-pavimento, se faz necessário incidir valores mínimos para a macrotextura e microtextura (MATTOS; SPECHT e NÚÑEZ, 2010).

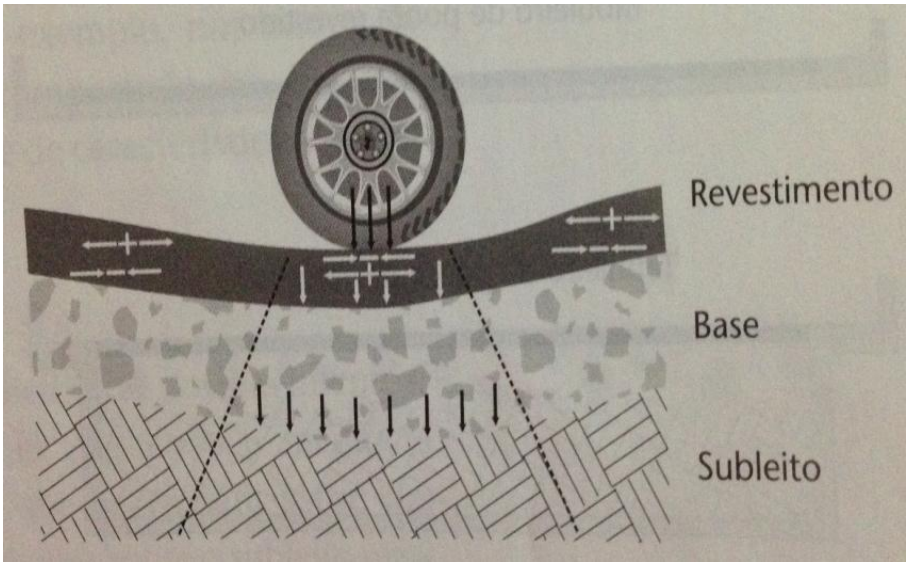
Mattos (2009, p. 21), destaca que, pelo mesmo fato, surge a necessidade de se entender os mecanismos da aderência pneu-pavimento.

2.1.1 Camada dos Pavimentos

De acordo com Balbo (2007, p. 35), o pavimento é uma estrutura não perene, que compõem diferentes materiais compactados a partir do subleito do corpo estradal, o mesmo se adaptada para atender estruturalmente e de forma operacional ao tráfego, tornando-o durável e de baixo custo, considerando serviços de manutenção preventiva, de reabilitação e de forma corretiva.

Ainda (BALBO, 2007, p. 35), a estrutura do pavimento é concebida, em seu significado meramente estrutural, para receber e transmitir esforços de maneira a aliviar forças sobre as camadas inferiores, que por sua vez apresentam menor resistência (Figura 1). Para que o processo ocorra adequadamente, todas as peças que a compõem devem trabalhar deformações compatíveis com sua natureza e capacidade portante, ou seja, de modo a não ocorrer processos de ruptura ou a deterioração prematuramente e inadvertida nos materiais que constituem as camadas do pavimento.

Figura 1: Esforços em camadas do pavimento.



Fonte: (BALBO, 2007, p. 35).

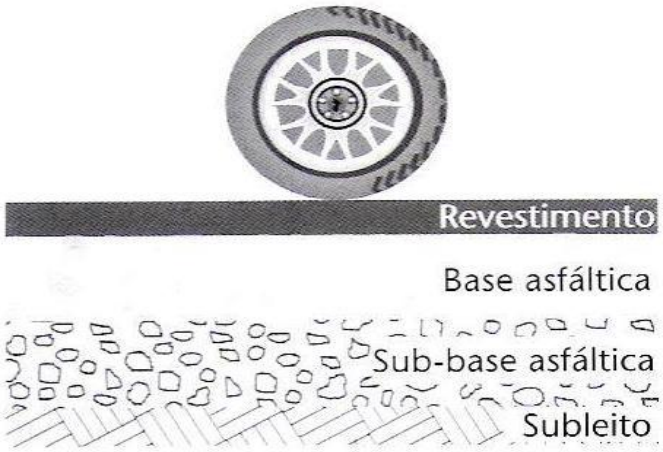
Em geral, de acordo com Balbo (2007, p. 49), as camadas (Figura 2) que compõem os pavimentos podem ser descritas como:

Revestimento: é a camada a resistir diretamente às ações dos veículos e a transmitir as tensões resultantes de forma minimizada para as camadas abaixo, protegendo as camadas inferiores.

Base: se destina a resistir às ações dos veículos e então transmiti-las ao subleito. Por muitas vezes antes desta camada é executada outra camada que recebe o nome de sub-base, sendo uma camada complementar, com as mesmas funções, mas, no entanto, requisitos desiguais.

Reforço do subleito: deve resistir às solicitações com maior ordem de grandeza, contribuindo com as funções do subleito, contudo exigindo uma menor espessura de camadas de base e sub-base sobre si, de modo geral um menor custo, objetivando ter mais emprego de solos de reforço, ao invés de espessuras maiores nas camadas granulares ou cimentadas.

Figura 2: Camadas constituintes do pavimento.



Fonte: Balbo (2007, p. 47).

2.1.2 Tipos de Revestimentos

Segundo Bernucci *et al* (2008, p. 158), "o material de revestimento pode ser fabricado em usina específica (misturas usinadas), fixa ou móvel, ou preparado na própria pista (tratamentos superficiais)". As misturas usinadas podem ser separadas quanto à distribuição granulométrica, estas sendo contínuas, descontínuas, abertas e densas. Os revestimentos também podem ser identificados quanto o tipo de ligante utilizado na composição da mistura, são eles:

- À quente com o uso de CAP, ou;
- À frio com o uso de EAP.

De acordo com Echeverria (2014), as camadas de revestimento se dividem em determinados tipos:

- Areia- Asfalto a Quente (AAUQ)
- Concreto Asfáltico Denso (CA) – CBUQ
- Concreto Asfáltico Modificado com Borracha (CAMB)
- Concreto Asfáltico Modificado com Polímeros (CAMP)
- *Cape Seal*
- Camada Porosa de Atrito (CPA)
- *Gap- graded*
- Lama Asfáltica (LA)
- Micro Revestimento Asfáltico
- Misturas Asfálticas Mornas
- Pré- Misturado a Quente (PMQ)
- Pré- Misturado a Frio (PMF)
- *Stone Matrix Asphalt* (SMA)
- Tratamentos Superficiais (TS)

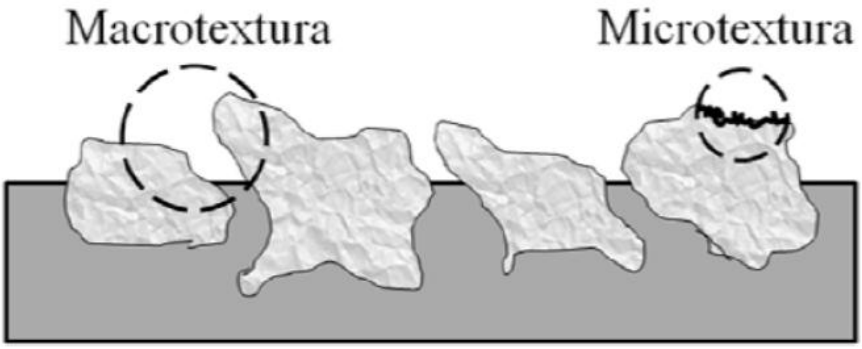
2.2 TEXTURA DA SUPERFÍCIE DO PAVIMENTO

"As texturas das misturas asfálticas empregadas nas camadas de rolamento interferem diretamente no atrito, na interface pneu-pavimento e consecutivamente, na resistência á derrapagem proporciona aos veículos pelo pavimento" (BUCHARLES, 2014, p. 16).

Conforme Santos (2008, p. 34), a superfície do pavimento pode apresentar-se de duas formas, uma delas seria em face lisa e outra completamente rugosa. Estas características superficiais são denominadas textura, cada característica está diretamente ligada ao desempenho do pavimento, o mesmo relacionando-o com a irregularidade dos agregados da textura superficial.

Mattos (2009, p. 40), em termos de microtextura, quando a superfície apresenta arestas vivas, esta é classificada como rugosa, no entanto, quando a superfície apresenta-se lisa logo é classificada como polida. Já em termos de macrotextura, quando a superfície contem agregados graúdos é classificada como aberta, mas se possuir elevada quantidade de finos é classificada como fechada. Por conseguinte, os pavimentos podem ter combinações variadas em relação à macro e a microtextura (Figura 3).

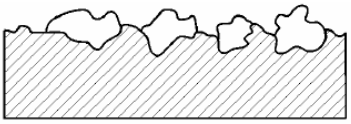
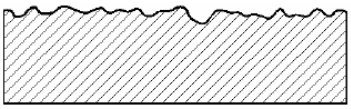
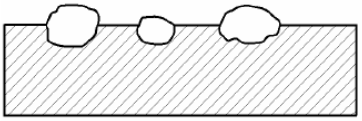
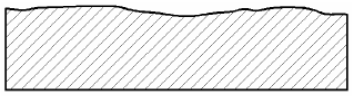
Figura 3: Macrotextura e microtextura.



Fonte: Mattos, 2009, p. 38.

Aps (2006, p. 20) classifica quatro tipos de superfícies possíveis em função da macro e microtextura, como pode ser observado na Figura 4.

Figura 4: Tipos de superfícies possíveis em função da macro e microtextura.

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

Fonte: Aps, 2006, p. 20.

Segundo ESDU (1971, *apud* SANTOS, 2004, p. 14-15), também classifica os pavimentos em quatro tipos, conforme sua rugosidade, sendo elas de macrotextura e microtextura da superfície de rolamento do pavimento:

- Pavimentos tipo I

O tipo I de pavimento caracteriza-se por mostrar uma macrotextura aberta e, ao mesmo tempo uma microtextura rugosa de forma áspera, que por sua vez permite uma grande adesão entre a borracha do pneu e o pavimento. Este pavimento concede um alto índice de histerese, que se dá através da borracha quando a mesma se deforma para acompanhar as saliências do piso. Ainda, estes pavimentos não sofrem perda elevada de suas propriedades de atrito com a presença da água, pois permitem o escoamento da água quando a mesma entra em contato com o pneu.

Os pavimentos do tipo I são característicos de pistas novas, ou seja, recém estabelecidas, que não sofreram desgaste do agregado na superfície, ou de pistas construídas com material de maior resistência que possam resistir melhor ao tráfego, preservando as suas características.

- Pavimentos tipo II

O tipo II possui macrotextura com grande nível de rugosidade, mas por outro lado, uma microtextura suave. Pavimentos desse tipo apresentam um menor valor de atrito por adesão devido à menor capacidade de borracha aderir à microtextura mais suave do pavimento.

Pneus construídos com materiais que permitam valores altos de coeficiente de atrito por histerese apresentam melhor desempenho nas referidas condições. O pavimento possui macrotextura aberta, visando que, o escoamento da água acumulada sobre o pavimento ainda ocorre, diminuindo os riscos de hidroplanagem, no entanto, é necessário ressaltar que, aumentos de velocidades e de espessura da lâmina d’água podem causar a mesma.

- Pavimentos tipo III

O pavimento III possui uma macrotextura suave, isto é, mais fechada, porém com microtextura rugosa. Pavimentos desse tipo apresentam um valor de atrito por adesão alto devido à microtextura superficial rugosa, ocasionando um valor de atrito em pista seca alto. No caso de frenagens em pistas molhadas, o valor de atrito por adesão é alto, permitindo valores satisfatórios

de frenagem gerada pelo pneu. Devido à macrotextura fechada à água acumulada sobre a pista demora mais a escoar. Sendo mais sensível ao acúmulo da água, devido à uma macrotextura menor que as presentes nos tipos I e II, observando que nestes, é possível o escoamento de água pelas ranhuras da superfície do pavimento.

- Pavimentos tipo IV

Os pavimentos do tipo IV caracterizam-se por uma macrotextura fechada e uma microtextura suave. Por conta disso, apresentam uma queda de valor do atrito em pistas molhadas. No entanto, em pista seca, o valor de frenagem é menor, devido aos valores pequenos de atrito por adesão e por histerese. Os outros três tipos de pavimento podem chegar à forma do tipo IV através do uso e desgaste dos agregados do revestimento, principalmente onde os fatores climáticos podem acumular grande quantidade de sujeira na pista, que com o tempo vão preenchendo a macrotextura, enquanto que o uso frequente vai desgastando a microtextura da pista. Quando o pavimento atinge esse ponto, é recomendável a execução de manutenção e restauração do pavimento, para que assim obtenham maior segurança.

Os quatro tipos classificados por ESDU estão apresentados na Figura 5, classificando o efeito da textura do pavimento no coeficiente de atrito.

De acordo com Mattos (2009, p. 31), a aderência pneu-pavimento é um dos principais itens relacionados ao pavimento. Logo, a boa interação entre o pneu do veículo e a superfície de rolamento deve ser assegurada, proporcionando uma boa qualidade da textura da superfície de contato.

A aderência por sua vez, depende de atrito de contato entre o pneu e o pavimento. Santos (2008), diz que, a área de contato divide-se em três zonas (Figura 6):

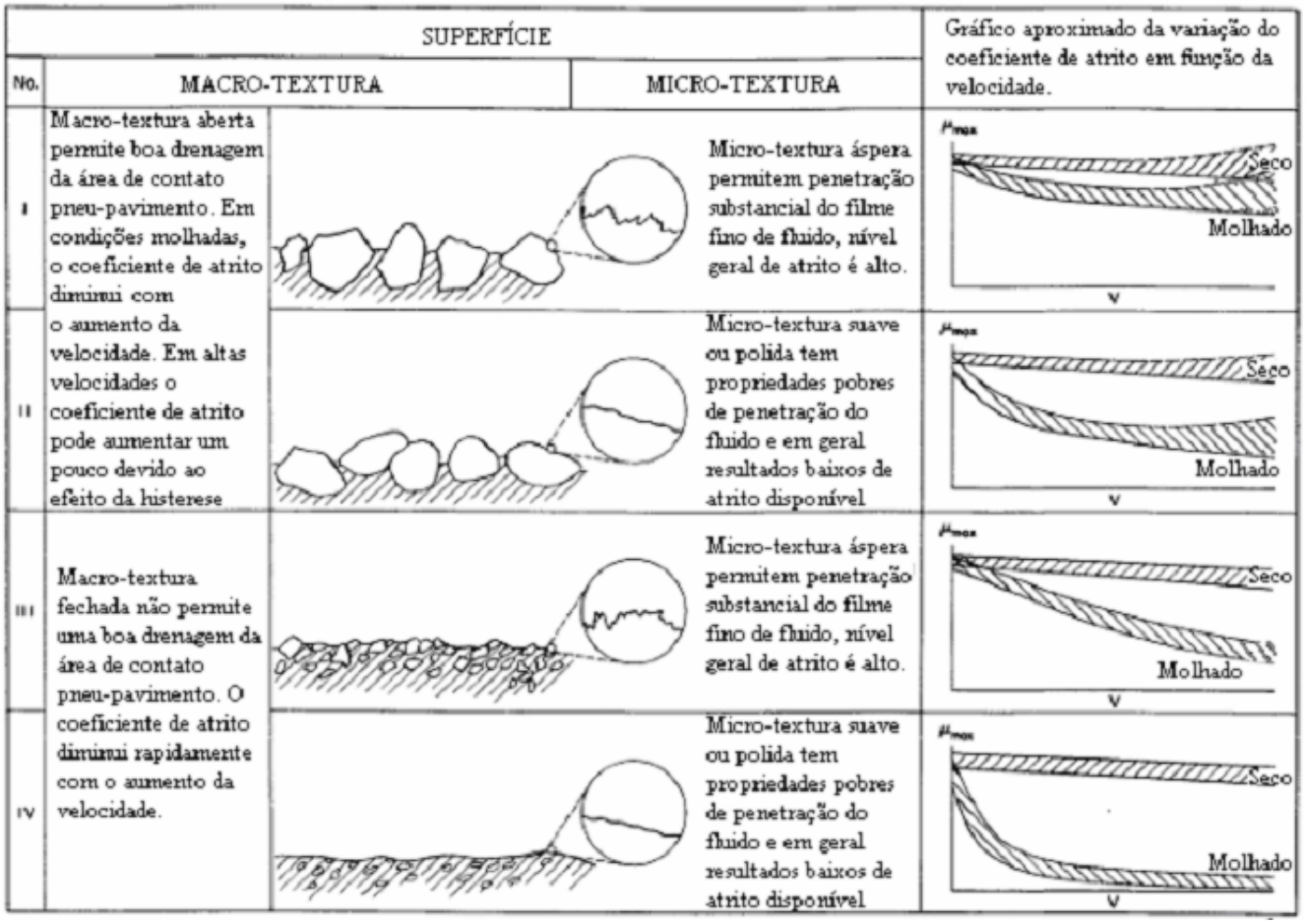
Zona I (contato molhado): é o primeiro contato com a água, a mesma é evacuada gradativamente pelas ranhuras do pneu e pela aspereza do revestimento, sem estabelecer o contato direto com a pista, contendo uma aderência praticamente nula;

Zona II (contato úmido): parte da água é evacuada, ocasionando um pequeno contato entre o pneu e a rugosidade do revestimento, possibilitando a ocorrência de um movimento

relativo no domínio da viscosidade da água. O fenômeno de viscoplanagem ocorre nesta zona de contato;

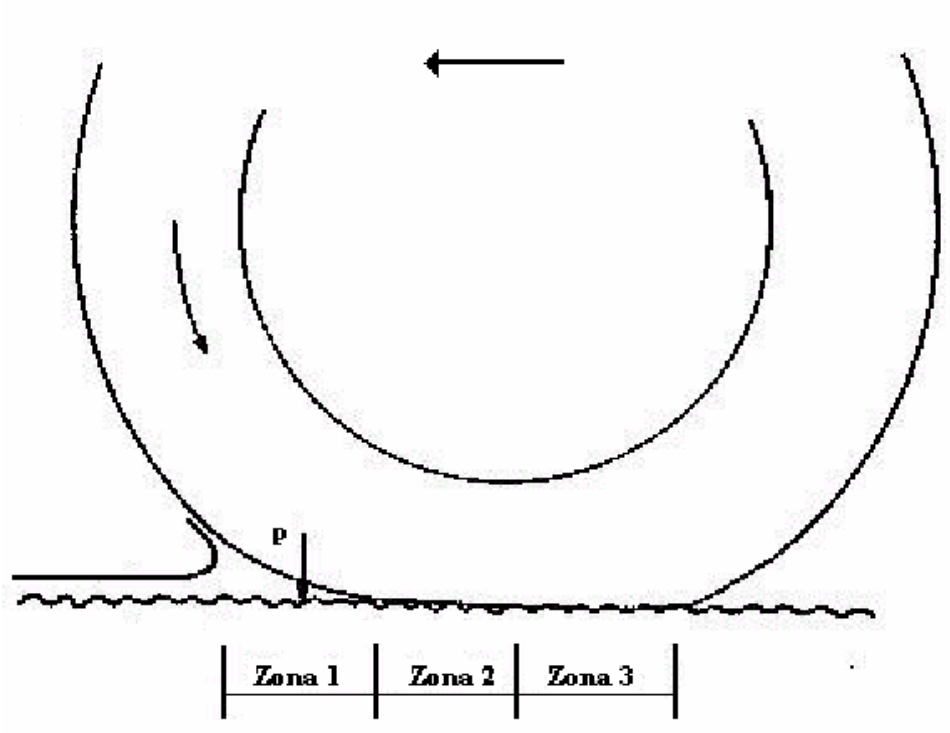
Zona III (contato seco): ocorre uma total evacuação da água e um completo contato entre o pneu e o pavimento.

Figura 5: Esforços em camadas do pavimento.



Fonte: ESDU, 1971 apud Mattos, 2009, p. 16.

Figura 6: Zonas de contato entre o pneu e o pavimento.



Fonte: Santos (2004, p. 18).

As porcentagens de cada área vão estar sujeitas as questões de velocidade do veículo, da pressão que os pneus iram sofrer ao decorrer do percurso, das condições de textura do pavimento, e ainda da manobra do condutor. A completa eliminação da água da área de contato pneu-pavimento requer tempo, uma vez que, este fator depende da macrotextura e microtextura. A macrotextura, com suas características de graduação dos agregados em relação a sua altura (HS), do grau de polimento da superfície, em conjunto com os sulcos dos pneus permitem que grande parte da água possa ser drenada (APS, 2006, p. 16).

> A resistência à derrapagem pode ser considerada em duas parcelas, resultantes dos fenômenos de adesão (dependente da natureza dos materiais em contato, bem como da atração entre eles, da condição seca da superfície e da área real de contato) e histerese ou intertravamento (resultante da deformação na borracha da banda de rodagem do pneu, ocasionada pelo contato com as rugosidades da superfície). O coeficiente de atrito pode ser medido no sentido longitudinal ou transversal ao deslocamento do veículo. O coeficiente de atrito longitudinal diz respeito à força que se desenvolve na área de contato pneu-pavimento quando se arrasta uma roda travada por meio de um veículo trator. Este coeficiente simula uma situação de frenagem de emergência no sentido longitudinal. Coeficiente de atrito transversal diz respeito à força perpendicular ao plano de rotação da roda, quando esta circula com uma inclinação em relação à sua direção de avanço. Esse coeficiente é o que melhor representa uma situação de derrapagem do veículo em zonas de curvas (SANTOS, 2008, p. 34-35).

As texturas da camada superficial da camada de rolamento do pavimento classificam-se em quatro tipos, microtextura, macrotextura, megatextura e irregularidade.

Segundo Bernucci *et al* (2008, p. 430), quanto a classificação da textura a (The World Road Association) PIARC diz que, a mesma depende do comprimento de onda, das distâncias entre duas extremidades (picos), ou depressões na superfície, como pode-se ver na tabela 1 a seguir.

Tabela 1: Classificação da Textura de um Pavimento.

Classificação da textura	Faixa de comprimento de onda
Microtextura	$\lambda < 0{,}5$mm
Macrotextura	$0{,}5\text{mm} \leq \lambda < 50\text{mm}$
Megatextura	$50\text{mm} \leq \lambda < 500\text{mm}$
Irregularidade	$0{,}5\text{m} \leq \lambda < 50\text{m}$

Fonte: Modificado de Bernucci *et al*, (2008, p. 430).

Aps (2006, p. 20) ressalta que, as características geométricas das vias têm elevada influência sobre a aderência pneu/pavimento e também na ocorrência de acidentes. Levando-se em consideração que as vias em estado de boa conservação e manutenções frequentes, quando necessárias, devem fornecer ao usuário condições seguras, para que assim, não ocorram mais situações de risco aos condutores que a elas trafegam.

2.2.1 Microtextura

Microtextura define-se como “distribuição espacial das asperezas na superfície dos granulares componentes do revestimento, capazes de interagir com a banda de rodagem do pneu, rompendo o filme de água [...]” (FERREIRA, 2002, p. 33).

Ainda Bucharles (2014, p. 30) diz que, a microtextura do pavimento depende da mistura betuminosa em conjunto com o agregado, assim ambas definem a sua textura final. Esta se subdivide em duas texturas distintas, sendo ela rugosa ou polida, uma e outra devem conter

agregados suficientes para que ocorra o rompimento da lamina d'água e não acarrete na aquaplanagem do veículo durante seu percurso.

Conforme especificações do DNIT (2006), o método de avaliação para a microtextura é através do ensaio, ASTM E 303 – Surface Fictional Properties Using The Britsh Pendulum Tester – Método de Pendulo Britânico.

Para garantir um pavimento com microtextura medianamente rugosa, é recomendado um valor mínimo de resistência à derrapagem de 47, pois a microtextura proporciona um rompimento da película de água, promovendo o contato pneu-pavimento, no entanto, em baixas velocidades de deslocamento de até 40 km/h (BERNUCCI *et al*, 2008, p. 430).

De acordo com DO *et al* (1995 *apud* FERREIRA, 2002, p. 34), existem três características da geometria da microtextura, que compõem e contribuem para que ocorra o rompimento da lamina d'água, estas são:

- Dimensão: são os intervalos de valores na direção horizontal onde há um ganho de aderência, isto é, a dimensão útil;
- Densidade: diz respeito à quantidade de asperezas por unidade de área e está diretamente relacionada à macrotextura, uma vez que, o contato aumenta com a densidade, no entanto, quando se tem ausência de macrotextura a densidade, ainda com valores elevados, não interfere sobre a aderência.
- Forma: estas devem ser cônicas exibindo pequenas ondulações nos picos, permitindo exercer uma pressão e possibilitando que resulte um rompimento da lamina d'água e ainda, conter o desgaste excessivo dos pneus.

As características mencionadas pelo autor, em relação aos agregados, visando que estes contribuem para a formação da camada superficial de rolamento, são definidas a partir do tipo de revestimento utilizado para cada local de aplicação. Desde a escolha do agregado, quanto à dimensão útil do mesmo, quanto à quantidade de asperezas e sua forma. Diante disso, estes itens que compõem a geometria da microtextura fazem-se importantes para a composição de um pavimento aderente, pois estão diretamente relacionados com microtextura do pavimento.

Segundo Ferreira (2002, p. 19), deve-se considerar a microtextura quando se tem a possibilidade de viscoplanagem, em razão de que, as arestas vivas dos granulares contribuem no rompimento da lâmina d'água em casos onde a superfície está apenas úmida, todavia em contato com a banda de rodagem do pneu logo retornando ao seu atrito, ou seja, o contato seco.

2.2.1.1 Classificação da Microtextura

De acordo com Bernucci *et al* (2008, p. 431), a microtextura classifica-se em função do (Valor de Resistência à Derrapagem) VDR, obtido com o ensaio do Pêndulo Britânico, como demonstra a Tabela 2.

Tabela 2: Classes de Microtextura (ABPv, 1999).

Classe	Valor de resistência a derrapagem
Perigosa	< 25
Muito Lisa	25 < VDR ≤ 31
Lisa	32 < VDR ≤ 39
Insuficiente Rugosa	40 < VDR ≤ 46
Medianamente Rugosa	47 < VDR ≤ 54
Rugosa	55 < VDR ≤ 75
Muito Rugosa	VDR > 75

Fonte: Modificado de Bernucci *et al*, (2008, p. 431).

Além disso, a norma do DNIT (2009, p. 10), recomenda valores de VDR ≥ 47.

2.2.2 Macrotextura

A macrotextura é caracterizada através do conjunto de graduação e dimensão dos granulares do concreto asfáltico, bem como da execução da camada de revestimento em campo, isto é, a compactação. É responsável pela aderência em altas velocidades nos dias molhados, contribuindo com a evacuação da água que se encontra entre os sulcos dos pneus e a camada de rolamento. Ainda assim, a mesma ajuda na contribuição para reduzir o fenômeno hidroplanagem, acarretando na drenagem do pavimento, que por sua vez, retorna gradativamente o contato seco (FERREIRA, 2002, p. 36).

“[...] As superfícies rugosas de pavimento de concreto asfáltico são resultantes do uso de granulares grandes. Contudo, as propriedades mecânicas podem ser diferentes para granulares de tamanho máximo, grandes ou pequenos” (MOMM, 1998, p. 64).

Conforme especificações do DNIT (2009, p. 10), o método de avaliação e mensuração para a macrotextura é através do ensaio de Mancha de Areia, conforme ASTM E 965-96.

> A construção de um pavimento de concreto asfáltico deve perseguir a definição de um concreto constituinte da camada superficial do pavimento no qual a rugosidade seja produzida pela escolha conveniente dos diversos materiais utilizados, especialmente, pela curva granulométrica caracterizada pelo tamanho máximo do granular e por parâmetro da distribuição granulométrica. O aumento do tamanho dos granulares constituintes do pavimento proporciona o aumento do efeito histerese o que pode representar aumento de resistência ao rolamento e aumento do consumo de combustível. Pavimento rugoso oferece saliências ao contato da borracha da banda de rodagem do pneu que pode produzir aumento do consumo de combustível por causa da dissipação de energia por deformação. As asperezas vivas em excesso podem detonar a integridade da borracha pela mordedura do granular. Maior rugosidade e aspereza pode ocasionar menor vida útil do pneu (MOMM, 1998, p. 36-37).

Santos (2008, p. 37) destaca que, diversos fatores influenciam na macrotextura de um revestimento, como processos de britagem, origem mineralógica, o projeto das misturas do revestimento, preparação e execução das mesmas. Ao passar do tempo, a macrotextura sofre constantes alterações, devido principalmente à ação do tráfego. Essas alterações diminuem a capacidade de escoamento da água, dificultando a drenagem da lâmina d'água formada sobre a superfície, provocando com isso o fenômeno chamado reflexão luminosa, observado na Figura 7.

a) Pavimento contendo flexão luminosa;
b) Inicio do pavimento com textura lisa, final rugosa;
c) Inicio do pavimento liso, com pouco escoamento e muita reflexão, ao final o inverso.

Figura 7: Reflexão luminosa.

Fonte: Santos, (2008, p. 37).

Logo, compreende-se que, “a macrotextura depende basicamente da graduação da mistura utilizada na camada de rolamento e pode ser classificada por aberta ou grosseira e fechada ou fina” (APS, 2006, p. 19).

De acordo com Ferreira (2002, p. 3-4), a macrotextura por fazer parte da textura do revestimento e consigo trazer a disposição espacial dos granulares na mistura asfáltica, apresenta formações de canais por onde a água escoa. Portanto, uma superfície de macrotextura eficiente está diretamente relacionada à quantidade de água depositada sobre a pista, sendo assim, uma macrotextura suficiente para que não permita o acumulo de água na camada de rolamento, logo sobrepondo-se aos picos dos granulares.

A deficiência na drenagem dos pavimentos pode provocar o fenômeno chamado hidroplanagem, deste modo, o mesmo faz com que o pneu perda o total contato com o pavimento,

permanecendo entre o pneu e o pavimento apenas lâmina d'água. Por conseguinte, o fenômeno refere-se pelo simples fato da espessura da lâmina d'água ter extrapolado a altura das saliências da rugosidade (macrotextura) do revestimento. A avaliação frequente da macrotextura de um revestimento pode ajudar e proporcionar um melhor gerenciamento dos pavimentos, assim previnindo estes e outros fatores (FERREIRA, 2002, p. 2).

Momm (1998, p. 42), descreve que "a drenabilidade do pavimento consiste na sua capacidade em drenar a agua superficial por suas rugosidades. É uma técnica de quantificar a macrotextura do pavimento. A forma, o tamanho e a densidade dos granulares salientes a superfície influem na drenabilidade do mesmo".

Quanto ao tipo da macrotextura do pavimento, estas se apresentam inicialmente por um revestimento asfáltico que depende da origem da mesma, o tipo envolve cinco itens descritos a seguir (FERNANDES, 1998, *apud* FERREIRA, 2002, p. 37):

- Origem Mineralógica: Conforme a rocha-mãe os granulares apresentam diversas características, estas são a angularidade, a esfericidade, a resistência ao desgaste, etc;
- Processo de Britagem: Esse procedimento influência diretamente no grau de esfericidade granular, preferindo-se os processos que eliminem direções preferenciais de ruptura e dê forma cúbica ao granular;
- Projeto das Misturas do Revestimento: Define a granulometria do material a ser utilizado, a partir do diâmetro máximo efetivo do granular. Frequentemente as misturas que possuem granulometria descontinua, ou que possuem mínimos teores de granulares nas dimensões da areia, são consideradas misturas de macrotextura forte;
- Método de Preparação do Revestimento: Pode provocar desigualdades nas misturas devido ao alto ou baixo teor de betume. Misturas com preparação em usinas obtêm seguimentos em conformidade com a macrotextura. O método da Penetração Invertida geralmente tem como consequência à exsudação;
- Método de Execução da Camada de Revestimento: Necessitam das especificações dos projetos, para que assim realizem a execução do revestimento, estas

especificações sendo energia de compactação, temperatura de execução e o número de passadas do rolo compressor.

Além dos itens referentes à origem, descritos acima, o autor relata que, a macrotextura por sua vez sofre frequentes alterações em sua vida útil, pois o trafego ao decorrer do tempo faz com que a textura do pavimento se desgaste, assim sofrendo modificações que diminuem o escoamento da água na superfície de rolamento, logo impedindo o rompimento da lamina d'água. Essas modificações podem ser:

- Desagregação: Esta acontece frequentemente pela falta de ligante na mistura asfáltica, deixando o agregado com pouca aderência, este por não suportar ás forças cisalhantes que são exercidas pela ação do trafego modificando sua disposição inicial, ou seja, separação do que antes estava agregado;
- Desgaste: É a deterioração da superfície causada pelo uso, reduzindo as saliências dos agregados, decorrente de produtos químicos e demais, isto é, a ocorrência da ação abrasiva sobre a superfície de rolamento;
- Densificação do Revestimento: É a compactação ocasionada através do tráfego de veículos, acomodando os granulares graúdos com os miúdos, estes se nivelando e então diminuindo os canais de escoamento da água, em consequência a diminuição da macrotextura da superfície;
- Ruptura do Granular: É prejudicial à macrotextura quando o rompimento acontece paralelo ao plano da superfície;
- Recomposição: Se dá através da compactação ocasionada pelo tráfego, alterando a disposição dos granulares na superfície.

Pasquet (1968, *apud* Ferreira, 2002, p. 41), recomenda valores de adequação para a textura do revestimento, considerando a velocidade de tráfego permitida, vem através da tabela 3 trazer a aplicação dos revestimentos em função da altura média de areia-HS.

Tabela 3: Aplicação dos revestimentos em função da altura média de areia-HS.

Altura Média de Areia HS (mm)	Textura Superficial	Aplicação do Revestimento
HS < 0,20	Muito fina ou muito fechada	Não deve ser utilizado
0,20<HS≤0,40	Fina ou fechada	Reservado para zonas urbanas (V>80 km/h)
0,40 < HS ≤0,80	Média	Indicados para via com 80 km/h<V≤120 km/h
0,80<HS≤1,20	Grosseira ou aberta	Indicados para via com V>120 km/h
HS>1,20	Muito aberta	Indicado em casos especiais (zonas de perigo constante com longos trechos retos, zonas onde há uma presença constante de contaminantes, etc).

Fonte: Pasquet, 1968 *apud* Ferreira, 2002.(Adaptado).

Ferreira (2002, p. 38), discorre que a insuficiência de macrotextura em um pavimento é nociva ao tráfego dos veículos, por outro lado a rugosidade excessiva da superfície também é uma característica negativa. Todavia, se tiver um aumento no tamanho dos granulares constituintes do revestimento, este vem a ocasionar aumento do efeito de histerese, em conjunto o aumento da resistência ao rolamento, e ainda em consequência, um aumento no consumo de combustível dos veículos. Em decorrência a elevada rugosidade do revestimento, a vida útil dos pneus diminui devido ao desgaste excessivo, estas detonam a integridade da borracha.

O autor ainda afirma que, “a eficiência da macrotextura depende o tipo de aplicação do revestimento, da velocidade do tráfego permitida, e de aspectos pluviométricos da região onde se encontra”.

Momm (1998, p. 37) explica que, a macrotextura ocasiona, quando muito rugosa, o ruído. O ruído se da quando o pneu desliza sobre o pavimento, e este por ser mais rugoso gera mais

vibrações na banda de rodagem do pneu, logo faz com que ocorra a formação de ruídos, porém com frequências mais baixas.

Em relação à drenagem do pavimento, é a rugosidade que gera os devidos canais de escoamento, e que fazem com que ocorra a drenagem da água do pavimento. Uma vez que, a drenagem superficial acarreta na diminuição do fenômeno de hidroplanagem, salientando que de modo muito forte, e ainda por conexão deste, o fenômeno da viscoplanagem, ambos dependem diretamente da altura da lamina d'água (MOMM, 1998, p. 37).

Conforme Bucharles (2014, p. 25), a macrotextura deve apresentar uma satisfatória drenagem no pavimento, estas liberadas pelos seus microcanais e formadas pela disposição dos seus granulares.

Embora o método seja de fácil execução e rápido é necessário à identificação de algumas limitações como (MOMM, 1998, p. 38):

- A impossibilidade de identificar a forma das rugosidades, o que pode induzir a um resultado idêntico de altura de areia para rugosidade com formas totalmente desiguais;
- Imprecisão dos resultados quando realizado em revestimentos finos, cuja textura se aproxima do tamanho médio dos grãos da areia padrão.

Segundo Momm (1998, p. 41), apesar das "críticas da falta de precisão do método de mancha de areia, o estudo mostra que é aceitável desde que os valores de ensaio não sejam efetivamente pequenos, isto é, pavimentos lisos [...]". Com isso, pode-se dizer que a rugosidade do pavimento em condições lisas, para efeitos de cálculo não são precisas.

2.2.2.1 Classificação da Macrotextura

Conforme Bernucci *et al* (2008, p. 431), a macrotextura é classificada conforme a altura média de mancha de areia segundo critérios, mostrados na Tabela 4.

Tabela 4: Classes de Macrotextuta (ABPv, 1999).

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

Fonte: Modificado de Bernucci *et al*, (2008, p. 432).

Ainda, a norma do DNIT (2009, p. 10), recomenda que para ensaios de mancha de areia, a altura média deve conter-se entre a faixa de 0,6 mm ≤HS (Altura da Mancha de Areia) ≤1,2 mm.

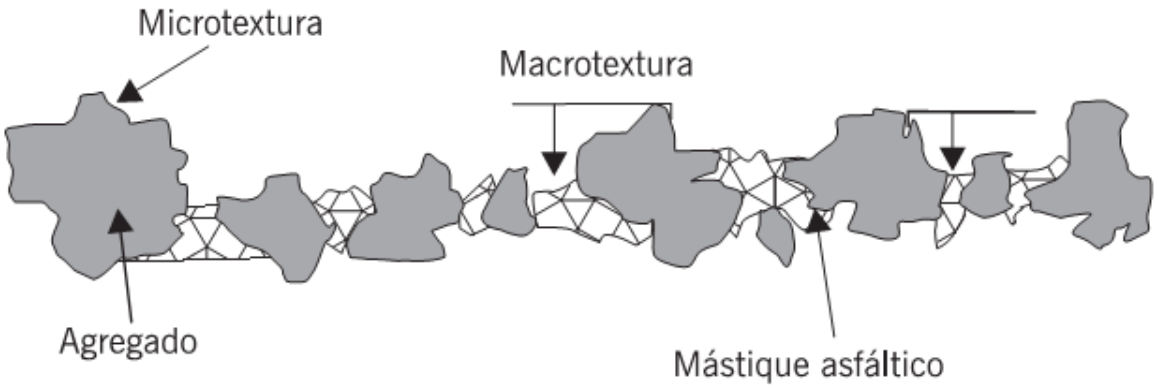
2.2.3 Megatextura

A megatextura e a irregularidade implicam na dinâmica dos veículos, no contato do veículo com o pavimento, com isso, afetando a estabilidade direcional e ainda, a aderência em pistas molhadas.

Por outro lado, para fazer a avaliação da textura superficial em relação à aderência, deve-se evidenciar a microtextura, pela qual, depende da face de rolamento e aspereza dos agregados nela constituintes. A macrotextura depende da rugosidade constituída através do conjunto agregados e mástique, estes representados na Figura 8, (BERNUCCI *et al*, 2008, p. 430).

Um nível elevado de megatextura é de certa forma, execução de baixa qualidade, deterioração superficial e até mesmo, recalques localizados. Por vez, uma baixa megatextura reduz o acumulo de água na pista, também diminuindo a utilização da suspensão dos veículos. Já uma má megatextura pode ser resultado de deformações da face do pavimento, ocasionando o aumento do risco de aquaplanagem (CAMPEDILLI e NETO, [20--?], p. 18).

Figura 8: Zonas de contato entre o pneu e o pavimento.



Fonte: Bernucci *et al*, (2008, p. 430).

2.2.4 Irregularidade

A irregularidade longitudinal de um pavimento é o somatório dos desvios da superfície em relação a um plano de referência ideal de projeto geométrico que afeta a dinâmica do veículo, o efeito dinâmico das cargas, a qualidade ao rolamento e a drenagem superficial da via (BERNUCCI *et al*, 2008, p. 407).

2.3 *INTERNATIONAL FRICTION INDEX – IFI*

De acordo com DNIT (2009, p. 10), a avaliação da superfície de rolamento quanto ao deslizamento (microtextura) e quanto à dimensão dos agregados (macrotextura), podem ser obtidos através dos ensaios de Pêndulo Britânico e Mancha de Areia. Então, para estes valores de texturas adquiridas através destes ensaios, há uma combinação que quantifica ambos por intermédio de um índice determinado (International Index Friction) – IFI.

O IFI é um dos parâmetros de quantificação da aderência pneu-pavimento, logo este vem com o intuito de proporcionar aos usuários maior segurança ao trafegar na pista, assim reduzindo os acidentes (APS, 2006, p. 29).

Segundo Bernucci *et al* (2008, p. 434), no ano de 1992 para o atrito foi criado o Índice Internacional de Atrito – IFI, pela PIARC portanto criando uma escala única, permitindo a comparação de resultados. O experimento para criar essa escala única de elaboração do índice,

utilizou 41 equipamentos distintos, assim obtiveram 15.000 dados para a investigação de atrito, bem como as devidas correlações empíricas entre as mesmas. Visando que, para a elaboração do experimento, os valores de IFI correspondem ao atrito de um veículo de passeio que se desloca a 60 km/h, com rodas travadas e pneus lisos, sobre o pavimento molhado.

Enfim, os valores de IFI relacionam o atrito do pavimento com a velocidade de deslizamento, este procedimento de cálculo pode ser obtido através da norma ASTM E – 1960.

Ainda o DNIT (2009, p. 10) destaca valores mínimos para a textura superficial do pavimento e ainda valores de IFI em determinadas velocidades:

- Microtextura
  Pêndulo Britânico: VDR ≥ 45
- Macrotextura
  Ensaio de Mancha de Areia: 0,6mm≤ HS≥ 1,2mm
- Valor de IFI a uma velocidade de 60 km/h: 0,22 para obras rodoviárias novas
- Valor de IFI a uma velocidade de 60 km/h: 0,15 para pavimentos restaurados (bom)

2.3.1 Classificação dos valores de IFI

De acordo com o Manual de Restauração de Pavimentos Asfálticos (DNIT, 2006, p. 109), o IFI pode ser avaliado através da Tabela 5, conforme sua classificação.

Tabela 5: Valores do IFI.

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

Fonte: Modificado de DNIT, (2006, p. 109).

2.4 INFLUÊNCIA DO TIPO DE REVESTIMENTO NA TEXTURA SUPERFICIAL

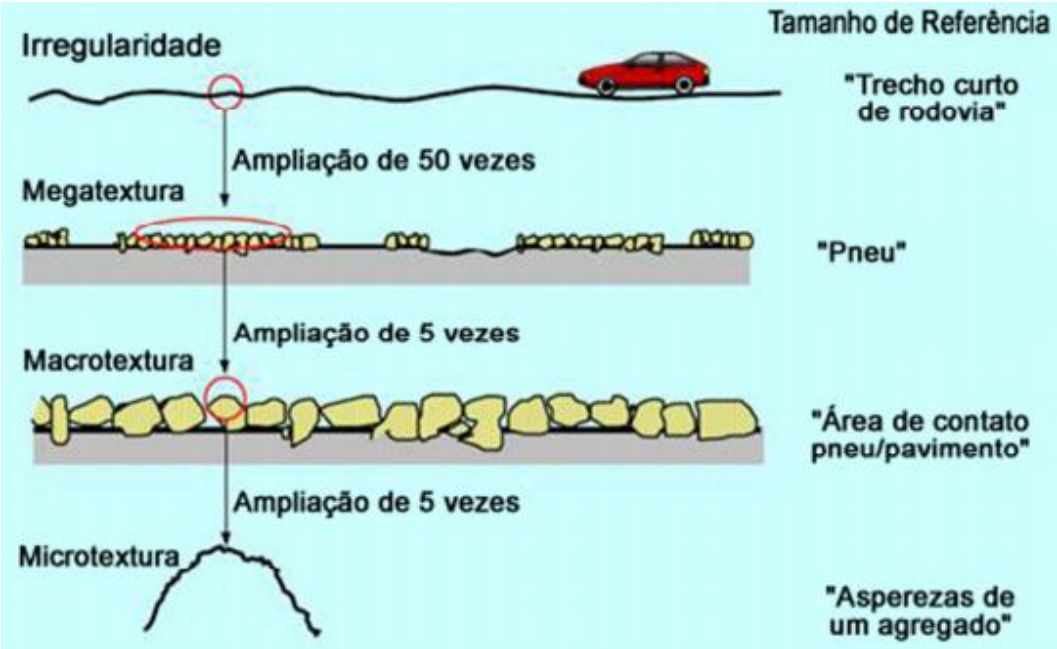
Segundo APS (2006, p. 53), em misturas asfálticas as principais características, que por sua vez, influenciam na textura superficial do pavimento podem ser, quanto à forma e microtextura superficial dos agregados, principalmente os agregados graúdos (retidos na peneira 4 ou 4,76 mm), quanto a sua distribuição granulométrica e a sua natureza.

Ressalta que, o ligante asfáltico tem pouca influência na textura superficial dos agregados, "[...] sua importância é indireta e relativa á resistência e a desagregação dos revestimentos que podem, após uso pelo tráfego e ação das intempéries, sofrerem arrancamento de agregados, denominados na classificação de defeitos por desgaste da superfície", desta forma acarretando na alteração da textura superficial do pavimento.

> Muitas vezes a seleção de um revestimento de pavimento muito seguro em relação à resistência a derrapagem ou a aderência, principalmente em pistas molhadas, pode levar a uma geração de ruído mais intensa. No entanto, pode-se, em determinadas situações de pavimentos e estradas, optar por revestimentos que combinem esses dois aspectos: segurança na condição do veículo e ruído menos intenso. A superfície do pavimento é sempre responsável por parcela importante da segurança e do ruído gerado (CALLAI, 2011, p. 42-43).

Logo, a superfície do pavimento abrange quatro grandezas, elas indicadas na Figura 9:

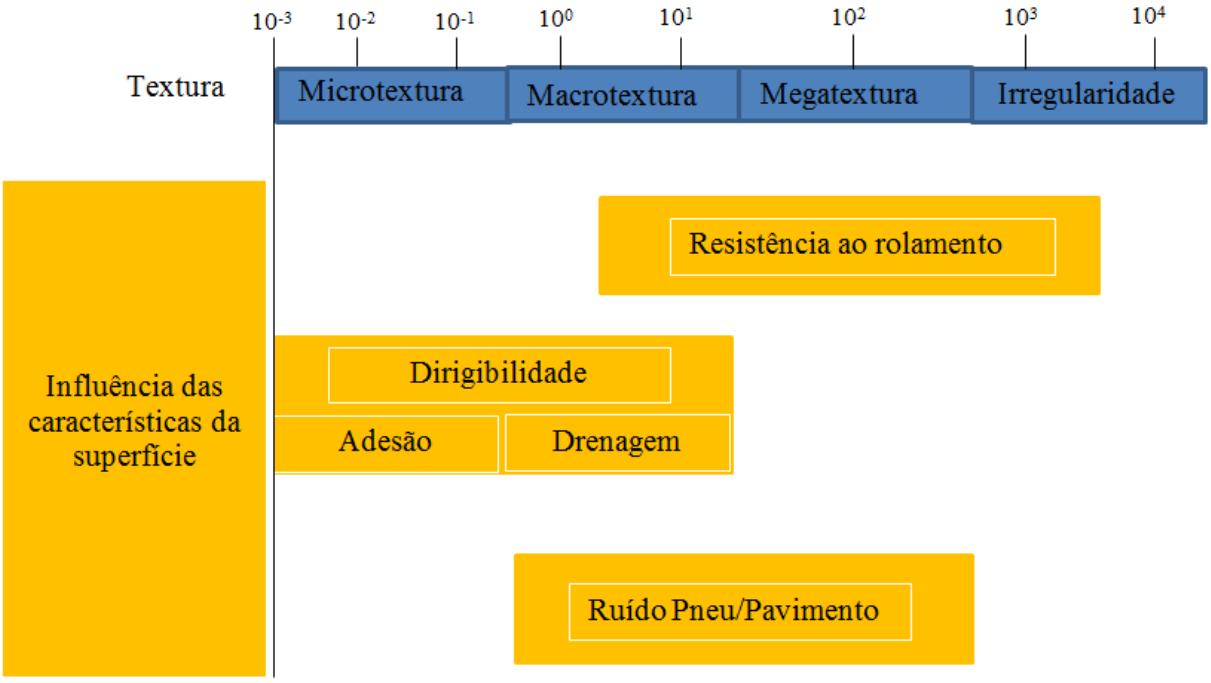
Figura 9: Diferentes tipos de textura no pavimento.



Fonte: Sandberg, 1997 *apud* Callai, 2011.

Estudo realizado por Sandberg, 1997, *apud* Callai 2011, demonstra na Figura 10, os comprimentos de onda que tem influência no ruído, resistência ao rolamento e resistência a derrapagem.

Figura 10: Comprimentos de onda que influenciam na superfície.



Fonte: Sandberg, 1997 *apud*, Callai, 2011.

Segundo Specht (2004, p. 224), as medidas de microtextura são influenciadas pelas asperezas dos agregados, isto é, seu grau de polimento que se da através da ação do tráfego. Em camadas asfálticas recentes, onde não se encontra a exposição dos agregados na superfície de rolamento, estes valores podem ser representados pela presença de um filme de ligante asfáltico que recobre toda a superfície do pavimento.

Conforme Bernucci *et al* (2008, p. 433), um dos fatores que mais interfere no atrito é a macrotextura, por isso, qualquer defeito de superfície que acarrete o fechamento da textura é nocivo. A exsudação (EX), por sua vez, é um dos defeitos mais indesejáveis sob este aspecto. Em compensação, o desgaste (D) pode causar melhoria na macrotextura, pois a perda de mástique trás a exposição das pontas dos agregados que faz com que os vazios formados entre os agregados proporcionem maior vazão superficial. O polimento de agregado é prejudicial à

microtextura, estabelece uma superfície de agregado menos áspera e, consecutivamente, com menor capacidade de ruptura da lâmina d'água.

Ainda, todos os defeitos que intervêm na geometria da via, como afundamentos de trilhas de roda ou localizados, e que trazem, como consequência, o acúmulo da água na superfície do pavimento, são malquistos para a aderência, pois tornam a espessura de película de água maior, aumentando o risco de hidroplanagem.

2.4.1 Graduação de Misturas Asfálticas Usinadas

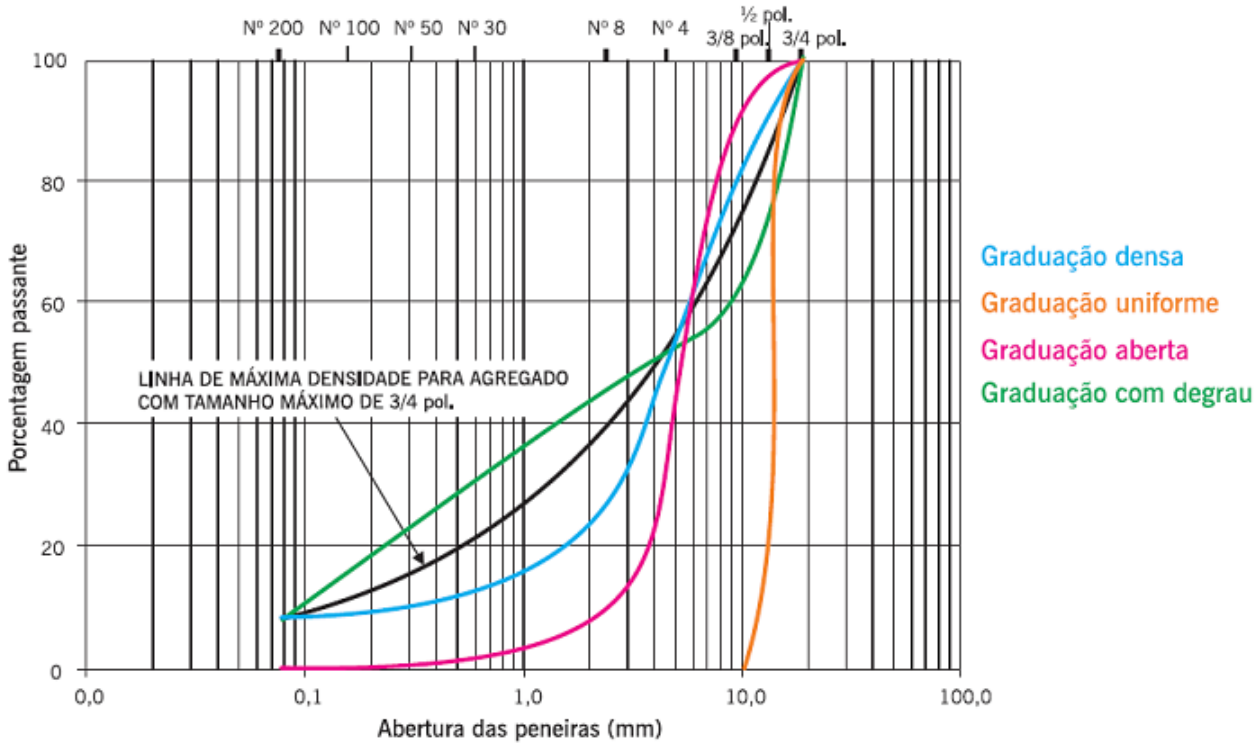
A distribuição granulométrica dos agregados é uma de suas principais características influindo no comportamento dos revestimentos asfálticos. Esta distribuição influencia na trabalhabilidade, permeabilidade, estabilidade, rigidez, resistência a fadiga, resistência ao dano por umidade induzida, a deformação permanente, etc. (BERNUCCI *et al*, 2008, p. 121)

Ainda conforme o autor quatro tipos de graduações se destacam, classificadas como as mais importantes, estas graduações nomeadas como densa, aberta, uniforme e descontínua. As mesmas são descritas a seguir:

- Agregado de graduação densa ou bem graduada é aquele que consiste em uma distribuição granulométrica contínua, isto é, próxima a densidade máxima;
- Agregado de graduação aberta apresenta distribuição granulométrica contínua, poré m com insuficiência de material fino (menor que 0,075mm) para completar os vazios entre os agregados maiores, ocasionando um maior número de vazios. Ainda, nas frações de menor tamanho a curva granulométrica é alcançada e chega a zerar;
- Agregado de graduação uniforme apresenta-se, em sua maioria, agregados com tamanhos em uma faixa bastante estreita;
- Agregado com graduação com degrau ou descontinua, apresenta pouca porcentagem de agregados com tamanhos intermediários. Estes agregados devem ser modificados quando em misturas asfálticas, os quais são sensíveis a segregação.

A classificação das graduações descritas acima pode ser visualizada por meio da representação convencional de curvas granulométricas que esta representada na Figura 11.

Figura 11: Representação convencional de curvas granulométricas.



Fonte: Bernucci *et al*, (2008, p. 123).

3 MÉTODO DE PESQUISA

Neste capítulo são apresentados os procedimentos e os devidos ensaios realizados a campo junto com os métodos para a obtenção da textura dos pavimentos, em vias arteriais do Município de Ijuí.

3.1 CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA

Esta pesquisa pode ser classificada quanto a sua natureza, como básica, objetivando gerar novos conhecimentos para aplicação prática. Em relação à abordagem do problema, esta é classificada por ser uma pesquisa quantitativa, ou seja, traduz opiniões e números em informações as quais serão analisadas e quantificadas. Do ponto de vista dos objetivos, esta é exploratória e descritiva, envolve levantamento bibliográfico e estudos de caso, visto que, compreende técnicas de coleta de dados, observação dos ensaios, análises, classificação e interpretação dos mesmos.

3.2 ESTRATÉGIA DE PESQUISA

Inicialmente foi identificada a via a ser avaliada e em seguida classificada por meio do Plano Diretor do Município de Ijuí.

Posteriormente, buscaram-se conhecimentos necessários para dar início a pesquisa, a revisão bibliográfica e procedimentos para a obtenção da mensuração da macrotextura e microtextura dos pavimentos, com o auxílio de materiais publicados, tese de mestrado, doutorado, livros, artigos e demais textos que assim contribuíram com a mesma. Em suma, para que estas ajudassem ao progresso do trabalho, da mesma forma, dando conhecimentos técnicos e, enfim, originando uma base de pesquisa.

Em relação à seleção dos trechos, o critério adotado para esta etapa foi escolher pontos estratégicos de avaliações da macrotextura e microtextura, pelo fator de trafegabilidade do local. Por ser uma via arterial de grande acesso à cidade e consecutivamente pela alta circulação de veículos em horários intensos de fluxo.

Posteriormente realizaram-se os ensaios de Mancha de Areia (ASTM E 965-96) e Pêndulo Britânico (ASTM E 303-93) a campo, em determinados pontos escolhidos e de contínuo, as suas respectivas coletas de dados.

Segundo DNIT (2009), cita métodos e equipamentos de medida de textura para avaliação da resistência a derrapagem:

> [...] Para avaliação desta resistência devem ser utilizados o Ensaio do Pêndulo Britânico, de acordo com o Método ASTM E 303/93 (1998) e o Ensaio de Mancha de Areia, de acordo com o Método ASTM E 965-96 (2006), ambos citados no Manual de Restauração de Pavimentos Asfálticos, do DNIT, 2006.

De posse ao levantamento completo de dados, foram comparados os valores de macro e microtextura levantados através dos ensaios e comparados estes levantamentos aos valores sugeridos pela norma do DNIT.

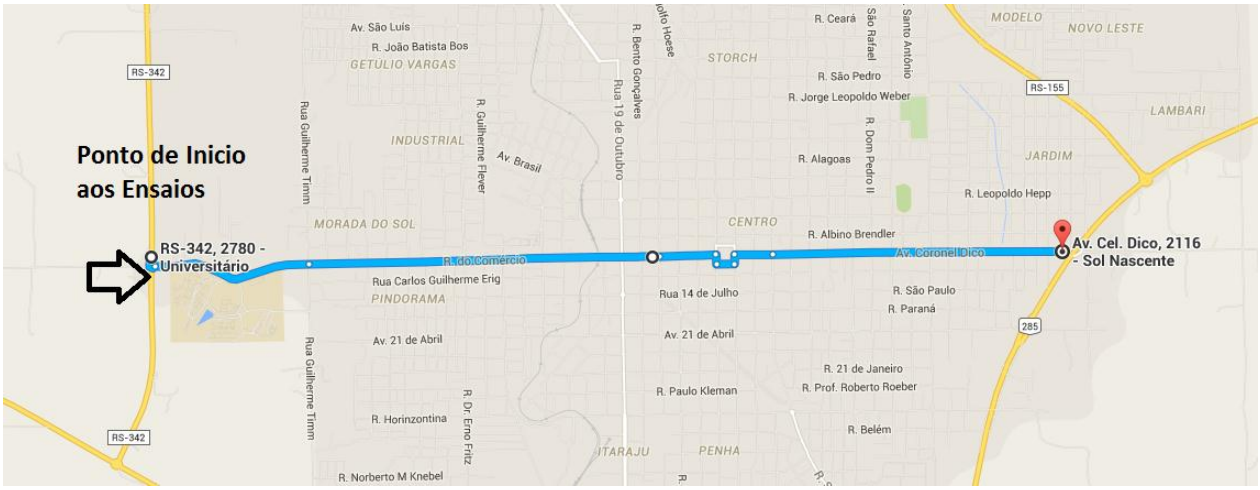
Em seguida verificou-se a correlação dos resultados obtidos com a drenagem superficial encontrada em cada ponto escolhido para o ensaio, com a velocidade permitida do local e ainda a aderência pneu-pavimento quanto à segurança aos usuários ao trafegar na pista de rolamento.

3.3 LOCAIS DOS ENSAIOS

Primeiramente foram determinados os pontos dos ensaios de campo a serem realizados. Estes foram elaborados ao decorrer da pesquisa através de análises bibliográficas de pesquisas realizadas em diversos pavimentos, estes rodoviários e em vias urbanas, referente à textura dos pavimentos. Logo, pode-se perceber que em cada revestimento a análise da textura viária de acordo com a camada superficial e o estado de conservação da mesma, ou seja, depende do tipo de revestimento utilizado para cada pavimento seja ele rodoviário ou urbano.

A distribuição dos pontos foi a cada 500m percorrendo toda a extensão da Rua do Comércio em continuidade com a Avenida Coronel Dico (Figura 12), intercalando os sentidos de tráfego totalizando em 26 pontos.

Figura 12: Extensão Rua do Comércio em continuidade com a Avenida Coronel Dico.



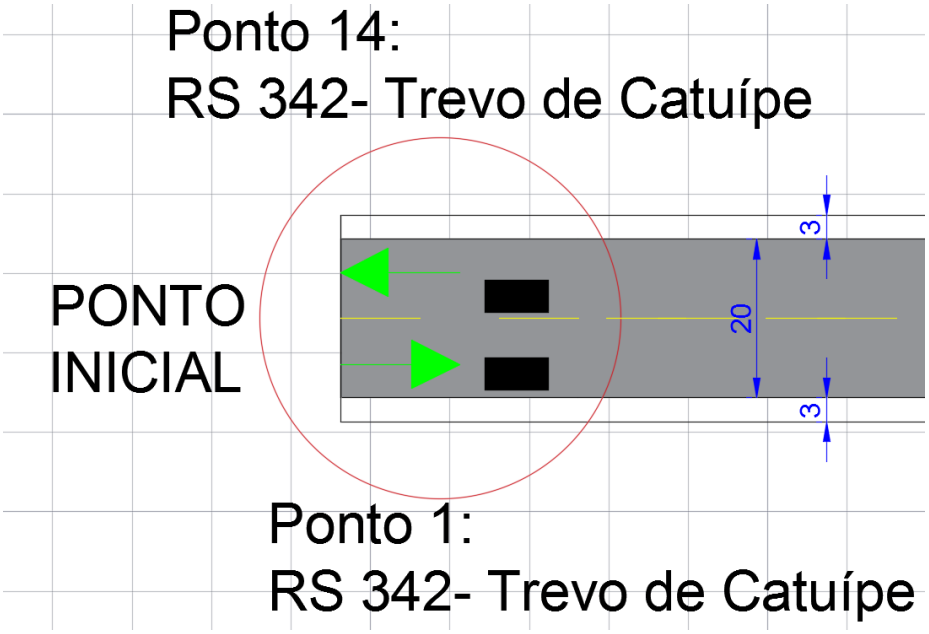
Fonte: Autoria própria.

A Rua do Comércio inicia na intersecção com a RS 342, onde faz entrada na cidade de Ijuí e esta termina na intersecção com a Rua 13 de Maio, localizada no centro da cidade, assim compreendendo uma extensão de 3,5 km. Em continuidade, inicia-se a Avenida Coronel Dico, sendo que a mesma termina na intersecção com a BR 285 e compreende em toda a sua extensão de 2,5km.

Na Rua do Comércio foram realizados 16 ensaios de mancha de areia, em pista seca, a fim de mapear as condições texturais dos pavimentos, sendo 8 ensaios para cada sentido do tráfego. Na Avenida Coronel Dico, foram realizados 10 ensaios, respectivamente em pista seca, sendo 5 ensaios para cada sentido de tráfego. Logo totalizando 26 ensaios ao longo dos dois trechos ambos situados na trilha de roda (TR), estes compreendendo 6 km.

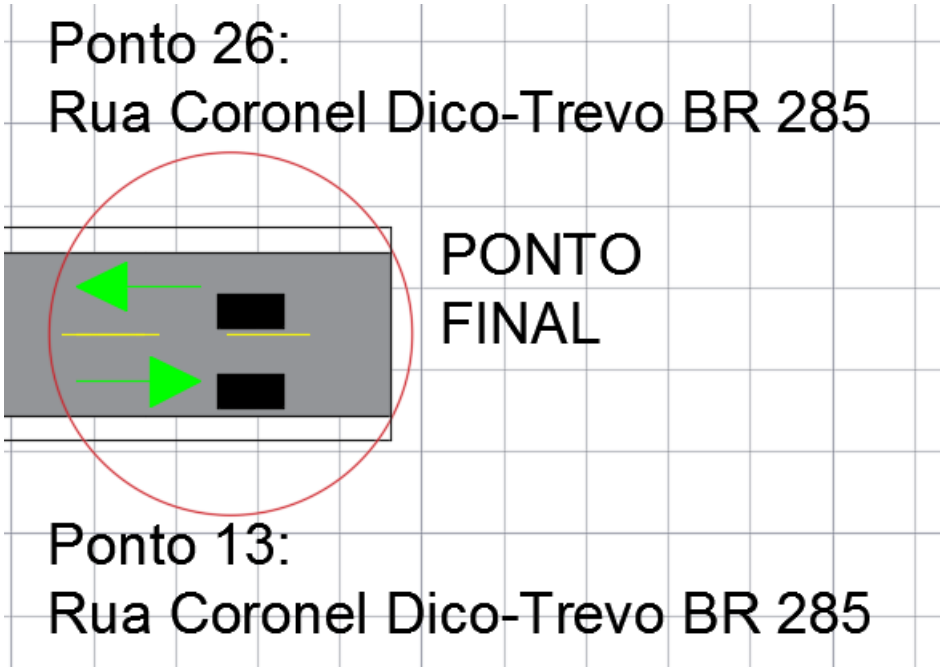
Para os ensaios do ponto 1 (Figura 13) ao ponto 13 (Figura 14), foram realizados levantamentos na faixa Oeste esta tomada como referencial o sentido de fluxo da pista, logo situados na trilha de roda direita (TRD), já os ensaios realizados nos pontos 14 (Figura 13) a 26 (Figura 14), os levantamentos foram realizados na faixa Leste, estes referente ao sentido de fluxo da pista, logo situados na trilha de roda esquerda (TRE).

Figura 13: Local dos ensaios ponto1 e 14.



Fonte: Autoria própria.

Figura 14: Local dos ensaios ponto 13 e 26.



Fonte: Autoria própria.

Ambos os trechos avaliados possuem revestimento do tipo Concreto Asfáltico Usinado à Quente (CBUQ) em toda a sua extensão, e velocidade máxima permitida da via de 50 km/h.

3.4 MÉTODOS PARA OBTENÇÃO DA TEXTURA

3.4.1 Ensaio com Pêndulo Britânico

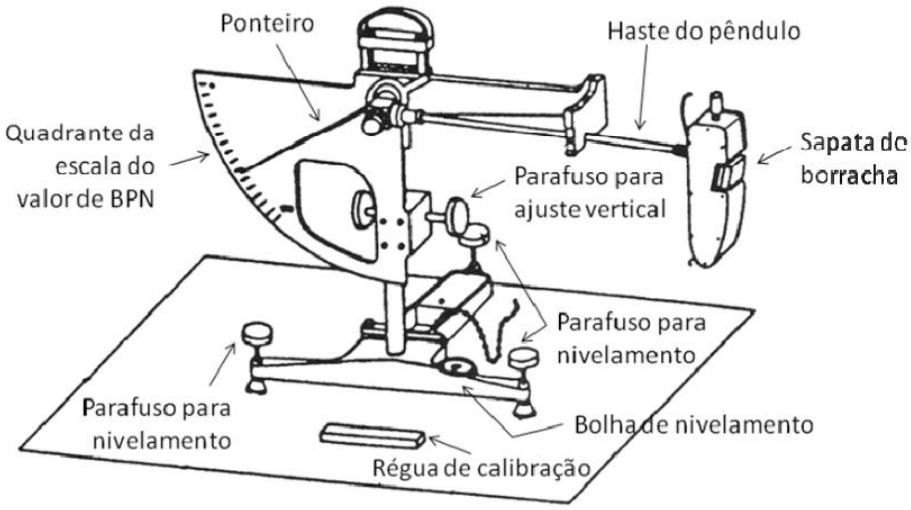
O pêndulo Britânico é o equipamento utilizado para a determinação textural de microtextura. Ele é definido como o método mais prático e rápido, proporcionando maior facilidade em sua execução. "[...] o principio de funcionamento do Pêndulo Britânico consiste na perda de energia de um pêndulo com base emborrachada ao deslisar sobre o pavimento" (MATTOS; SPECHT e NÚÑEZ, 2010).

Existem inúmeros ensaios que permitem a avaliação da microtextura, mas o ensaio mais conhecido no Brasil é o Pêndulo Britânico. Este também permite avaliar as propriedades do atrito superficial do pavimento (BUCHARLES, 2014, p. 31).

Segundo Mattos (2009, p. 51), as características deste ensaio fazem com que ocorra uma percepção quanto à simulação da passagem do pneu de um veículo em baixa velocidade sobre o pavimento molhado.

Para a execução deste ensaio tem-se a necessidade de conhecer os elementos (Figura 15) que o compõe, para ocorrer o entendimento e manuseio correto do aparelho no momento de sua operação.

Figura 15: Elementos constituintes do Pêndulo Britânico.



Fonte: Lamm *et al*, 1999 *apud* Mattos, 2009.

O método de aplicação do ensaio da microtextura está especificado pela ASTM E 303. Conforme Bernucci *et al* (2008, p. 431), para iniciar o procedimento do ensaio é levado a haste do pêndulo até o início e consecutivamente o mesmo é solto, livremente em direção ao pavimento. Após atrito sobre a superfície do pavimento ao encontro do com o pêndulo, o mesmo impulsiona a haste, que por sua vez, marca o valor de VDR.

Mattos (2009, p. 52-53), descreve os processos para que ocorra o ensaio:

- Em primeiro lugar escolher o local onde será instalado o equipamento, de maneira que o trecho a ser analisado seja representativo;
- Em segundo nivelar e calibrar o mesmo, com o auxilio da bolha de nível e do botão giratório que regula a altura do pêndulo;
- Após, soltar a haste (Figura 16), de forma que a sapata de borracha não se encoste no pavimento. É zerado o equipamento e ajustado, se for preciso, o botão de regulagem;
- Também ajustar a área de contato do equipamento com o pavimento através da régua, ela demarca a área atingida pela sapata de borracha;
- Depois molhar a superfície do pavimento para aparentar uma simulação de tráfego, em piores condições;
- E por fim, lançar cinco vezes o pêndulo, assim considerando as quatro últimas medidas, para adotar o valor médio de VDR (Figura 17), para o pavimento em estudo.

Figura 16: Haste sendo solta.

Fonte: Bernucci *et al*, (2008, p. 431).

Figura 17: Marcação.

Fonte: Bernucci *et al*, (2008, p. 431).

Na Figura 18 observa-se o processo de execução do ensaio de microtextura com a utilização do Pêndulo Britânico realizado no Município de Ijuí, ou seja, a sequencia em que o mesmo foi realizado.

Figura 18: Sequência do ensaio com a utilização do Pêndulo Britânico.

Fonte: Autoria própria.

3.4.2 Ensaio de Mancha de Areia

De acordo com DNIT (2006, p. 105), o ensaio de mancha de areia avalia a macrotextura e caracteriza o pavimento quanto a sua capacidade de drenar a confinada entre o pneu e o pavimento, ainda, mede a distância entre os grânulos individuais dos agregados aflorados na superfície do pavimento.

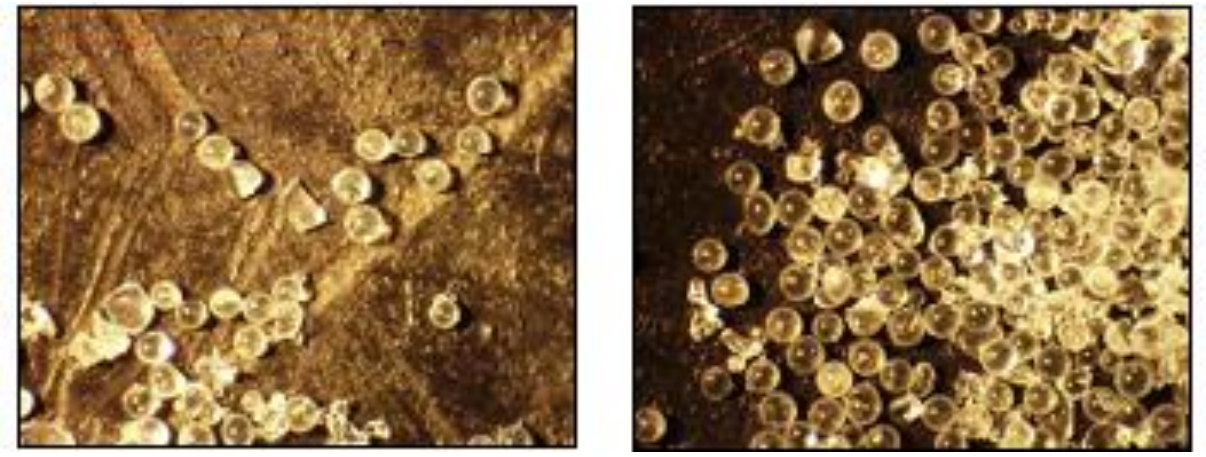
O processo mais comum de mensuração da macrotextura é o método da altura de areia conforme ASTM E 965-96 (2006) (DNIT, 2009, p. 10).

Os materiais utilizados para este ensaio são trena, pincel, o pistão circular, gabarito para auxílio (Figura 19) e a areia (micro esferas de vidro, Figura 20). A areia deve ser arredondada, passante na peneira Nº 60 (0,177 mm) e retida na peneira N° 80 (0,250 mm), contendo um volume de 25.000 mm³. A mesma deve ser espalhada de forma circular com o auxilio de um pistão circular, sendo movimentada em círculos, para que ocorra o perfeito espalhamento na superfície do pavimento, ou seja, de forma homogênea, como se pode observar na Figura 21. Este processo de espalhamento conclui-se quando ocorrem algumas aflorações dos agregados, logo medindo o diâmetro do círculo de areia com o auxílio de uma trena. Utilizam-se quatro direções distintas fazendo-se então as quatro medições (BERNUCCI *et al*, 2008, p. 431).

Figura 19: Materiais utilizados.

Fonte: Autoria própria.

Figura 20: Microesferas de vidro utilizadas no ensaio (aumento de 25x).



Fonte: (SPECHT *et al*, 2006 *apud* SANTOS, 2008, p. 40).

Para se calcular a altura média da mancha de areia, utiliza-se a equação (1):

$$HS = 4V\frac{4V}{D^2\pi} \quad (1)$$

Onde:

HS = altura média de mancha de areia em mm;

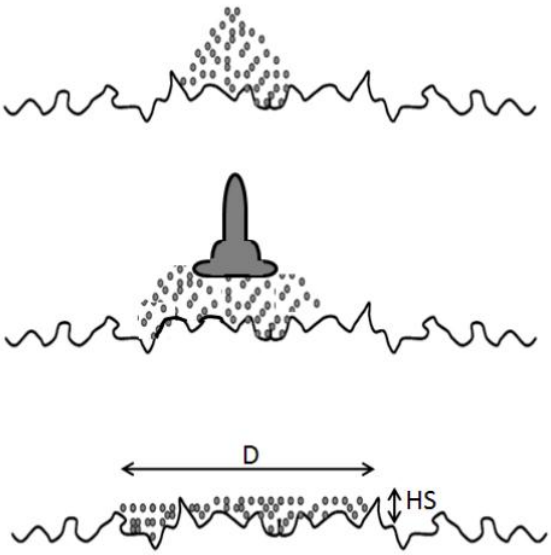
V = volume constante de areia de 25.000mm³;

D = diâmetro médio do círculo de areia em mm.

A divisão desse volume pela área média de mancha de areia formada no espalhamento resulta numa espessura ou altura média com a qual pode se classificar a macrotextura (SILVA, 2005, p. 81).

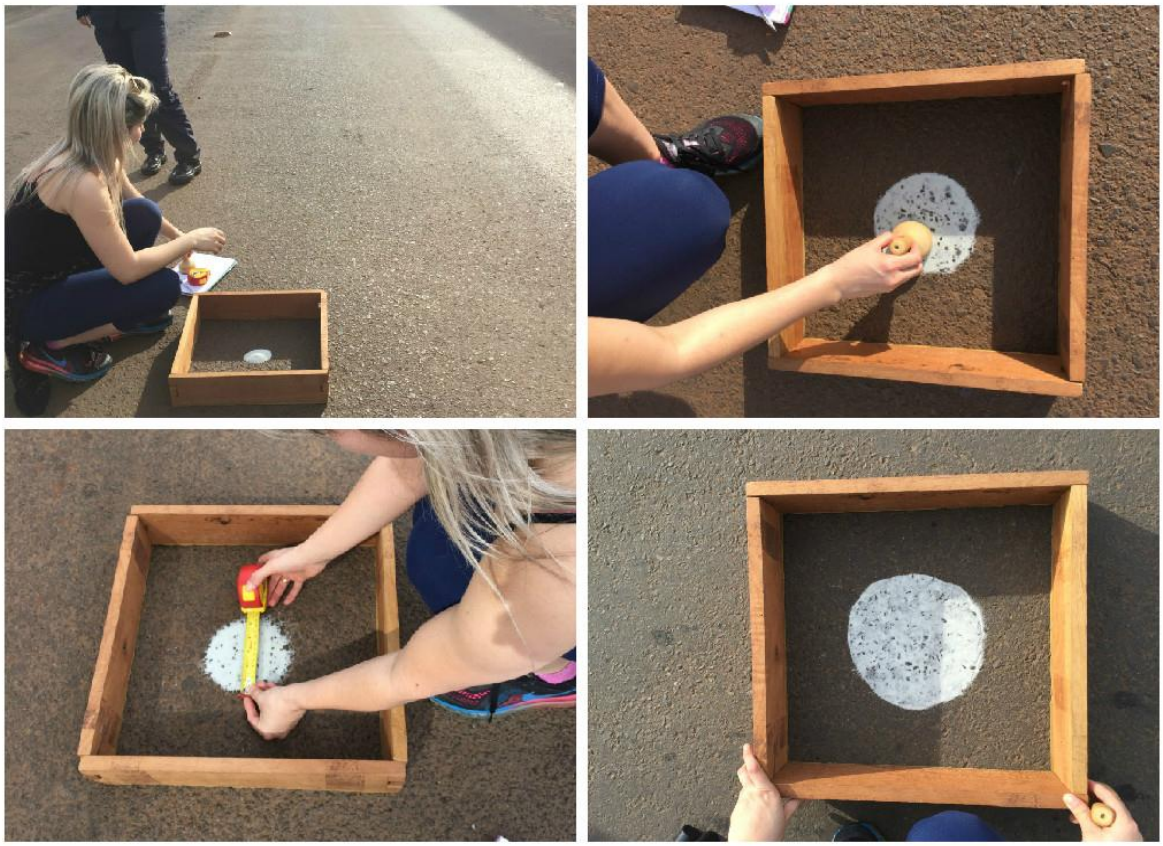
Na Figura 23 observa-se o processo de execução do ensaio de macrotextura a partir do método de mancha de areia realizado no Município de Ijuí, ou seja, a sequência em que o mesmo foi realizado.

Figura 21: Esquema representativo do ensaio Mancha de Areia.



Fonte: (RODRIGUES FILHO, 2006 *apud* MATTOS, 2009, p. 56).

Figura 22: Sequência do ensaio de Mancha de Areia.



Fonte: Autoria própria.

4 RESULTADOS

4.1 LEVANTAMENTO DOS DADOS

A seguir são apresentados os dados dos levantamentos obtidos através dos ensaios de pendulo britânico e mancha de areia.

4.1.1 Levantamento dos Valores de Microtextura

Os levantamentos dos valores de microtextura dos pavimentos foram realizados através do Pêndulo Britânico, simulando a pior condição de tráfego.

Os resultados obtidos nos ensaios foram processados em uma planilha eletrônica do Microsoft Excel, objetivando facilitar os devidos cálculos quanto a sua classificação a partir da tabela de microtextura, em relação à média das medidas em cada ponto, como pode ser observado nas Tabelas 6, 7, 8, 9, 10, 11 e 12 a seguir:

Tabela 06: Valores de microtextura obtidos nos levantamentos.

Ensaios	Ponto 1	Ponto 14	Ponto 2	Ponto 15
Sentido do Fluxo	→ **OESTE**	← **LESTE**	→ **OESTE**	← **LESTE**
Distância (m)	0	0	500	500
Medida 1	44 (nula)	39 (nula)	43 (nula)	37 (nula)
Medida 2	46	43	49	35
Medida 3	48	44	50	40
Medida 4	48	59	51	40
Medida 5	50	55	50	35
Média	48	50,3	50	37,5

Fonte: Autoria própria.

Tabela 07: Valores de microtextura obtidos nos levantamentos.

Ensaios	Ponto 3	Ponto 16	Ponto 4	Ponto 17
Sentido do Fluxo	→ **OESTE**	← **LESTE**	→ **OESTE**	← **LESTE**
Distância (m)	1000	1000	1500	1500
Medida 1	33 (nula)	45 (nula)	37 (nula)	46 (nula)
Medida 2	35	45	39	50
Medida 3	38	47	40	50
Medida 4	38	48	40	53
Medida 5	39	47	41	51
Média	37,5	46,8	40	51

Fonte: Autoria própria.

Tabela 08: Valores de microtextura obtidos nos levantamentos.

Ensaios	Ponto 5	Ponto 18	Ponto 6	Ponto 19
Sentido do Fluxo	→ **OESTE**	← **LESTE**	→ **OESTE**	← **LESTE**
Distância (m)	2000	2000	2500	2500
Medida 1	37 (nula)	49 (nula)	37 (nula)	40 (nula)
Medida 2	44	52	42	40
Medida 3	48	50	42	41
Medida 4	50	50	43	42
Medida 5	50	52	43	41
Média	48	51	42,5	41

Fonte: Autoria própria.

Tabela 09: Valores de microtextura obtidos nos levantamentos.

Ensaios	Ponto 7	Ponto 20	Ponto 8	Ponto 21
Sentido do Fluxo	→ **OESTE**	← **LESTE**	→ **OESTE**	← **LESTE**
Distância (m)	3000	3000	3500	3500
Medida 1	44 (nula)	44 (nula)	49 (nula)	52 (nula)
Medida 2	45	45	54	58
Medida 3	45	45	50	58
Medida 4	48	46	51	56
Medida 5	48	46	48	55
Média	46,5	45,5	50,8	56,8

Fonte: Autoria própria.

Tabela 10: Valores de microtextura obtidos nos levantamentos.

Ensaios	Ponto 9	Ponto 22	Ponto 10	Ponto 23
Sentido do Fluxo	→ **OESTE**	← **LESTE**	→ **OESTE**	← **LESTE**
Distância (m)	4000	4000	4500	4500
Medida 1	44 (nula)	43 (nula)	49 (nula)	43 (nula)
Medida 2	46	44	54	29
Medida 3	44	45	53	47
Medida 4	46	45	55	48
Medida 5	44	46	56	48
Média	45	45	54,5	43

Fonte: Autoria própria.

Tabela 11: Valores de microtextura obtidos nos levantamentos.

Ensaios	Ponto 11	Ponto 24	Ponto 12	Ponto 25
Sentido do Fluxo	→ **OESTE**	← **LESTE**	→ **OESTE**	← **LESTE**
Distância (m)	5000	5000	5500	5500
Medida 1	47 (nula)	34 (nula)	45 (nula)	45 (nula)
Medida 2	46	37	40	40
Medida 3	43	39	49	49
Medida 4	47	39	50	50
Medida 5	43	40	49	49
Média	44,8	38,8	47	47

Fonte: Autoria própria.

Tabela 12: Valores de microtextura obtidos nos levantamentos.

Ensaios	Ponto 13	Ponto 26
Sentido do Fluxo	→ **OESTE**	← **LESTE**
Distância (m)	6000	6000
Medida 1	36 (nula)	45 (nula)
Medida 2	43	49
Medida 3	45	50
Medida 4	42	51
Medida 5	46	52
Média	44	50,5

Fonte: Autoria própria.

A partir dos resultados obtidos nas planilhas acima, pode-se dar início as análises dos valores de microtextura.

4.1.2 Levantamento dos Valores de Macrotextura

Os valores obtidos através do ensaio de Mancha de Areia foram mensurados através de quatro medidas distintas, estas medições, retiradas pelos diâmetros, compuseram a altura da mancha de areia de cada ponto de execução do ensaio a campo.

Os levantamentos desses resultados foram processados em uma planilha eletrônica, objetivando facilitar os devidos cálculos quanto a sua classificação, estes podem ser observados nas Tabelas 13 a 19 a seguir.

Tabela 13: Valores de macrotextura obtidos nos levantamentos.

Ensaios	**Ponto 1**	**Ponto 14**	**Ponto 2**	**Ponto 15**
Sentido do Fluxo	→ **OESTE**	← **LESTE**	→ **OESTE**	← **LESTE**
Distância (m)	0	0	500	500
Medida 1 (cm)	34,5	35,5	20	31,5
Medida 2 (cm)	34,5	35,6	20	30
Medida 3 (cm)	32,6	35,5	20	31
Medida 4 (cm)	34,5	35,5	19,8	31,5
	Diâmetro Médio	Diâmetro Médio	Diâmetro Médio	Diâmetro Médio
	34	35	20	31
	Macrotextura (mm)	Macrotextura (mm)	Macrotextura (mm)	Macrotextura (mm)
	0,28	0,25	0,80	0,33

Fonte: Autoria própria.

Tabela 14: Valores de macrotextura obtidos nos levantamentos.

Ensaios	Ponto 3	Ponto 16	Ponto 4	Ponto 17
Sentido do Fluxo	→ **OESTE**	← **LESTE**	→ **OESTE**	← **LESTE**
Distância (m)	1000	1000	1500	1500
Medida 1 (cm)	29	33,5	33	34,3
Medida 2 (cm)	29	36	35	35,5
Medida 3 (cm)	30	35	33,2	34,3
Medida 4 (cm)	28	36	34,5	36,2
	Diâmetro Médio	Diâmetro Médio	Diâmetro Médio	Diâmetro Médio
	29	35,1	33,9	35,1
	Macrotextura (mm)	Macrotextura (mm)	Macrotextura (mm)	Macrotextura (mm)
	0,38	0,26	0,28	0,26

Fonte: Autoria própria.

Tabela 15: Valores de macrotextura obtidos nos levantamentos.

Ensaios	Ponto 5	Ponto 18	Ponto 6	Ponto 19
Sentido do Fluxo	→ **OESTE**	← **LESTE**	→ **OESTE**	← **LESTE**
Distância (m)	2000	2000	2500	2500
Medida 1 (cm)	23,4	29,5	28,7	23,8
Medida 2 (cm)	22,7	31,8	29,3	26
Medida 3 (cm)	22,5	31,3	28,2	25,3
Medida 4 (cm)	22,4	31,4	29,4	26,5
	Diâmetro Médio	Diâmetro Médio	Diâmetro Médio	Diâmetro Médio
	22,8	31,0	28,9	25,4
	Macrotextura (mm)	Macrotextura (mm)	Macrotextura (mm)	Macrotextura (mm)
	0,62	0,33	0,38	0,50

Fonte: Autoria própria.

Tabela 16: Valores de macrotextura obtidos nos levantamentos.

Ensaios	Ponto 7	Ponto 20	Ponto 8	Ponto 21
Sentido do Fluxo	→ **OESTE**	← **LESTE**	→ **OESTE**	← **LESTE**
Distância (m)	3000	3000	3500	3500
Medida 1 (cm)	26,5	32	18,5	19
Medida 2 (cm)	25,4	29,4	19	19
Medida 3 (cm)	26	29	18,5	20
Medida 4 (cm)	26,3	32	19	20
	Diâmetro Médio	Diâmetro Médio	Diâmetro Médio	Diâmetro Médio
	26,1	30,6	18,8	19,5
	Macrotextura (mm)	Macrotextura (mm)	Macrotextura (mm)	Macrotextura (mm)
	0,47	0,34	0,91	0,84

Fonte: Autoria própria.

Tabela 17: Valores de macrotextura obtidos nos levantamentos.

Ensaios	Ponto 9	Ponto 22	Ponto 10	Ponto 23
Sentido do Fluxo	→ **OESTE**	← **LESTE**	→ **OESTE**	← **LESTE**
Distância (m)	4000	4000	4500	4500
Medida 1 (cm)	30,7	25,9	18,9	26,8
Medida 2 (cm)	29	27	19	26,6
Medida 3 (cm)	29,9	26,4	19,7	26,6
Medida 4 (cm)	31	26,4	19,5	26,8
	Diâmetro Médio	Diâmetro Médio	Diâmetro Médio	Diâmetro Médio
	30,2	26,4	19,3	26,7
	Macrotextura (mm)	Macrotextura (mm)	Macrotextura (mm)	Macrotextura (mm)
	0,35	0,46	0,86	0,45

Fonte: Autoria própria.

Tabela 18: Valores de macrotextura obtidos nos levantamentos.

Ensaios	Ponto 11	Ponto 24	Ponto 12	Ponto 25
Sentido do Fluxo	→ **OESTE**	← **LESTE**	→ **OESTE**	← **LESTE**
Distância (m)	5000	5000	5500	5500
Medida 1 (cm)	21,7	24	25,5	17,4
Medida 2 (cm)	22	24,3	25,5	17,2
Medida 3 (cm)	22	25	24,5	19,3
Medida 4 (cm)	22,3	23,9	25	18
	Diâmetro Médio	Diâmetro Médio	Diâmetro Médio	Diâmetro Médio
	22	24,3	25,1	18
	Macrotextura (mm)	Macrotextura (mm)	Macrotextura (mm)	Macrotextura (mm)
	0,66	0,54	0,50	0,99

Fonte: Autoria própria.

Tabela 19: Valores de macrotextura obtidos nos levantamentos.

Ensaios	Ponto 13	Ponto 26
Sentido do Fluxo	→ **OESTE**	← **LESTE**
Distância (m)	6000	6000
Medida 1 (cm)	23,6	18,3
Medida 2 (cm)	23,4	15,5
Medida 3 (cm)	23,4	16,4
Medida 4 (cm)	24,2	16,4
	Diâmetro Médio	Diâmetro Médio
	23,7	16,7
	Macrotextura (mm)	Macrotextura (mm)
	0,57	1,16

Fonte: Autoria própria.

A partir dos resultados obtidos nas planilhas acima, pode-se dar inicio às análises dos valores de macrotextura.

4.2 AVALIAÇÃO DOS DADOS

Diante dos levantamentos apresentados anteriormente pode-se avaliar a situação dos pavimentos de Ijuí na Rua do Comércio e Avenida Coronel Dico, quanto à aderência pneu-pavimento, em relação aos valores de atrito e ainda em relação ao conjunto de graduação e dimensão dos granulares.

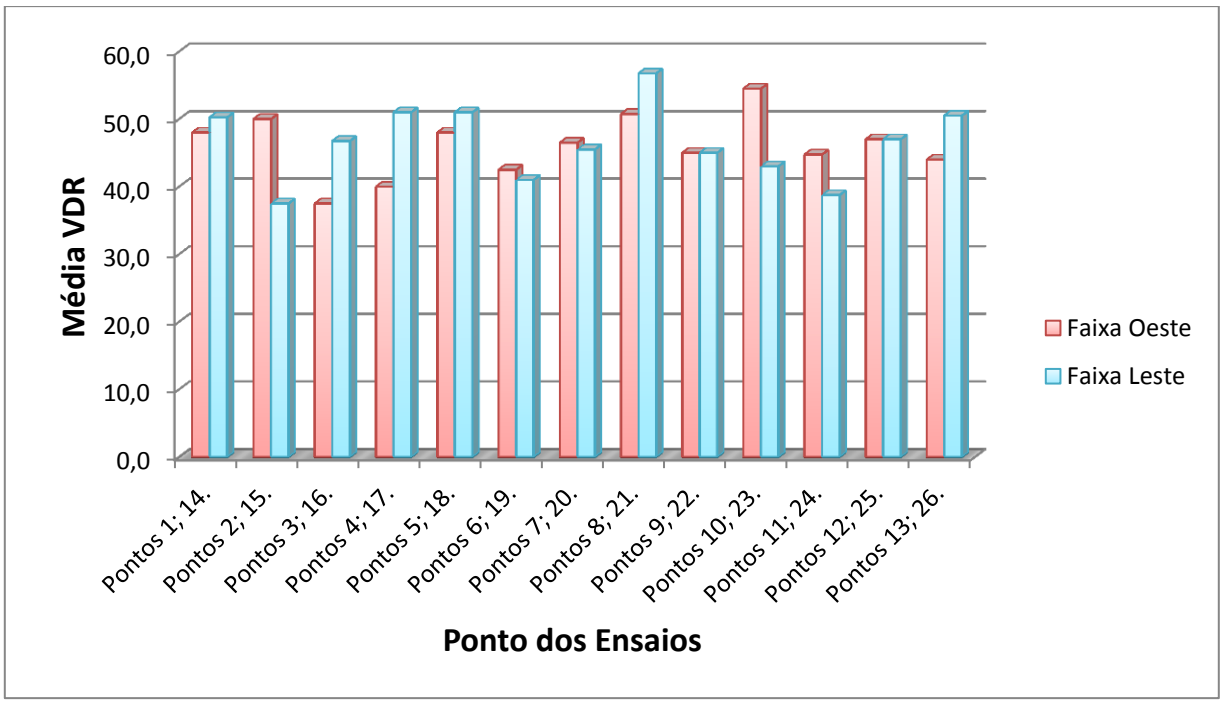
4.2.1 Avaliação da Microtextura

A avaliação da microtextura foi realizada através dos valores de resistência a derrapagem (VDR), ou seja, os valores de atrito obtidos pelo ensaio de pêndulo britânico, estes apresentados nos levantamentos situados no item 4.1.1, e então classificados de acordo com a tabela 2 do item 2.2.1.1.

Em geral, a classificação dos pavimentos avaliados quanto aos ensaios realizados, compreenderam quatro classificações das sete classes apresentadas na tabela 2. Estas quatro classificações sendo lisa, insuficiente rugosa, medianamente rugosa e rugosa. Nessas circunstancias as superfícies avaliadas apresentavam-se com baixos atritos disponíveis para o local.

Na Figura 23 apresentam-se graficamente a relação entre a comparação da média dos valores de VDR de cada ponto de ensaio a campo com cada faixa da via, sendo ela Oeste ou Leste.

Figura 23: Comparação dos valores de VDR por faixa.



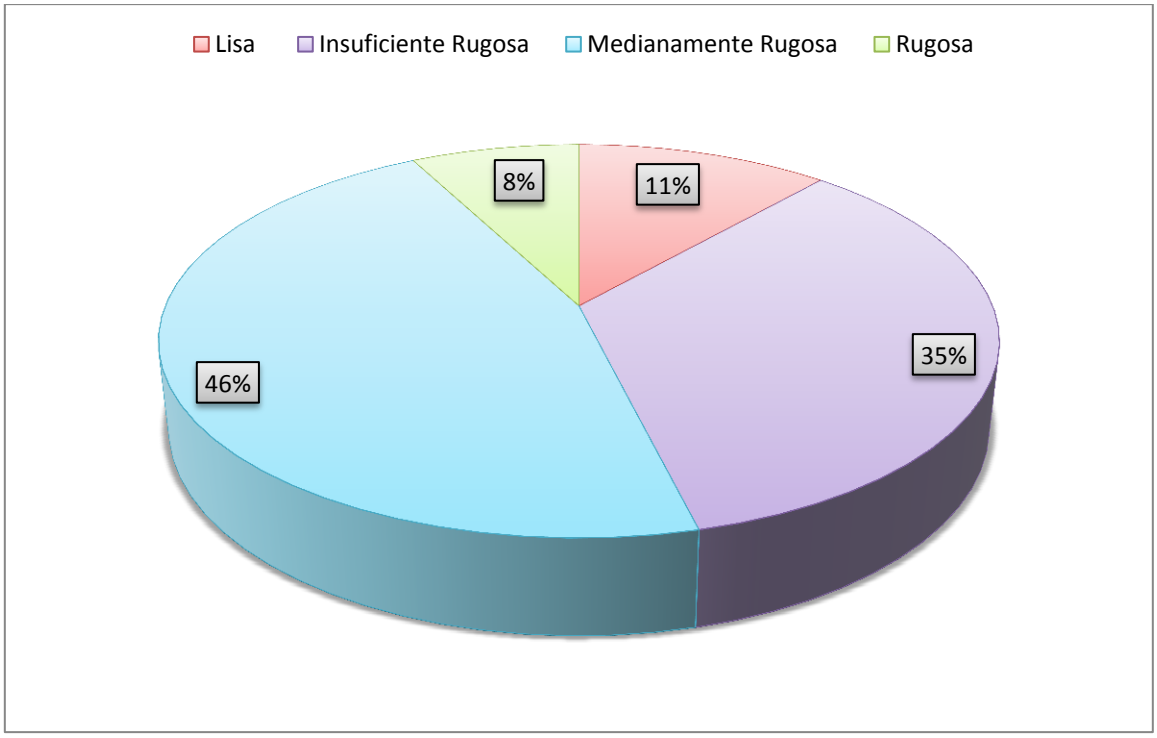
Fonte: Autoria própria.

Estes valores representam a variação de atrito no decorrer da via, diretamente relacionado ao revestimento que compõe a mesma, ou seja, o revestimento do tipo Concreto Asfáltico Denso (CA) - CBUQ. Então, a comparação entre os valores mostram que nos mesmos pontos onde as análises foram realizadas ocorrem variações relativamente significativas, estas mais acentuadas nos pontos 2; 15, dado que, em alguns casos os valores obtidos não alcançaram os valores sugeridos pelo DNIT (2009, p. 10), isto é, VDR $\geq$ 47.

Na figura 24 a seguir consta a classificação dos pavimentos avaliados em comparação quanto à classificação da microtextura.

Analisando a Figura 24, em relação aos valores de resistência a derrapagem (VDR), os pontos avaliados apresentaram-se razoavelmente equilibrados entre a classificação de insuficiente rugosa e medianamente rugosa, isto é, a superfície apresentou valores inferiores aos valores de VDR sugeridos pelo DNIT, quando classificadas como insuficiente rugosa e apresentou valores superiores aos valores de VDR sugeridos pelo mesmo, quando classificadas como medianamente rugosa.

Figura 24: Comparação quanto a classificação da microtextura.



Fonte: Autoria própria.

Ao analisar alguns pontos específicos, sendo eles os pontos 3 e 15 localizados na Rua do Comércio e o ponto 24 localizado na Avenida Coronel Dico (Figura 25), onde a microtextura classificou-se como lisa, o pavimento apresentou exsudações na camada superficial, isto é, ligantes em sua superfície. Este fechamento em relação ao atrito, por meio da exsudação nas protuberâncias da superfície é extremamente nocivo a microtextura, pois faz com que a aspereza dos agregados se anule diminuindo a adesão ao pavimento. Estes pontos com classificação lisa apresentaram valores de VDR $\leq$ 40.

Ainda, nos pontos 4 e 6 localizados na Rua do Comércio, e no ponto 9 localizado na Avenida Coronel Dico (Figura 26), com classificação insuficiente rugosa, ou seja, valores de VDR $\leq$ 46, também obtiveram a mesma análise relacionada a exsudação.

Esses pontos apresentaram microtextura suave ou polida, resultando insuficiência de atrito. Portanto, não atendendo aos valores de VDR $\geq$ 47, ou seja, valores de resistência à derrapagem recomendados pelo DNIT.

Figura 25: Pontos com textura lisa.

Ponto 3 Ponto 15 Ponto 24

Fonte: Autoria própria.

Figura 26: Pontos com textura insuficiente rugosa.

Ponto 4 Ponto 6 Ponto 9

Fonte: Autoria própria.

Os pontos mostrados na figura acima apresentaram microtextura suave ou polida, resultando insuficiência de atrito. Portanto, não atendendo aos valores de VDR ≥ 47, ou seja, valores de resistência à derrapagem recomendados pelo DNIT.

Quanto à classificação medianamente rugosa, que por sua vez compreende valores entre 47< VDR ≤ 54, estas estão relacionadas à idade do revestimento, desta maneira, o atrito vai variar de acordo com a sua vida útil, ou seja, quanto maior a idade do pavimento menor será o atrito na superfície de rolamento, pois ao decorrer do tempo o desgaste provoca alterações nas asperezas dos granulares. Ainda, para essa classificação os valores compreendidos somente são aceitáveis em baixas velocidades de deslocamento de até 40 km/h (BERNUCCI *et al*, 2008, p. 430), sendo que a via analisada apresentava limite de velocidade de 50 km/h.

Nos pontos em que a classificação do pavimento obteve-se rugosa (Figura 27) pode-se observar que o mesmo apresentava desgastes em sua superfície, a ocorrência desse desgaste vem em relação à perda de mástique ocasionando a exposição das pontas dos agregados. Sendo assim, contendo valores entre 55 < VDR ≤ 75, ocorrendo o rompimento na lâmina d'água.

Figura 27: Pontos com textura rugosa.

Ponto 10 Ponto 21

Fonte: Autoria própria.

Em análise geral, a microtextura obtida através dos levantamentos a campo apresentou valores de resistência à derrapagem mínima comparada ao conceito de uma boa avaliação. Estes valores representam a falta de segurança dos usuários ao trafegar na pista de rolamento, principalmente em dias molhados, os quais dependem do atrito para dar aderência pneu-pavimento e proporcionar condições seguras.

Uma textura superficial boa traz consigo a diminuição dos índices de acidentes, pois um pavimento onde o revestimento encontra-se com valores de VDR acima do recomendado faz com que os usuários trafeguem na pista sem anseios e medos. Dessa forma, em relação à situação dos pavimentos de Ijuí pode-se dizer que estes necessitam de reparos.

Segundo Bernucci *et al* (2008, p. 466-467), um pavimento em que não necessita de restauração estrutural, e sim correção de defeitos funcionais superficiais, são empregados comumente os tipos de revestimentos a seguir, isoladamente ou combinados e antecedidos ou não por uma remoção de parte do revestimento antigo por fresagem:

- Micro revestimento asfáltico à frio (ABNT NBR 14948, DNIT 035/2005-ES) ou à quente (DNER-ES 388/99), para selagem de trincas e restauração da aderência superficial quando existe condição de ação abrasiva acentuada do trafego;
- Mistura do tipo camada porosa de atrito (DNER-ES 386/99), SMA ou mistura descontinuas, para melhorar a condição de atrito e o escoamento de agua superficial.

Os mesmos fariam com que os valores de microtextura encontrados aumentassem, tornando a superfície mais aderente proporcionando aos usuários maiores condições de manobras e segurança adequada sob os dias molhados.

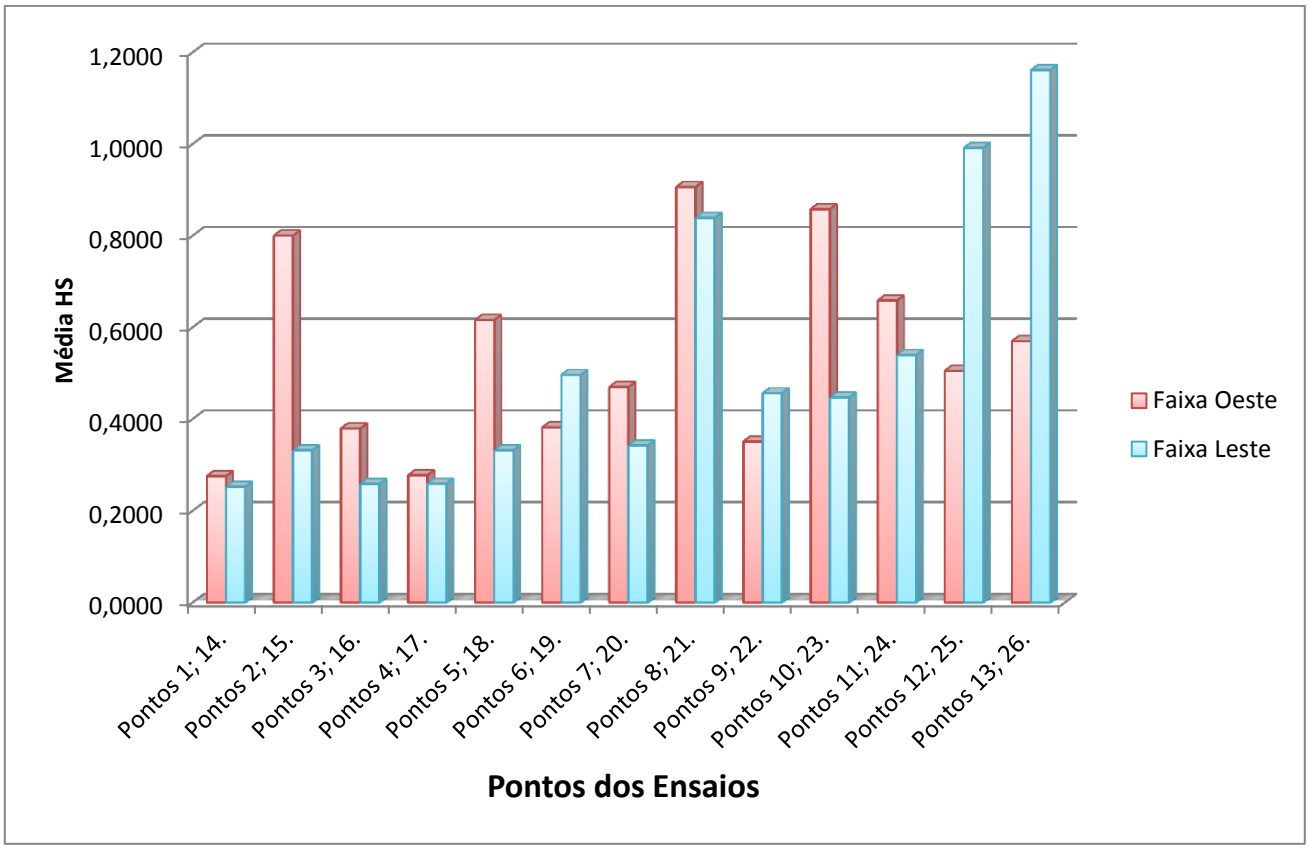
4.2.2 Avaliação da Macrotextura

A avaliação da macrotextura foi realizada através dos valores de altura média da mancha (HS) em mm, obtidos pelo ensaio de Mancha de Areia, estes apresentados nos levantamentos situados no item 4.1.2, e assim classificados de acordo com a tabela 4 do item 2.2.2.1.

Em geral, a classificação dos pavimentos avaliados quanto aos ensaios realizados, compreenderam quatro classificações das cinco classes contidas na tabela 4. Essas classificações sendo muito fina, fina, média e grosseira. Logo, as superfícies avaliadas apresentaram valores de HS baixos em relação a boa textura superficial.

Na Figura 28 apresentam-se graficamente a relação entre a comparação dos valores de altura da mancha (HS) de cada ponto de ensaio a campo, ainda com o mesmo procedimento de para a avaliação da macrotextura, isto é, com cada faixa da via, sendo ela oeste ou leste.

Figura 28: Comparação dos valores de HS por faixa.



Fonte: Autoria própria.

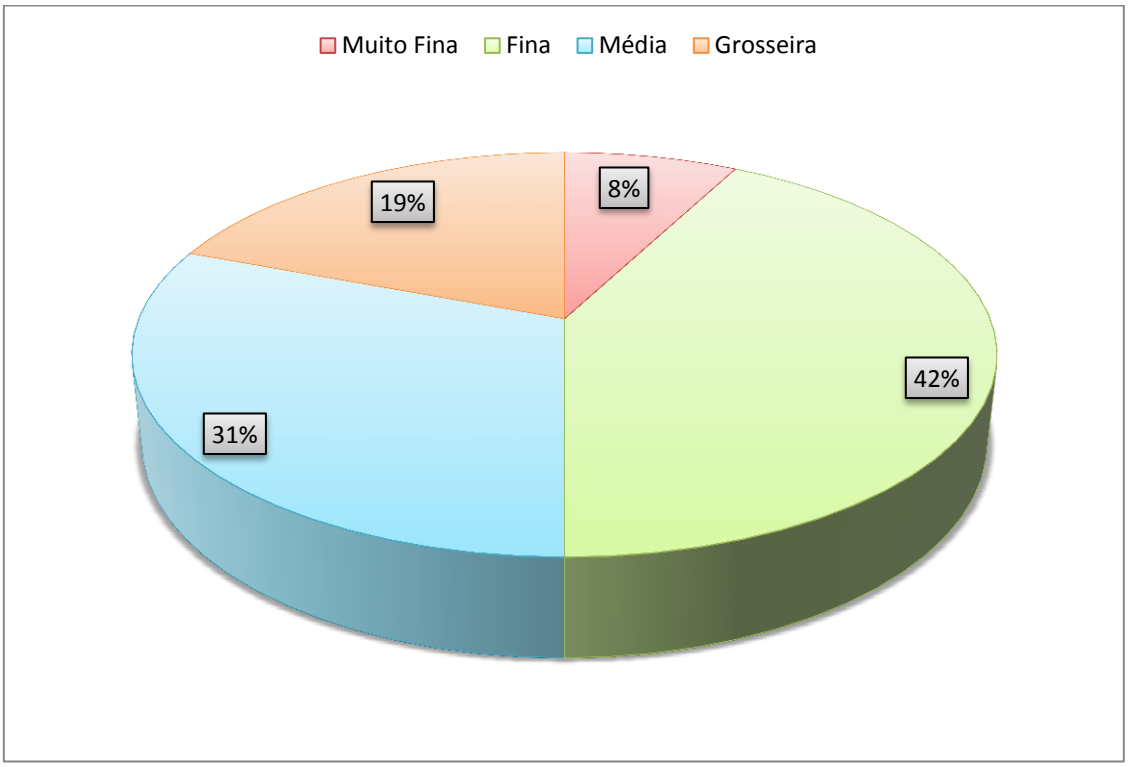
Os valores obtidos acima representam a variação do conjunto de graduação e dimensão dos granulares bem como a compactação dos mesmos na faze de execução do revestimento, sendo ele do tipo Concreto Asfáltico Denso (CA) - CBUQ. Deve levar-se em conta, que a variação da macrotextura se da através da ação do tráfego, visto que é por causa deste fator que

ocorre às devidas modificações na superfície. Estas variações sendo comparadas com as faixas, leste e oeste, expressas nos locais de ensaio, ambas em trilhas de rodas distintas.

A comparação feita através da Figura 28 mostra que em alguns dos pontos (principalmente nos pontos 2; 15 e 10; 23) estas modificações, ou seja, alterações de valores de altura média de areia, foram extremamente bruscas.

Na Figura 29, a seguir, consta a classificação dos pavimentos avalizados em comparação quanto à classificação da macrotextura.

Figura 29: Comparação quanto à classificação da macrotextura.



Fonte: Autoria própria.

Em relação à drenagem superficial do pavimento, os valores de macrotextura obtidos nos ensaios podem ser correlacionados com a insuficiência de drenagem da água devido ao acúmulo da mesma na superfície de rolamento. Portanto, a falta da capacidade de escoamento da água, esta por conter macrotextura fechada, ou seja, pouco rugosa, que não permite boa drenagem em relação à área de contato interface com o pavimento.

Este fator traz consigo inúmeros riscos aos usuários, pois quando se tem um pavimento com pouca drenagem superficial o acumulo de água provoca além de acidentes devido à aquaplanagem, isto é, a perda de aderência pneu pavimento, a pouca visão quanto à flexão luminosa, formando um espelho sobre o pavimento, dificulta a visibilidade do condutor, e ainda o alto reflexo sobre a camada superficial em dias chuvosos.

Por outro lado, as vias com características elevadas de macrotextura, ou seja, uma superfície com altos valores de rugosidade fazem com que ocorra o desgaste excessivo dos pneus, além de ruídos exagerados ao trafegar na pista de rolamento. Pode-se visualizar na Figura 30, que quando os valores de macha classificavam-se como grosseira, o diâmetro da mesma continha-se entre os valores $0,80 < HS \leq 1,20$, ou seja, diâmetros relativamente pequenos.

Figura 30: Pontos com altos valores de macrotextura.

Fonte: Autoria própria.

Em geral a macrotextura dos pavimentos de Ijuí, com valores obtidos através da HS, mantiveram-se entre a classificação fina, o que não significa um bom resultado, pois de acordo

com a norma do DNIT (2009, p. 10), a altura média deve conter-se entre a faixa de 0,6 mm ≤ HS ≤1,2 mm.

Conforme Figura 31, pode-se visualizar que quanto se tem valores de macrotextura baixos, isto e, valores contidos entre 0,20 mm < HS ≤ 0,40 mm, o diâmetro da mancha e relativamente grande comparado aos altos valores de macrotextura. Uma vez que, estes valores baixos de HS representam um pavimento pouco aderente, assim contribuindo para a ocorrência de acidentes, principalmente em dias chuvosos, onde a aderência pneu pavimento diminui.

Figura 31: Pontos com baixos valores de macrotextura.

Fonte: Autoria própria.

Em comparativos com as pesquisas de Bucharles, os valores da Altura de Mancha de Areia em pavimentos urbanos resultaram em valores inferiores ao mínimo indicado pelo DNIT (2009, p. 10), 0,6 mm ≤ HS ≤1,2 mm.

Bucharles (2014, p. 99), “em sua pesquisa conclui que, os resultados apresentados em 22 levantamentos, indicam que uma melhor condição de macrotextura dos pavimentos das vias urbanas reduzia entre aproximadamente 4% e 11% as energias cinéticas envolvidas nos acidentes”.

Levando-se em consideração a conclusão que o autor acima descreve, é de grande importância que os pavimentos tenham macrotextura aderente, pois estes reduzem as porcentagens dos acidentes, objetivando maior segurança aos usuários.

5 CONCLUSÃO

Este trabalho avaliou a textura dos pavimentos de Ijuí, propondo a análise destes, para um melhor entendimento das condições atuais da camada superficial, em relação à segurança que proporcionam aos usuários.

Os levantamentos coletados através dos ensaios de mancha de areia e pêndulo Britânico possibilitaram a obtenção textural dos pavimentos avaliados. Os resultados obtidos através da mensuração dos mesmos mostraram a situação atual em que se encontra o revestimento asfáltico da cidade, visando que, estes apresentaram baixos valores de macro e microtextura, que resultam em pouca aderência pneu-pavimento e atrito em relação a ambos, tornando a camada superficial de rolamento inadequada quanto à segurança.

Ressaltando os aspectos analisados, a melhoria da textura superficial atual contribui para a garantia de manobras em situações emergenciais em dias molhados, além de promover a segurança ao trafegar quanto à velocidade disposta na via. Quanto à drenagem superficial do pavimento, proporciona maior escoamento quanto às precipitações e diminui a ocorrência do fenômeno reflexão luminosa e o fenômeno de hidroplanagem. Ainda os aspectos em relação ao acumulo indevido da água no pavimento propicia a ocorrência dos acidentes, causados pela pequena área de contato entre o pneu com o pavimento.

Além do mais os problemas relativos ao conforto e a segurança dos usuários, vias em melhor estado de conservação, provocam a diminuição nos custos operacionais, estes constituídos pelo consumo de combustível, de pneus, graxas e lubrificantes, peças de reposição, tempos de viagens, e demais.

Com base nos resultados obtidos, em relação à aderência pneu pavimento, o conjunto de graduação e dimensão dos granulares do concreto asfáltico (macrotextura) compreenderam 42% dos 26 pontos avaliados, a classificação fina. Estes apresentaram condições razoáveis mínimas, nas partes aonde se encontrava exsudações na superfície a classificação conteve-se lisa, ocorrendo anulações nas asperezas.

Já a distribuição espacial das asperezas na superfície, ou seja, o atrito (microtextura) compreenderam 46% com a classificação medianamente rugosa, dos 26 pontos avaliados, porém proporcionando insegurança ao trafegar em maiores condições de manobras emergenciais em pista molhada. Portanto, os locais avaliados necessitam de reparos, para proporcionar maiores condições seguras de tráfego, uma vez que estas podem salvar vidas em alguns casos.

Por fim, dada a importância da textura dos pavimentos, entende-se que a avaliação da macro e microtextura dos pavimentos são de extrema importância para a segurança dos usuários, pois são elas que definem a textura da camada superficial de rolamento e dão suporte ao pavimento de boa aderência.

REFERÊNCIAS

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIAL. In: _____. **ASTM E 965-96**: standard testmethod for measuringpavementmacrotexturedepthusing a volumetrictechnique. West Conshohocken: ASTM Standards, 2001b.

_____. **ASTM E 303-93**: standard testmethod for measuringsurfacefrictionalproportiesusingthebritishpendulumtester. West Conshohocken: ASTM Standards, 1998

APS, Márcia. **Classificação da Aderência Pneu-Pavimento pelo índice combinado IFI – InternationalFriction Index para revestimentos Asfálticos**. 2006. 139 p. Tese (Doutorado em Engenharia de Transportes) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006. Disponível em: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3138/tde-11122006-144825/pt-br.php>. Acesso em: 25 abr. 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS EMPRESAS DISTIBUIDORAS DE ASFÁLTO. ABEDA. **Manual Básico de Emulsões Asfálticas.** Rio de janeiro, 2010.

BALBO, José Tadeu. **Pavimentação Asfáltica**: materiais, projetos e restauração. São Paulo: Oficina de Textos, 2007. 558 p.

BERNUCCI, Liedi Bariani *et al*. **Pavimentação Asfáltica**: formação básica para engenheiros. Rio de Janeiro: Petrobras; ABEDA, 2008. 504 p.

BUCHARLES, Luciano Gardano Elias. **Critério para avalição pericial da macro e microtextura de pavimento asfáltico em local de acidente de trânsito**. 2014. 171 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Transportes) – Escola de Engenharia São Carlos da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2014.

CALLAI, Sérgio Copetti. **Estudo do ruído causado pelo tráfego de veículos em rodovias com diferentes tipos de revestimentos de pavimentos**. 2011. 92 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Transportes) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011. Disponível em: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3138/tde-19072011-171244/pt-br.php>. Acesso em: 02 mai. 2015.

DEPARTAMENTO ESTADUAL DE TRANSITO. DETRAN/RS: **Instituições gaúchas planejam ações para a Década Mundial de Segurança no Trânsito.** Publicação em 17, nov. 2010. Disponível em: <http://www.detran.rs.gov.br/conteudo/3294/uploads/1289997972Resolucao.pdf>. Acesso em: 18 abr. 2015.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRA-ESTRUTURA DE TRANSPORTES. DNIT 112/2009 – ES: **Pavimentos flexíveis – Concreto asfáltico com asfalto-borracha, via úmida, do tipo "Terminal Blending" – Especificação de serviço.** Rio de Janeiro: IPR, 2009. 13 p. Disponível em: <http://ipr.dnit.gov.br/normas/DNIT112_2009_ES.pdf>. Acesso em: 26 abr. 2015.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRA-ESTRUTURA DE TRANSPORTES. **Manual de restauração de pavimentos asfálticos**. DNIT. Rio de Janeiro: IPR-720, 2006. 310 p. Disponível em: <http://www1.dnit.gov.br/ipr_new/..%5Carquivos_internet%5Cipr%5Cipr_new%5Cmanuais%5CManual_de_Restauracao.pdf>. Acesso em: 26 abr. 2015.

ECHEVERIA, José Antônio. **Notas de aula**. Ijuí, 2014.

FERREIRA, Patrícia Nunes. **Avaliação da macrotextura de trechos pavimentados de rodovias estaduais situadas na região insular do município de Florianópolis.** Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/xmlui/handle/123456789/83763>. Acesso em: 18 abr. 2015.

HIRSCH, Fábio; SANTOS, Reginaldo T. dos; ROZEK, Thiago; SPECHT, Luciano P. **Avaliação da macrotextura de pavimentos através do ensaio de mancha de areia.** Evaluation of pavement macrotexture by sand patch technique. Disponível em: <http://www.editoradunas.com.br/revistatpec/Art5_N10.pdf>. Acesso em: 17 abr. 2015.

MATTOS, João Rodrigo Guerreiro. **Avaliação da Aderência Pneu-Pavimento e tendências de desempenho para a rodovia BR-290/RS**. 2009. 137 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2009. Disponível em: <http://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/30215/000778679.pdf?seque, nce=1>. Acesso em: 18 abr. 2015.

MATTOS, João Rodrigo Guerreiro; SPECHT, Luciano Pivoto; NUÑÉZ, Washington Peres. **Avaliação das condições de aderência pneu-pavimento na rodovia BR-290/RS.** In: CONGRESSO DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES, 4., 2010, [São Paulo, BR]. **Anais eletrônicos...** [São Paulo, BR]: [UFRGS], 2010. Disponível em: <http://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/30215/04-053.pdf?seque, nce=1>. Acesso em: 18 abr. 2015.

MOMM, L. **Estudo dos efeitos de granulometria sobre a macrotextura superficial do concreto asfáltico e seu comportamento mecânico**. 1998. 259 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Transportes) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo.

SANTOS, Edimar de Lima dos. **Análise histórica de atrito de medição das pistas do Aeroporto Santos Dumont - RJ**. 2004. 123 f. Trabalho de conclusão de curso – Instituto Tecnológico de Aeronáutica, São José dos Campos, 2004. Disponível em:

<http://www.civil.ita.br/graduacao/tgs/resumos/2004/TGIEI010_2004a_Edimar.pdf>. Acesso em: 25 abr. 2015.

SANTOS, Reginaldo Tudeia dos. **Análise da Macrotextura de pavimentos através de processamento de imagens, usando transformada de Fourier**. 2008. 132 f. Dissertação (Mestrado em Modelagem Matemática) – Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, Ijuí, 2008.

SILVA, Patrícia Barboza da.**Estudo em laboratório e em campo de misturas Asfálticas SMA 0/8s**. 2005. 132 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Transportes) – Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005. Disponível em: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3138/tde-31082006-134522/pt-br.php>. Acesso em: 18 abr. 2015.

SPECHT, Luciano Pivoto. **Avaliação de Misturas Asfálticas com Incorporação de Borracha Reciclada de Pneus**. 2004. 279 p. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Abril de 2004. Disponível em: <http://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/5192/000422319.pdf?sequence=1>. Acesso em: 18 abr. 2015.