

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

LUIZ FERNANDO WELZ

**AVALIAÇÃO DA ADERÊNCIA DE REVESTIMENTOS ASFÁLTICOS  
EM LOCAIS DE MAIOR INCIDÊNCIA DE ACIDENTES DE TRÂNSITO  
NA CIDADE DE CAMPO MOURÃO - PR**

CAMPO MOURÃO

2021

LUIZ FERNANDO WELZ

**AVALIAÇÃO DA ADERÊNCIA DE REVESTIMENTOS ASFÁLTICOS EM  
LOCAIS DE MAIOR INCIDÊNCIA DE ACIDENTES DE TRÂNSITO NA CIDADE  
DE CAMPO MOURÃO - PR**

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação apresentado à disciplina de trabalho de conclusão de Curso 2, do Curso Superior de Engenharia Civil, do Departamento Acadêmico de Construção Civil (DACOC), da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Me. Eliana Fernandes dos Santos

CAMPO MOURÃO

2021



**Ministério da Educação**  
**Universidade Tecnológica Federal do Paraná**  
**Câmpus Campo Mourão**  
**Diretoria de Graduação e Educação Profissional**  
**Departamento Acadêmico de Construção Civil**  
**Coordenação de Engenharia Civil**



---

## TERMO DE APROVAÇÃO

Trabalho de Conclusão de Curso

# **AVALIAÇÃO DA ADERÊNCIA DE REVESTIMENTOS ASFÁLTICOS EM LOCAIS DE MAIOR INCIDÊNCIA DE ACIDENTES DE TRÂNSITO NA CIDADE DE CAMPO MOURÃO - PR**

por  
**Luiz Fernando Welz**

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi apresentado às 19:00 h do dia 23 de agosto de 2021 como requisito parcial para a obtenção do título de ENGENHEIRO CIVIL, pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

**Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Fabiana Goia**

(UTFPR)

**Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Vera Lucia Barradas Moreira**

(UTFPR)

**Prof.<sup>a</sup> Me.<sup>a</sup> Eliana Fernandes dos  
Santos**

(UTFPR)  
**Orientadora**

Responsável pelo TCC: **Prof. Me. Valdomiro Lubachevski Kurta**

Coordenador do Curso de Engenharia Civil:

**Prof. Me. Valdomiro Lubachevski Kurta**

*A Folha de Aprovação assinada encontra-se na Coordenação do Curso.*

## RESUMO

A combinação de fatores como imprudência, condições climáticas, falta de sinalização, conservação das vias, falhas humanas e veiculares, estão relacionados a ocorrência de acidentes de trânsito. Logo, é de suma importância manter a qualidade dos pavimentos, não só em questão de irregularidades e patologias, mas também em fatores menos aparentes como o atrito e a textura superficial. Esses são responsáveis por garantir uma superfície mais aderente e segura, influenciando diretamente no tempo de frenagem, aceleração e mudanças de direção dos veículos. Esse estudo tem por objetivo analisar a textura superficial do pavimento asfáltico em locais com alto índice de acidentes de trânsito na cidade de Campo Mourão/PR. Com o intuito de verificar se existe uma correlação com a aderência pneu-pavimento desses locais e o número de acidentes. Para isso é preciso estudar a microtextura e macrotextura da superfície do pavimento asfáltico, os ensaios geralmente utilizados para tal fim são o do Pêndulo Britânico e o da Mancha de Areia, sendo eles de baixo custo e de fácil manuseio. O estudo constatou que alguns pontos selecionados estavam com a macrotextura fora do valor recomendado, mas para uma avaliação mais aprofundada, seria necessário analisar conjuntamente as características das vias e outros fatores preponderantes para a ocorrência de acidentes de trânsito. Observou-se também que à medida que o valor da macrotextura aumentava, ocorreu uma tendência a aumentar o número de acidentes de trânsito.

**Palavras-chave:** Microtextura, macrotextura, pavimento asfáltico, acidentes de trânsito.

## ABSTRACT

The combination of factors such as recklessness, weather conditions, lack of signage, road conservation, human and vehicular failures, are related to traffic accidents. Therefore, it is extremely important to maintain the quality of the pavements, not only in terms of irregularities and pathologies, but also in less apparent factors such as friction and a surface texture. These are responsible for ensuring a more gripping and safer surface, directly influencing the time of braking, acceleration and changes of direction of vehicles. This study aims to analyze the surface textures of the asphalt pavement in places with a high rate of traffic accidents in the city of Campo Mourão / PR. In order to verify if there is a correlation with the local tire-pavement adhesion and the number of accidents. For this it is necessary to study a microtexture and macrotexture of the surface of the asphalt pavement, the compounds generally used for this purpose are the British Pendulum and Sand Spot, which are low cost and easy to handle. The study found that some chosen points had a macro texture to the recommended value, but for a more in-depth assessment it would be necessary to jointly analyze the characteristics of the roads and other factors that are important for the occurrence of traffic accidents. It was also analyzed that as the value of macrotexture increased, there was a tendency to increase the number of traffic accidents.

**Keywords:** Microtexture, macrotexture, asphalt pavement, traffic accidents.

## LISTA DE FIGURAS

	Página
Figura 1: Diferença entre microtextura e macrotextura na superfície do pavimento.....	14
Figura 2: Textura de superfícies possíveis em função da microtextura e macrotextura.....	16
Figura 3: Locais selecionados para execução dos ensaios.....	18
Figura 4: Materiais utilizados no ensaio da Mancha de Areia.....	20
Figura 5: Esquema representativo do ensaio Mancha de Areia.....	20
Figura 6: Pêndulo Britânico utilizado no ensaio.....	21
Figura 7: Cruzamento da Perimetral Tancredo Neves com a Rua Araruna.....	22
Figura 8: Sinalização do ponto crítico 1.....	22
Figura 9: Local de ensaio do ponto crítico 1.....	23
Figura 10: Cruzamento da Perimetral Tancredo Neves com a Rua Engenheiro Mercer.....	23
Figura 11: Local de ensaio no ponto crítico 2.....	24
Figura 12: Cruzamento da Avenida Jorge Walter com a Rua Araruna.....	24
Figura 13: Local de ensaio do ponto crítico 3.....	25
Figura 14: Etapas de ensaio do Pêndulo Britânico.....	25
Figura 15: Avenida Capitão Índio Bandeira esquina com a Rua Peabiru e Miguel Luiz Pereira.....	26
Figura 16: Local de ensaio do ponto crítico 4.....	26
Figura 17: Cruzamento da Avenida Capitão Índio Bandeira com a Rua Roberto Brzezinski.....	27
Figura 18: Local de ensaio do ponto crítico 5.....	27
Figura 19: Procedimento do ensaio da Mancha de Areia.....	28
Figura 20: Cruzamento da Avenida Goioerê com a Rua Edmundo Mercer.....	29
Figura 21: Local de ensaio do ponto crítico 6.....	29
Figura 22: Cruzamento da Avenida Irmãos Pereira com a Rua Roberto Brzezinski.....	30
Figura 23: Local de ensaio do ponto crítico 7.....	30

Figura 24: Cruzamento da Avenida João Bento com a Rua Roberto Brzezinski.....	31
Figura 25: Local de ensaio no ponto crítico 8.....	31
Figura 26: Cruzamento da Avenida Irmãos Pereira com a Rua Mato Grosso.....	32
Figura 27: Local de ensaio no ponto crítico 9.....	32
Figura 28: Avenida Armelindo Trombini.....	33
Figura 29: Local de ensaio no ponto crítico 10.....	33
Figura 30: Intersecção tipo II-B com a Rua Amílton Tavares Borges e as Avenidas Armelindo Trombini e Prefeito Devete de Paula Xavier.....	34
Figura 31: Local de ensaio no ponto crítico 11.....	34
Figura 32: Relação entre o número de acidentes e o VRD.....	42
Figura 33: Relação entre o número de acidentes e o MTD.....	42
Figura 34: Relação entre o número de acidentes e o MTD com a retirada dos pontos 3 e 10.....	43

## LISTA DE TABELAS

	Página
Tabela 1: Classes de textura.....	13
Tabela 2: Classes de microtextura.....	14
Tabela 3: Classes de macrotextura.....	15
Tabela 4: Locais selecionados para execução dos ensaios .....	18
Tabela 5: Acidentes nos locais de estudo e gravidade dos ferimentos causados.....	19
Tabela 6: Levantamento e classificação da microtextura e macrotextura.....	35
Tabela 7: Superfícies fora do recomendado.....	41
Tabela 8: Número de acidentes e valores médios.....	41
Tabela 9: Classificação da textura dos pavimentos.....	44



## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>9</b>
2 OBJETIVOS .....	10
<b>2.1 Objetivo geral</b> .....	10
<b>2.2 Objetivos específicos</b> .....	10
3 JUSTIFICATIVA .....	11
<b>4 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b> .....	<b>12</b>
4.1 Aderência pneu-pavimento.....	12
4.1.1 Atrito.....	12
4.1.1.1 Hidroplanagem.....	12
4.1.1.2 Viscoplanagem .....	13
4.2 Textura do pavimento.....	13
4.2.1 Microtextura .....	14
4.2.2 Macrotextura .....	15
4.3 Tipos de superfícies .....	15
<b>5 METODOLOGIA</b> .....	<b>17</b>
5.1 Identificação e determinação dos locais de estudo .....	17
5.2 Materiais e ensaios .....	19
5.2.1 Ensaio da Mancha de Areia .....	19
5.2.2 Ensaio do Pêndulo Britânico .....	21
5.3 Descrição, levantamento e procedimentos em campo .....	22
<b>6 ANÁLISE DOS RESULTADOS</b> .....	<b>35</b>
6.1 Apresentação dos resultados .....	35
6.2 Discussão e análise .....	41
<b>7 CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	<b>45</b>

<b>7.1 Sugestões para trabalhos futuros .....</b>	<b>45</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>46</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Na última década observamos um aumento considerável na frota de veículos automotores, e por consequência um aumento gradativo no número de acidentes de trânsito, que estão relacionados a uma combinação de diversos fatores como falhas humanas, veiculares, condições climáticas, sinalização e a conservação dos pavimentos (CNT, 2016).

Segundo Peder (2017), é de suma importância o controle da qualidade dos pavimentos, não apenas em relação a suas irregularidades e patologias como, panelas (buracos), fendas (trincas ou fissuras) e afundamento (deformações), mas fatores menos aparentes como o atrito pneu-pavimento e a textura superficial, os quais são responsáveis por garantir uma superfície mais aderente e segura, de modo que reduza a ocorrência de acidentes.

A aderência do pneu com o pavimento influencia diretamente no tempo de frenagem dos veículos, desaceleração, aceleração e mudanças de direção. Logo, um baixo nível de atrito do pavimento pode acarretar em um maior número de acidentes principalmente em condições de precipitações e umidade na via (APS, 2006). Esta aderência se dá pelo atrito e textura da superfície e podem ser avaliadas pelo estudo da microtextura e macrotextura da superfície do pavimento, por meio dos resultados obtidos em campo com o ensaio do pêndulo britânico e o ensaio da mancha de areia.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo geral**

Avaliar a aderência de revestimentos asfálticos em locais de maior incidência de acidentes de trânsito na cidade de Campo Mourão/PR.

### **2.2 Objetivos específicos**

- Realizar o levantamento dos locais de maior incidência de acidentes na cidade de Campo Mourão;
- Classificar a macro e microtextura das vias;
- Verificar a existência de uma possível correlação entre a ocorrência de acidentes e o estado da superfície dos pavimentos com relação a macro e microtextura.

### 3 JUSTIFICATIVA

No Brasil, a avaliação da textura dos pavimentos ainda é deficiente, pois a mesma geralmente é feita apenas para aceitação de obras novas ou reabilitadas e não para a verificação das condições das vias existentes (CASTRO, 2018).

Sabe-se que a aderência do pavimento é uma propriedade que varia no decorrer de sua vida útil, principalmente por uma degradação na superfície de rolamento causada pelo tráfego de veículos ao passar do tempo (MATTOS, 2009). Dada a importância da aderência pneu-pavimento e por ser um fator contribuinte no índice de acidentes, se torna de grande valor uma verificação da aderência, principalmente em seus pontos críticos, afim de manter a qualidade da via.

Nesse contexto esta pesquisa reforça a necessidade de uma verificação da microtextura e macrotextura nos pontos críticos das vias de Campo Mourão/PR, afim de evidenciar fatores que possam estar contribuindo na ocorrência de acidentes nesses locais, possibilitando então, uma redução no índice dos mesmos.

## 4 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### 4.1 Aderência pneu-pavimento

A aderência pneu-pavimento é um dos responsáveis por manter o veículo na trajetória desejada, logo uma boa aderência influencia diretamente na segurança viária. Esta aderência se dá principalmente pelo atrito causado no contato do pneu com o pavimento, mas também uma parcela proveniente da textura do pavimento. Logo a aderência pneu-pavimento pode ser descrita como a junção das características de atrito e textura (PEREIRA, 2010).

#### 4.1.1 Atrito

Para Noyce; Yanbó; Kim (2005) o atrito pode ser descrito como uma força de resistência devido ao movimento relativo entre dois corpos. A interação do atrito pneu-pavimento ocorre devido a soma de duas parcelas, os fenômenos de atrito por adesão e atrito por histerese (PASQUET e BERTHIER, 1996).

Segundo Mattos (2009), a parcela de atrito por adesão se dá por forças intermoleculares das superfícies (forças de Van der Waals), enquanto que a parcela de atrito por histerese vem da deformação da superfície do pneu, que ocorre devido à aspereza da superfície do pavimento.

Dois fenômenos que ocorrem na presença de água na superfície do pavimento se destacam, pois eles modificam as características do atrito pneu-pavimento, aumentando consideravelmente as chances de ocorrência de acidentes de trânsito, são eles a hidroplanagem e a viscoplanagem.

##### 4.1.1.1 Hidroplanagem

Fenômeno que ocorre quando existe uma película d'água entre o pavimento e o pneu, dependendo da velocidade do veículo ocorre uma total perda de contato pneu-pavimento ocasionando a perda de controle do veículo devido a força de atrito ser praticamente nula (RODRIGUES FILHO, 2006).

#### 4.1.1.2 Viscoplanagem

Viscoplanagem é o fenômeno onde ocorre a perda de aderência provocada por uma película d'água inferior a 0,10mm entre o pneu e o pavimento. Sendo muito mais comum que a hidroplanagem. A viscoplanagem ocorre quando a pista está apenas úmida, ocasionando uma derrapagem e perda de controle do veículo (MATTOS, 2009).

#### 4.2 Textura do pavimento

Segundo Hall et al. (2009) a textura pode ser definida como desvios que tornam a superfície do pavimento irregular.

A classificação da textura foi especificada pela *American Society for Testing and Material* (ASTM) E-867 (1997), dividindo a textura em quatro categorias de acordo com o comprimento de onda, como vemos na tabela 1.

**Tabela 1 – Classes de textura**

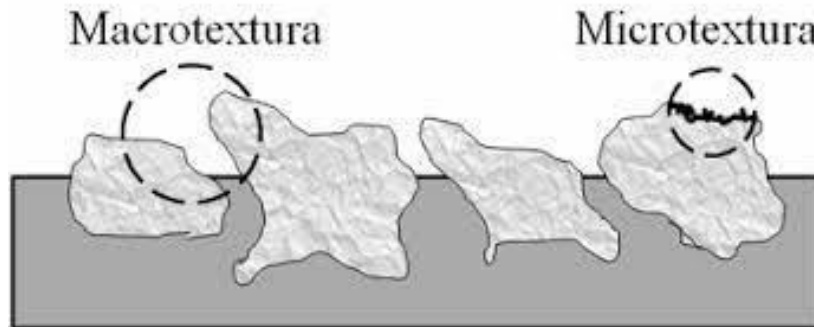
ESCALA	INTERVALO DE DIMENSÕES	
	Horizontal ←→	Vertical ↓
<b>MICROTEXTURA</b>	0 - 0,5 mm	0 - 0,2 mm
<b>MACROTEXTURA</b>	0,5 mm – 50 mm	0,2 mm – 10 mm
<b>MEGATEXTURA</b>	50 mm – 500 mm	1 mm – 50 mm
<b>IRREGULARIDADES</b>	0,5 m – 50 m	1 mm – 20 cm

Fonte: *American Society for Testing and Material* (ASTM) E-867 (1997).

Por fim a microtextura e a macrotextura estão relacionados a aderência e a drenagem superficial do pavimento, enquanto que a megatextura e irregularidades afetam a dinâmica do veículo e a resistência ao rolamento (SANDBERG e EJSFONT, 2002). Como o enfoque da pesquisa é a textura e a aderência, serão levantadas informações apenas sobre a microtextura e a macrotextura.

Na visão de Bernucci et al., (2008), a microtextura depende da aspereza da superfície dos agregados enquanto que a macrotextura depende da rugosidade formada pelo conjunto de agregados e mástique, conforme visualizado na figura 1.

Figura 1 – Diferença entre microtextura e macrotextura na superfície do pavimento.



Fonte: Mattos (2009).

#### 4.2.1 Microtextura

Em resumo a microtextura está associada à rugosidade da superfície e a capacidade do agregado de resistir ao polimento superficial, podendo ser considerada rugosa ou polida dependendo da sua composição mineralógica e a estrutura dos agregados. Na hidroplanagem a microtextura tem a propriedade de romper a película d'água e reestabelecer o contato pneu-pavimento, tendo maior dificuldade a velocidades maiores devido à falta de contato (MATTOS, 2009).

O ensaio do Pêndulo Britânico fornece os valores das propriedades de atrito de uma superfície, por meio da microtextura da mesma (CARVALHO, 2019).

A *American Society for Testing and Material* (ASTM) E303 – 98 (2018) estabelece as diretrizes para realização do ensaio, onde se encontra o *British Pendulum Number* (BPN), também conhecido como valor de resistência a derrapagem (VRD).

Não existem normas Brasileiras que determinem os valores da microtextura, mas a Associação Brasileira De Pavimentação (ABPv) (1999), recomenda VRD igual ou maior que 47, medianamente rugosa, rugosa ou muito rugosa, conforme apresentado na tabela 2.

Tabela 2 – Classes de microtextura

Classe de microtextura	Valor de resistência à derrapagem
Perigosa	VRD < 25
Muito lisa	25 ≤ VRD ≤ 31
Lisa	32 ≤ VRD ≤ 39
Insuficientemente rugosa	40 ≤ VRD ≤ 46
Medianamente rugosa	47 ≤ VRD ≤ 54
Rugosa	55 ≤ VRD ≤ 75
Muito rugosa	VRD > 75

Fonte: Associação Brasileira De Pavimentação (ABPv) (1999).



#### 4.2.2 Macrotextura

A macrotextura da superfície de um pavimento depende da rugosidade formada pela dimensão dos agregados e o teor de betume utilizado na mistura asfáltica, ela é responsável pela aderência em médias e altas velocidades em pistas molhadas, além de contribuir para o escoamento superficial da água, o que dificulta a ocorrência de hidroplanagem (SPECHT et al., 2007).

Para tal avaliação, o Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT) (2006), recomenda o ensaio da mancha de areia, seguindo as recomendações da *American Society for Testing and Material* (ASTM) E965 – 15 (2015). A partir desse ensaio volumétrico encontramos uma altura semelhante a macrotextura da superfície, o também conhecido *Mean Texture Depth* (MTD), a partir da Eq. 1.

$$MTD = \frac{4V}{\pi D^2} \quad \text{eq. (1)}$$

MTD = Altura média da macrotextura (mm)

V = Volume do material (mm<sup>3</sup>)

D = Média do diâmetro do material espalhado (mm)

A Associação Brasileira de Pavimentação (ABPv) (1999), recomenda que o MTD ideal encontrasse entre 0,6 e 1,2 mm, como podemos analisar na tabela 3.

**Tabela 3 – Classes de macrotextura**

<b>Classe da macrotextura</b>	<b>Altura média da mancha de areia</b>
Muito Fina ou muito fechada	MTD ≤ 0,20
Fina ou fechada	0,20 < MTD ≤ 0,40
Média	0,40 < MTD ≤ 0,80
Grosseira ou aberta	0,80 < MTD ≤ 1,20
Muito grosseira ou muito aberta	MTD > 1,20


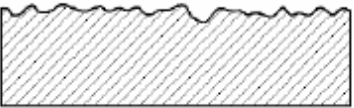
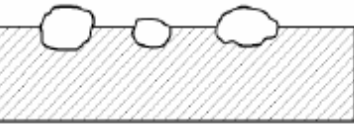

Fonte: Associação Brasileira de Pavimentação (ABPv) (1999).

#### 4.3 Tipos de superfícies

Por fim, de acordo com Aps (2006), podemos encontrar o tipo de superfície do pavimento analisando a microtextura e a macrotextura conjuntamente, como pode-se

observar na figura 2.

**Figura 2 –Texturas de superfícies possíveis em função da microtextura e macrotextura**

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

Fonte: APS (2006).

Em resumo as texturas rugosas e abertas, possuem uma grande aderência pneu pavimento e um bom escoamento da água, geralmente são pistas recém implantadas pois não possuem desgastes consideráveis.

Texturas rugosas e fechadas caracteriza o típico pavimento recém construídos, em pistas secas o atrito e bem satisfatório, mas o escoamento superficial é deficiente devido a macrotextura fechada.

Texturas polidas e abertas possuem um valor de atrito inferior, pois a borrachado pneu apresenta dificuldade de aderência a microtextura, em contraponto sua macrotextura aberta contribui para um bom escoamento superficial, não descartandoa possibilidade de hidroplanagem.

Texturas polidas e fechadas possuem um baixo valor de atrito em pistas molhadas, sendo incapazes de escoar a água superficial. Mesmo em pistas secas sua frenagem possui baixos valores de atrito por adesão e histerese. Com o desgaste da microtextura e macrotextura podem-se acumular resíduos na superfície, são pistas que necessitam e manutenção e restauração (SANTOS, 2004).

## 5 METODOLOGIA

No presente capítulo serão apresentados os procedimentos, métodos, ensaios e equipamentos utilizados em campo para obtenção da microtextura e macrotextura do pavimento asfáltico em alguns dos pontos críticos de Campo Mourão/PR.

### 5.1 Identificação e determinação dos locais de estudo

A primeira etapa do método experimental deste trabalho refere-se ao levantamento de dados com relação a ocorrência do índice de acidentes em Campo Mourão/PR. Para isto, recorreu-se ao Corpo de Bombeiros e à Diretoria de Trânsito (Diretran) da referida cidade.

A partir das informações obtidas, relativas ao período de 30/06/2018 a 30/06/2021 (três anos), foi possível verificar as avenidas que possuem maior ocorrência de acidentes de trânsito e, ao cruzar essas informações com as ruas com maior número de acidentes, determinou-se, os pontos críticos dentro da cidade.

Ao todo foram detectados 15 pontos críticos e partir desses, foram selecionados 11 pontos, onde obteve-se permissão da Diretran, para execução dos ensaios e determinação da macrotextura e microtextura dos pavimentos. A tabela 4 e a figura 3 apresentam os locais selecionados para execução dos ensaios.

**Tabela 4 – Locais selecionados para execução dos ensaios**

<b>Pontos</b>	<b>Local</b>
<b>1</b>	Cruzamento da perimetral Tancredo Neves com a Rua Araruna
<b>2</b>	Cruzamento da perimetral Tancredo Neves com a Rua Engenheiro Mercer
<b>3</b>	Cruzamento da Avenida Jorge Walter com a Rua Araruna
<b>4</b>	Cruzamento da Avenida Capitão Índio Bandeira com a Rua Miguel Luiz Pereira e a Rua Peabiru
<b>5</b>	Cruzamento da Avenida Capitão Índio Bandeira com a Rua Roberto Brzezinski
<b>6</b>	Cruzamento da Avenida Goioerê com a Rua Edmundo Mercer
<b>7</b>	Cruzamento da Avenida Irmãos Pereira com a Rua Roberto Brzezinski

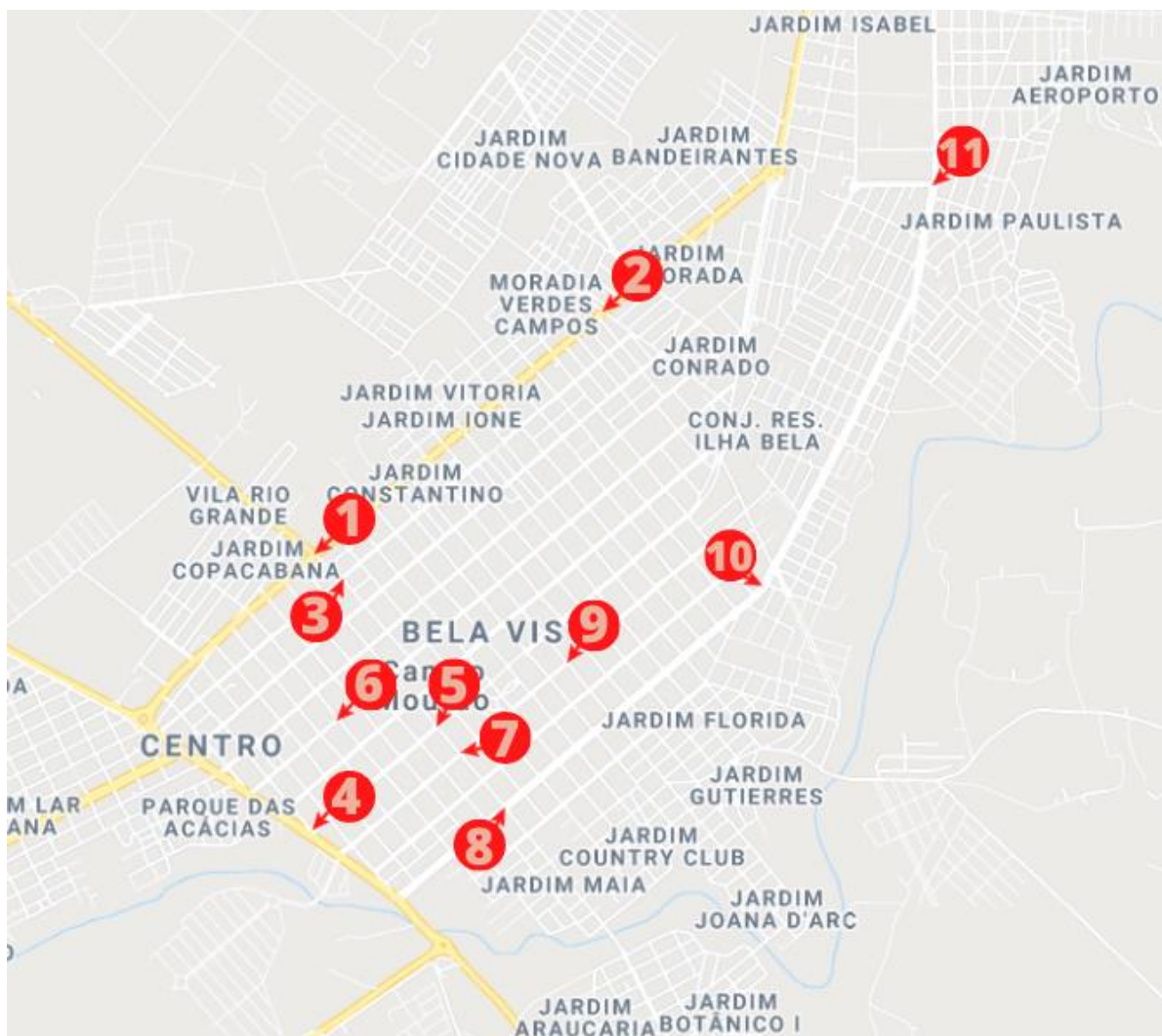
Fonte: Elaborado pelo autor (2021) (Continua)

Tabela 4 – Locais selecionados para execução dos ensaios

Ponto	LOCAL
8	Cruzamento da Avenida João Bento com a Rua Roberto Brzezinski
9	Cruzamento da Avenida Irmãos Pereira com a Rua Mato Grosso
10	Curva que inicia a Avenida Armelindo Trombini antes do cruzamento com a Rua Jatobá
11	Intersecção tipo II-B com a R. Amílton T. Borges e as Av. Armelindo Trombini e Pref. Devete de P. Xavier

Fonte: Elaborado pelo autor (2021) (Conclusão).

Figura 3 – Locais selecionados para execução dos ensaios.



Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

A tabela 5 traz o levantamento do número de acidentes de trânsito pertencentes a cada ponto, além da gravidade dos ferimentos sofridos pelas vítimas dos respectivos acidentes.

**Tabela 5 – Acidentes nos locais de estudo e gravidade dos ferimentos causados**

<b>Ponto</b>	<b>Acidentes</b>	<b>Ilesas</b>	<b>Leves</b>	<b>Moderados</b>	<b>Graves</b>	<b>Óbitos</b>	<b>Sem info.</b>
<b>1</b>	13	4	4	10	1	-	-
<b>2</b>	12	-	9	4	1	-	-
<b>3</b>	10	-	7	3	2	-	2
<b>4</b>	15	3	9	4	-	-	1
<b>5</b>	8	-	6	4	-	-	-
<b>6</b>	8	1	5	4	-	-	-
<b>7</b>	8	-	5	2	-	-	1
<b>8</b>	9	1	3	5	-	-	-
<b>9</b>	8	-	6	4	-	-	-
<b>10</b>	13	2	6	5	-	-	1
<b>11</b>	13	-	8	3	-	1	3

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Com os 11 pontos definidos, a Diretran foi devidamente notificada com o cronograma dos ensaios, para efetuar a sinalização de segurança para a realização dos procedimentos em campo.

## **5.2 Materiais e ensaios**

### **5.2.1 Ensaio da Mancha de Areia**

O ensaio da mancha de areia é um dos métodos mais comuns e de baixo custo que tem por objetivo medir a macrotextura através da profundidade de altura da mancha de areia, tendo como referência a norma Americana ASTM E965 – 15 (2015).

Os equipamentos necessários para a realização do ensaio são:

- Areia uniforme, arredondada, passante na peneira N° 60 (0,250mm) e retida da peneira N°80 (0,177mm),
- Recipiente de metal ou plástico, com volume interno predeterminado de 25000mm<sup>3</sup>, para ser preenchida com a areia que será espalhada na superfície do pavimento,
- Um disco Plano de aproximadamente 25mm de espessura e entre 60 e 75mm de diâmetro para o espalhamento da areia na superfície do pavimento,
- Pincel, para completa limpeza da superfície do pavimento antes do espalhamento do volume de areia,
- Dispositivo de proteção com dimensões mínimas de 50cm x 50cm para ser posicionado em volta da areia durante a realização do ensaio, a fim de proteger o material do vento e da turbulência criada pelo tráfego.

A areia e os demais materiais foram preparados e cedidos pelo laboratório de solos da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Campus de Campo Mourão. A figura 4 ilustra os materiais utilizados.

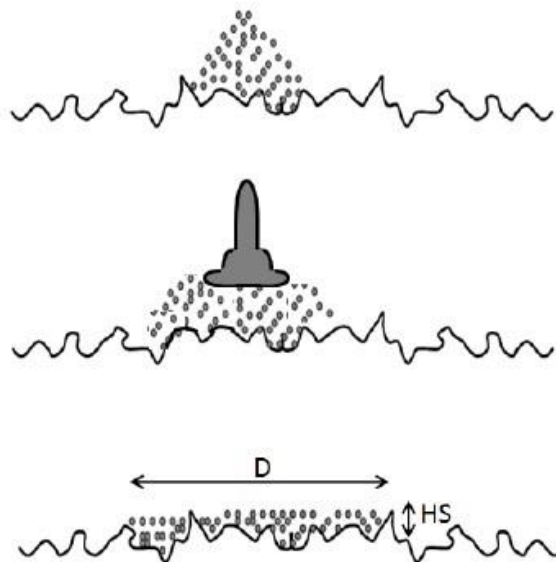
**Figura 4 – Materiais utilizados no ensaio da Mancha de Areia**



Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

A figura 5 ilustra como o ensaio correlaciona o diâmetro da mancha de areia com a profundidade da macrot textura.

**Figura 5 - Esquema representativo do ensaio Mancha de areia**



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

### 5.2.2 Ensaio do Pêndulo Britânico

Para avaliar a microtextura da superfície dos pavimentos, empregou-se o ensaio do Pêndulo Britânico, criado na década de 50 pelo *Transport and Road Research Laboratory* (TRRL).

As vantagens de se utilizar o pêndulo britânico são a rapidez e a facilidade de realização do ensaio, por se tratar de um equipamento portátil, porém, uma grande desvantagem é o fato de ser um equipamento que realiza apenas medições pontuais (MATTOS, 2009).

O equipamento pêndulo britânico foi cedido pelo laboratório de solos da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus de Campo Mourão.

O procedimento para a realização do ensaio do pêndulo britânico está descrito na norma Americana (ASTM) E303 – 98 (2018).

A figura 6 apresenta o pêndulo britânico utilizado nos ensaios de campo.

**Figura 6 – Pêndulo Britânico utilizado nos ensaios.**



Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

### 5.3 Descrição, levantamento e procedimentos em campo

O primeiro ponto crítico avaliado foi o ponto 1, constituído por um cruzamento com semáforos de dois tempos, conforme mostra na figura 7.

**Figura 7 – Cruzamento da Perimetral Tancredo Neves com a Rua Araruna**



Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Neste local, devido às dificuldades para interromper o fluxo de veículos que transitavam a maiores velocidades, por questões de segurança, optou-se em realizar os ensaios o mais próximo possível do ponto crítico. A figura 8 mostra a sinalização feita para execução dos procedimentos de ensaio e a figura 9 o local de ensaio do ponto crítico 1.

**Figura 8 – Sinalização no ponto crítico 1**



Fonte: Elaborado pelo autor (2021).



**Figura 9 – Local de ensaio no ponto crítico 1**



Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

O próximo ponto crítico avaliado foi o ponto 2, pertencente também na perimetral Tancredo Neves, possuindo semáforos de 2 tempos, conforme mostra a figura 10.

**Figura 10 – Cruzamento da Perimetral Tancredo Neves com a Rua Engenheiro Mercer**



Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

A figura 11 ilustra a execução do ensaio da mancha de areia e a preparação do pêndulo britânico.

**Figura 11 – Local de ensaio no ponto crítico 2**



Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

O terceiro ponto crítico, cruzamento da Avenida Jorge Walter com a rua Araruna, conforme visualiza-se na figura 12.

**Figura 12 – Avenida Jorge Walter esquina com a Rua Araruna**



Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Nesse cruzamento foi viável e seguro realizar os ensaios em torno do ponto central, de forma que os veículos contornassem os cones de segurança, sem atrapalhar o fluxo da via, conforme demonstrado na figura 13.

**Figura 13 – Local de ensaio no ponto crítico 3**



Fonte: Elaborado pelo autor (2021)

A figura 14 apresenta o pavimento sendo molhado e a ponteira marcando o valor de VRD (valor de resistência à derrapagem) logo após o pêndulo ser solto e retornar à posição de repouso.

**Figura 14 – Etapas de ensaio do Pêndulo Britânico**



Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

A figura 15 mostra o início da Avenida Capitão Índio Bandeira e seu

cruzamento com a rua Peabiru e a rua Miguel Luiz Pereira, o ponto crítico quatro.

**Figura 15 – Avenida Capitão Índio Bandeira esquina com a Ruas Peabiru e Miguel Luiz Pereira**



Fonte: Elaborado pelo autor (2021)

Verificou-se através do levantamento que um dos principais motivos de acidentes desse local são os veículos que adentram o cruzamento pela rua Miguel Luiz Pereira e atravessam para rua Peabiru, assim optou-se por realizar os ensaios o mais próximo possível desse ponto onde ocorre o choque dos veículos, como mostra a figura 16.

**Figura 16 – Local de ensaio do ponto crítico 4**



Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Para o ponto crítico número 5, a figura 17 apresenta o cruzamento da Avenida Capitão Índio Bandeira esquina com a rua Roberto Brzezinski.

**Figura 17 – Avenida Capitão Índio Bandeira esquina com a Rua Roberto Brzezinski.**



Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Nesse local foram realizados os ensaios contornando a área central do cruzamento conforme demonstrado na figura 18.

**Figura 18 – Local de ensaio do ponto crítico 5**



Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

A figura 19 exhibe as etapas do procedimento do ensaio da mancha de areia.

Figura 19 – Procedimento do ensaio da Mancha de Areia



Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

O ponto crítico número 6 é evidenciado pela figura 20, o cruzamento da Avenida Goioerê com a rua Edmundo Mercer e a figura 21 dá uma visão mais ampla do local ensaiado.

**Figura 20 – Avenida Goioerê esquina com a Rua Edmundo Mercer**



Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

**Figura 21 – Local de ensaio no ponto crítico 6**



Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Para o ponto crítico número 7, cruzamento entre a Avenida Irmãos Pereira e a Rua Roberto Brzezinski, a figura 22 apresenta o local estudado.

**Figura 22 – Cruzamento da Avenida Irmãos Pereira com a Rua Roberto Brzezinski**



Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Optou-se novamente por isolar e realizar os ensaios no centro do cruzamento como mostra a figura 23.

**Figura 23 – Local de ensaio no ponto crítico 7**



Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

O ponto crítico número 8, cruzamento entre a Avenida João Bento e a rua Roberto Brzezinski é apresentado pela figura 24.



**Figura 24 – Cruzamento da Avenida João Bento com a Rua Roberto Brzezinski**



Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

A figura 25 mostra o local de ensaio do ponto crítico número 8.

**Figura 25 – Local de ensaio no ponto crítico 8**



Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Pertencente a avenida Irmãos Pereira esquina com a rua Mato Grosso, o ponto crítico 9, cruzamento de mão única é demonstrado pela figura 26.

**Figura 26 – Cruzamento da Avenida Irmãos Pereira com a Rua Mato Grosso**



Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

O ponto crítico nove é uma esquina com sentido único e a faixa de rolamento possui largura inferior aos demais pontos. Assim realizou-se os ensaios mais próximos ao canteiro central, porém ainda na pista de rolamento onde os veículos transitam, como ilustra a figura 27.

**Figura 27 – Local de ensaio no ponto crítico 9**



Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

O ponto crítico número 10, localizado entre uma curva e um cruzamento, a figura 28 exibe o início da Avenida Armelindo Trombini.

**Figura 28 – Avenida Armelindo Trombini**

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Devido aos dados do levantamento de acidentes informarem que este ponto está localizado na Avenida Armelindo Trombini nº 1, optou-se por efetuar os ensaios durante a curva que precede o cruzamento com a rua Jatobá, onde termina a Avenida João Bento e se inicia a Avenida Armelindo Trombini. A figura 29 mostra o local de ensaio.

**Figura 29 – Local de ensaio no ponto crítico 10**

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

O Último ponto crítico, número 11, se trata de uma intersecção do tipo II B, também chamada de “ilha”, conforme ilustra a figura 30.

**Figura 30 – Intersecção tipo II-B com a Rua Amílton Tavares Borges e as Avenidas Armelindo Trombini e Prefeito Devete de Paula Xavier.**



Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

A figura 31 mostra a realização dos ensaios no ponto 11.

**Figura 31 – Local de ensaio no ponto crítico 11**



Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Após a conclusão dos ensaios, foram obtidos os valores da microtextura e da macrotextura para a classificação da superfície do pavimento nos onze pontos críticos selecionados para estudo. Pode-se verificar se os resultados estão dentro dos valores recomendados por norma e relaciona-los com os números de acidentes desses locais.

## 6 ANÁLISE DOS RESULTADOS

### 6.1 Apresentação dos resultados

A partir do ensaio da mancha de areia, foram obtidos quatro valores distintos, medidos em quatro direções espaçadas igualmente em torno da amostra. Foi realizada a média aritmética do diâmetro da mancha e após as quatro medições determinou-se o diâmetro médio e a altura média da macrotextura, MTD.

Através do ensaio do pêndulo britânico, determinou-se quatro valores de medidas de VRD e a partir delas a média aritmética para cada ponto, obtendo-se o valor de resistência a derrapagem, VRD. Conforme as tabelas 2 e 3 citadas no referencial teórico classifica-se as superfícies mediante sua micro e macrotextura, os resultados dos ensaios e a classificação dos 11 pontos críticos são apresentadas na tabela 6.

**Tabela 6 – Levantamento e classificação da microtextura e macrotextura**

<b>Ponto Crítico 1</b>						
<b>Ensaio da Mancha de Areia</b>						
Manchas	Diâmetro da mancha (mm)				Ø médio(mm)	MTD (mm)
M1	19,00	19,00	22,00	20,00	20,00	0,79
M2	21,00	21,00	20,00	23,00	21,25	0,70
M3	20,00	25,00	23,00	23,00	22,75	0,61
M4	21,00	21,00	21,00	22,00	21,25	0,70
<b>MÉDIA</b>						<b>0,70 mm</b>
<b>Classificação:</b>						<b>Macrotextura média</b>
<b>Ensaio Pêndulo Britânico</b>						
Medição	1	2	3	4	VRD Médio	
	50,00	52,00	54,00	54,00	<b>52,50</b>	
<b>Classificação</b>						<b>Medianamente rugosa</b>
<b>Ponto Crítico 2</b>						
<b>Ensaio da Mancha de Areia</b>						

Fonte: Elaborado pelo autor (2021) (Continua)

Tabela 6 – Levantamento e classificação da microtextura e macrotextura

<b>Ponto Crítico 2</b>						
<b>Ensaio da Mancha de Areia</b>						
Manchas	Diâmetro da mancha (mm)				Ø médio(mm)	MTD (mm)
M1	25,50	25,00	25,50	22,50	24,62	0,53
M2	19,00	21,50	21,00	20,50	20,50	0,76
M3	16,00	23,00	18,00	21,00	19,50	0,84
M4	23,00	27,00	24,00	23,00	24,25	0,54
<b>MÉDIA</b>						<b>0,67 mm</b>
<b>Classificação:</b>						<b>Macrotextura média</b>
<b>Ensaio Pêndulo Britânico</b>						
Medição	1	2	3	4	VRD Médio	
	54,00	55,00	55,00	56,00	<b>55,00</b>	
<b>Classificação</b>						<b>Rugosa</b>
<b>Ponto Crítico 3</b>						
<b>Ensaio da Mancha de Areia</b>						
Manchas	Diâmetro da mancha (mm)				Ø médio(mm)	MTD (mm)
M1	17,00	16,00	18,50	17,50	17,25	1,06
M2	16,00	17,00	17,00	16,00	16,50	1,16
M3	16,00	19,00	18,50	19,00	18,12	0,96
M4	13,50	12,50	15,00	15,00	14,00	1,62
<b>MÉDIA</b>						<b>1,20 mm</b>
<b>Classificação:</b>						<b>Grosseira e aberta</b>
<b>Ensaio Pêndulo Britânico</b>						
Medição	1	2	3	4	VRD Médio	
	50,00	52,00	54,00	54,00	<b>52,50</b>	
<b>Classificação</b>						<b>Medianamente rugosa</b>
<b>Ponto Crítico 4</b>						
<b>Ensaio da Mancha de Areia</b>						

Fonte: Elaborado pelo autor (2021) (Continuação)

Tabela 6 – Levantamento e classificação da microtextura e macrotextura

Ponto Crítico 4						
Ensaio da Mancha de Areia						
Manchas	Diâmetro da mancha (mm)				Ø médio(mm)	MTD (mm)
M1	16,00	17,00	16,00	17,50	16,62	1,15
M2	20,00	19,00	15,00	19,00	18,25	0,95
M3	15,50	18,00	18,00	16,50	17,00	1,10
M4	16,50	20,00	19,50	19,00	18,75	0,90
<b>MÉDIA</b>						<b>1,02 mm</b>
<b>Classificação:</b>						<b>Grosseira e aberta</b>
Ensaio Pêndulo Britânico						
Medição	1	2	3	4	VRD Médio	
	72,00	72,00	73,00	74,00	<b>72,75</b>	
<b>Classificação</b>						<b>Rugosa</b>
Ponto Crítico 5						
Ensaio da Mancha de Areia						
Manchas	Diâmetro da mancha (mm)				Ø médio(mm)	MTD (mm)
M1	26,00	24,00	20,00	24,00	23,50	0,58
M2	28,50	23,50	28,00	23,00	25,75	0,48
M3	24,00	27,00	28,00	26,50	26,37	0,46
M4	26,50	24,00	26,50	26,00	25,75	0,48
<b>MÉDIA</b>						<b>0,50 mm</b>
<b>Classificação:</b>						<b>Macrotextura média</b>
Ensaio Pêndulo Britânico						
Medição	1	2	3	4	VRD Médio	
	64,00	64,00	64,00	65,00	<b>64,25</b>	
<b>Classificação</b>						<b>Rugosa</b>
Ponto Crítico 6						
Ensaio da Mancha de Areia						

Fonte: Elaborado pelo autor (2021) (Continuação)

Tabela 6 – Levantamento e classificação da microtextura e macrotextura

Manchas	Diâmetro da mancha (mm)				Ø médio(mm)	MTD (mm)
	M1	18,00	15,50	17,50		
M2	19,00	22,00	21,00	22,00	21,00	0,72
M3	25,00	27,00	25,50	25,00	25,62	0,49
M4	27,00	32,00	27,00	29,00	28,75	0,38
<b>MÉDIA</b>						<b>0,67 mm</b>
<b>Classificação:</b>						<b>Macrotextura média</b>
<b>Ensaio Pêndulo Britânico</b>						
Medição	1	2	3	4	VRD Médio	
	63,00	63,00	64,00	63,00	<b>63,25</b>	
<b>Classificação</b>						<b>Rugosa</b>
<b>Ponto Crítico 7</b>						
<b>Ensaio da Mancha de Areia</b>						
Manchas	Diâmetro da mancha (mm)				Ø médio(mm)	MTD (mm)
	M1	21,00	26,00	27,50		
M2	27,00	24,00	29,00	26,50	26,62	0,45
M3	27,50	23,50	26,00	25,00	25,50	0,49
M4	21,00	23,00	21,00	21,50	21,62	0,68
<b>MÉDIA</b>						<b>0,54 mm</b>
<b>Classificação:</b>						<b>Macrotextura média</b>
<b>Ensaio Pêndulo Britânico</b>						
Medição	1	2	3	4	VRD Médio	
	54,00	55,00	54,00	54,00	<b>54,25</b>	
<b>Classificação</b>						<b>Medianamente rugosa</b>
<b>Ponto Crítico 8</b>						
<b>Ensaio da Mancha de Areia</b>						
Manchas	Diâmetro da mancha (mm)				Ø médio(mm)	MTD (mm)
	M1	25,00	24,50	25,00		

Fonte: Elaborado pelo autor (2021) (Continuação)



Tabela 6 – Levantamento e classificação da microtextura e macrotextura

<b>Ponto Crítico 8</b>						
<b>Ensaio da Mancha de Areia</b>						
Manchas	Diâmetro da mancha (mm)				Ø médio(mm)	MTD (mm)
M2	28,00	22,50	24,50	23,50	24,62	0,52
M3	27,50	20,50	24,50	21,50	23,50	0,57
M4	22,00	20,50	20,00	19,50	20,50	0,76
<b>MÉDIA</b>						<b>0,59 mm</b>
<b>Classificação:</b>					<b>Macrotextura média</b>	
<b>Ensaio Pêndulo Britânico</b>						
Medição	1	2	3	4	VRD Médio	
	68,00	68,00	67,00	70,00	<b>68,25</b>	
<b>Classificação</b>					<b>Rugosa</b>	
<b>Ponto Crítico 9</b>						
<b>Ensaio da Mancha de Areia</b>						
Manchas	Diâmetro da mancha (mm)				Ø médio(mm)	MTD (mm)
M1	23,50	25,50	25,50	24,00	24,62	0,52
M2	22,00	22,00	22,00	22,50	22,12	0,65
M3	25,00	27,50	25,00	28,50	26,50	0,45
M4	23,50	23,50	27,00	20,00	23,50	0,58
<b>MÉDIA</b>						<b>0,55 mm</b>
<b>Classificação:</b>					<b>Macrotextura média</b>	
<b>Ensaio Pêndulo Britânico</b>						
Medição	1	2	3	4	VRD Médio	
	50,00	52,00	54,00	54,00	<b>52,50</b>	
<b>Classificação</b>					<b>Rugosa</b>	
<b>Ponto Crítico 10</b>						
<b>Ensaio da Mancha de Areia</b>						
Manchas	Diâmetro da mancha (mm)				Ø médio(mm)	MTD (mm)

Fonte: Elaborado pelo autor (2021) (Continuação)

Tabela 6 – Levantamento e classificação da microtextura e macrotextura

<b>Ponto Crítico 10</b>						
<b>Ensaio da Mancha de Areia</b>						
Manchas	Diâmetro da mancha (mm)				Ø médio(mm)	MTD (mm)
M1	15,00	15,50	14,50	15,00	15,00	1,41
M2	13,00	15,50	16,50	15,50	15,12	1,39
M3	16,00	13,00	16,00	16,00	15,25	1,36
M4	14,00	16,50	17,00	14,50	15,50	1,32
<b>MÉDIA</b>						<b>1,37 mm</b>
<b>Muito grosseira ou muito aberta</b>						
<b>Ensaio Pêndulo Britânico</b>						
Medição	1	2	3	4	VRD Médio	
	72,00	69,00	78,00	74,00	<b>73,25</b>	
<b>Classificação</b>					<b>Rugosa</b>	
<b>Ponto Crítico 11</b>						
<b>Ensaio da Mancha de Areia</b>						
Manchas	Diâmetro da mancha (mm)				Ø médio(mm)	MTD (mm)
M1	20,50	22,50	22,00	19,50	21,12	0,71
M2	24,50	21,00	23,50	22,00	22,75	0,61
M3	23,50	24,00	23,00	27,00	24,37	0,53
M4	13,00	15,00	16,00	13,00	14,25	1,56
<b>MÉDIA</b>						<b>0,85 mm</b>
<b>Classificação:</b>					<b>Grosseira ou aberta</b>	
<b>Ensaio Pêndulo Britânico</b>						
Medição	1	2	3	4	VRD Médio	
	67,00	69,00	70,00	69,00	<b>68,75</b>	
<b>Classificação</b>					<b>Rugosa</b>	

Fonte: Elaborado pelo autor (2021) (Conclusão).

Por fim, com os resultados da microtextura e macrotextura, o próximo passo será analisa-los conjuntamente com os acidentes.

## 6.2 Discussão e análise

Verificou-se que todos os 11 pontos possuem o VRD dentro do recomendado, em contrapartida, 5 pontos estudados apresentaram a macrotextura fora do valor sugerido pela ABPv.

A tabela 7 evidencia os pontos que estão com o MTD abaixo ou acima do valor recomendado, 0,6 a 1,20 mm.

**Tabela 7 – Superfícies fora do recomendado**

Pontos	MTD (mm)
5	0,50
7	0,54
8	0,59
9	0,55
10	1,37

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Não foi encontrado um indicativo que comprove um aumento no número de acidentes em comparação com os outros 6 pontos, apesar dos outros pontos estarem com as condições dentro do recomendado. A média no número de acidentes permanece maior para os 6 locais que se encontram dentro do recomendado, em comparativo com os 5 locais que estão fora.

A Tabela 8 relaciona os pontos críticos, o número de acidentes e os valores médios obtidos para VRD e MDT.

**Tabela 8 – Número de acidentes e valores médio**

Pontos	Número de Acidentes	VRD Médio	MDT Médio (mm)
1	13	52,50	0,70
2	12	55,00	0,67
3	10	51,75	1,20
4	15	72,75	1,02
5	8	64,25	0,50
6	8	63,25	0,67
7	8	54,25	0,54
8	9	68,25	0,59

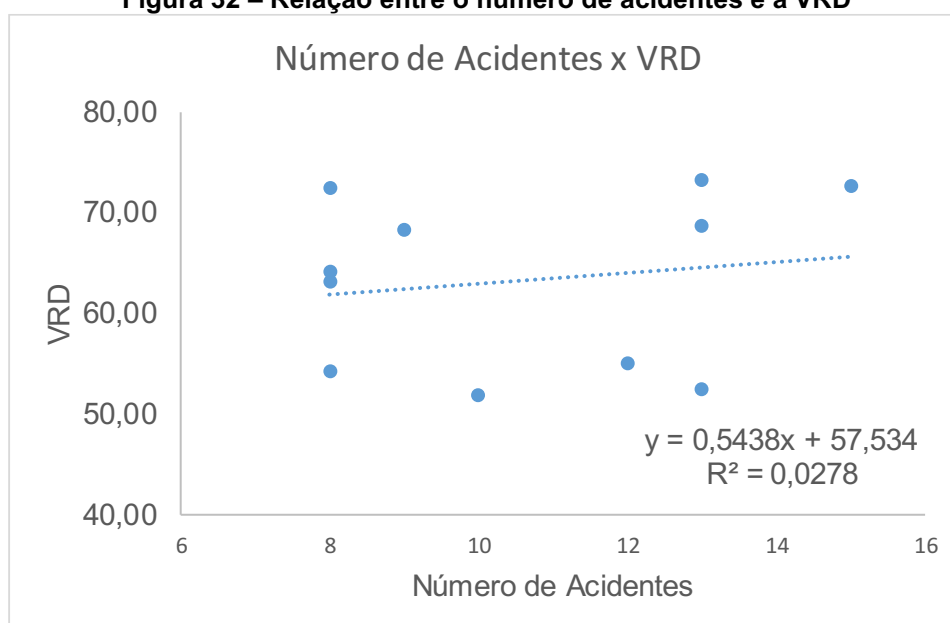
Fonte: Elaborado pelo autor (2021) (Continua)

<b>Tabela 8 – Número de acidentes e valores médio</b>			
Pontos	Número de Acidentes	VRD Médio	MDT Médio (mm)
9	8	72,50	0,55
10	13	73,25	1,37
11	13	68,75	0,85

Fonte: Elaborado pelo autor (2021) (Conclusão).

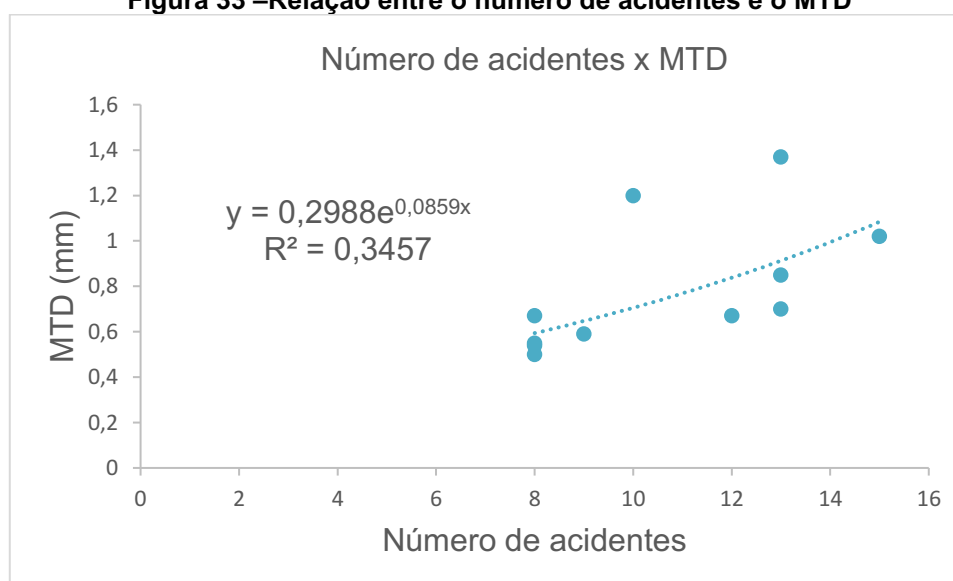
A partir da Tabela 8 foram elaborados os gráficos representados pelas Figuras 32 e 33.

**Figura 32 – Relação entre o número de acidentes e a VRD**



Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

**Figura 33 – Relação entre o número de acidentes e o MTD**

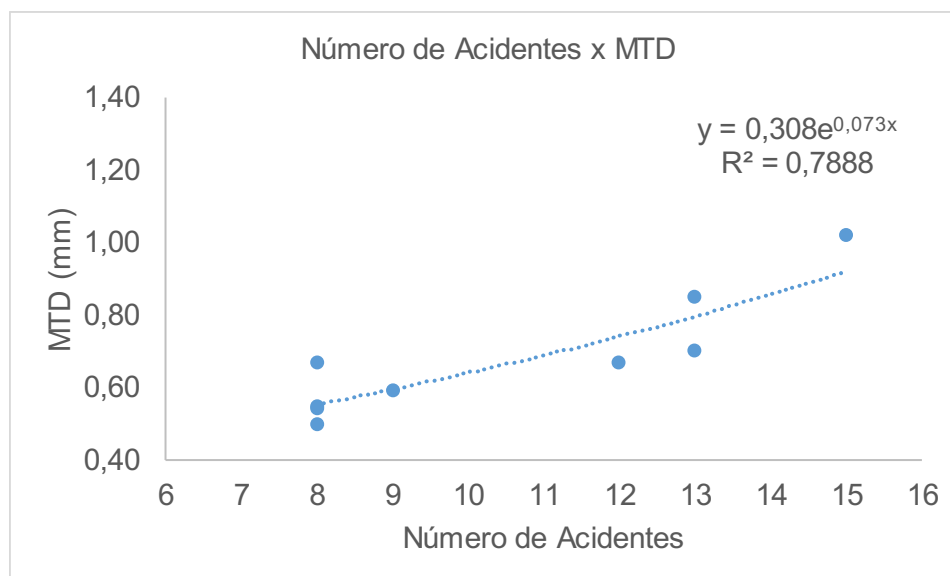


Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Analisando-se os gráficos 1 e 2 das figuras 31 e 32 verifica-se que, para este

estudo, não foi encontrada uma correlação clara entre o VRD e o número de acidentes. Já com relação ao MDT verifica-se uma tendência ao aumento do número de acidentes com o aumento deste parâmetro. Esse aumento se torna evidente quando retiramos os pontos 3 e 10 para melhor análise dos resultados, conforme ilustra a figura 34.

**Figura 34 – Relação entre o número de acidentes e o MTD com a retirada dos pontos 3 e 10**



**Fonte: Elaborado pelo autor (2021).**

Isto se deve ao fato de que uma macrotextura elevada provoca uma perda de contato entre o pneu e pavimento, o que pode dificultar a frenagem dos veículos, vale salientar que entre os 5 pontos que possuem a macrotextura fora do recomendado, o ponto 10 dispõe do maior valor de macrotextura, e também é o ponto com maior número de acidentes entre os cinco.

Todavia ressalta-se que os dois parâmetros analisados neste trabalho, ou seja, micro e macrotextura, deverão agir juntas para promover o atrito necessário pneu-pavimento. Desta forma, de posse dos resultados, foi realizada a análise conjunta dos dois parâmetros com a finalidade de classificar o tipo de textura superficial referente aos pavimentos estudados.

A Tabela 9 apresenta os resultados encontrados.

**Tabela 9 – Classificação da textura dos pavimentos**

Ponto	Tipo de textura
1	Medianamente Rugosa e Média
2	Rugosa e Média
3	Medianamente Rugosa e Grosseira

**Fonte: Elaborado pelo autor (2021) (Continua)**

**Tabela 9 – Classificação da textura dos pavimentos**

<b>Ponto</b>	<b>Tipo de textura</b>
4	Rugosa e Grosseira
5	Rugosa e Média
6	Rugosa e Média
7	Medianamente Rugosa e Média
8	Rugosa e Média
9	Rugosa e Média
10	Rugosa e Muito Grosseira
11	Rugosa e Grosseira

**Fonte: Elaborado pelo autor (2021) (Conclusão).**

As superfícies estudadas variaram sua microtextura de medianamente rugosas até rugosas, e a macrotextura variou de média a muito grosseira ou aberta.

As superfícies medianamente rugosas e médias possuem boa adesão e atrito em níveis aceitáveis, porém perdem considerável atrito com o pavimento molhado, devido ao escoamento superficial não ser tão eficiente.

As superfícies medianamente rugosas e grosseiras possuem boa adesão e níveis de atrito aceitáveis, com o pavimento molhado não sofrem perda expressiva de atrito, a macrotextura grosseira garante um escoamento eficiente da lâmina d'água.

As superfícies rugosas e médias possuem grande adesão pneu-pavimento e níveis de atrito elevado que compensam a perda de atrito na presença de água, a macrotextura média garante um escoamento superficial aceitável, porém não eficiente em chuvas intensas.

As superfícies rugosas e grosseiras, possuem grande adesão pneu-pavimento e ótimos níveis de atrito, além de um bom escoamento da água, geralmente são pistas recém implantadas pois não possuem desgastes consideráveis.

As superfícies rugosas e muito grosseiras possuem ótimos níveis de atrito e excelente escoamento da água, porém a adesão pneu pavimento sofre perda considerável à medida que a velocidade do veículo aumenta, a área de contato pneu pavimento se torna cada vez menor com macrotextura tão grosseira.

## **7 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

A presente pesquisa buscou realizar um levantamento dos locais com alto índice de acidentes na cidade de Campo Mourão, afim de avaliar a condição da superfície dos pavimentos asfálticos e como isso se correlaciona com a ocorrência de acidentes. Para isso foi estudado a microtextura e macrotextura dos locais levantados, por meio dos ensaios do Pêndulo Britânico e da Mancha de Areia que são ensaios muito empregados devido ao seu baixo custo e fácil manuseio.

Foi constatado que alguns pavimentos estavam com o valor da macrotextura fora do recomendado, mas não evidenciavam ser agravantes ou causadores do alto índice de acidentes de trânsito.

Vale ressaltar, que os pontos escolhidos para estudo possuem características diferentes, como fluxo de veículos, velocidade máxima permitida, tipos de via, periculosidade da pista entre outros. Este estudo não levou esses dados em consideração, porém constatou-se que à medida que o valor da macrotextura do pavimento aumentava, o número de acidentes também aumentou, provando que uma macrotextura mais aberta pode influenciar na aderência, diminuindo a área de contato pneu-pavimento à medida que a velocidade do veículo aumenta.

Notou-se ainda a falta de sinalização das vias da cidade, muitos dos pontos estudados não possuíam sinalização, recomenda-se a fresagem superficial dos pavimentos que apresentaram macrotextura acima do recomendado, além da distribuição de sinalização nestes locais. Destaca-se a necessidade de um estudo mais aprofundado no ponto 4 deste trabalho e recomenda-se tornar a rua Peabiru naquele ponto, mão única ou proibir que os veículos que transitam a rua Miguel Luiz Pereira possam adentrar diretamente para a rua Peabiru.

### **7.1 Sugestões para trabalhos futuros**

Recomenda-se uma análise mais detalhada e completa para esse estudo, levando-se em consideração o fluxo de veículos, a periculosidade da via a velocidade da pista, condições climáticas, falta de sinalização e outros fatores contribuintes para a ocorrência de acidentes de trânsito.

## REFERÊNCIAS

ABPv - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PAVIMENTAÇÃO. **Informativo Técnico sobre a avaliação da resistência à derrapagem através de aparelhagem portátil.** Rio de Janeiro, n. 18, 1999.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIAL. ASTM E 867-97: **terminology relating to vehicle-pavement system.** West Conshohocken, US: ASTM, 1997. 8p.

APS, M. **Classificação da aderência pneu-pavimento pelo índice combinado IFI -International Friction Index para revestimentos asfálticos.** São Paulo, 2006.

ASTM - AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **ASTM E 303-93:** Standard Test Method for Measuring Surface Frictional Properties Using the British Pendulum Tester. ASTM International, 2018.

ASTM - AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **ASTM E965-15:** Standard Test Method for Measuring Pavement Macrottexture Using a Volumetric Technique. ASTM International, 2015.

BERNUCCI, L. L. B.; MOTTA, L. M. G., CERATTU, J. A. P.; SOARES, J. B. **Pavimentação Asfáltica:** formação básica para engenheiros. Abeda, Petrobrás. Riode Janeiro, 2008.

CARVALHO, F. S. **Análise da textura superficial de pavimentos asfálticos e sua influência na ocorrência de acidentes de tráfego rodoviário em condição de pista molhada /** F. S. Carvalho. São Paulo, 2019.

CASTRO, Cecília Catarina Oliveira de. **Análise da resistência à derrapagem de revestimentos flexíveis em serviço por meio dos parâmetros IFI e SN40 /** Cecília Catarina Oliveira de Castro. – 2018.

CNT. **Rodovias pavimentadas crescem 23,2% e frota aumenta 184,2%.** Disponível em: <<https://www.cnt.org.br/agencia-cnt/rodovias-pavimentadas-crescem-23-e-frota-aumenta-184-anuario-cnt-do-transporte>> Acesso em: 4 set. 2020.

CNT. **Infraestrutura deficiente é fator preponderante na ocorrência de acidentes com vítimas.** Disponível em: <<https://www.cnt.org.br/agencia-cnt/infraestrutura-deficiente-causa-acidentes-com-vitimas>> Acesso em: 4 set 2020.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRA-ESTRUTURA DE TRANSPORTES. **Manual de restauração de pavimentos asfálticos.** DNIT. Rio de Janeiro: IPR, 2006.3010P.



CTD – Centro de Desenvolvimento Tecnológico. **Determinação do Valor de Resistência à Derrapagem Utilizando o Pêndulo Britânico**, 2020.

CTD – Centro de Desenvolvimento Tecnológico. **Medição da profundidade da macrotextura de pavimentos utilizando técnica volumétrica**, 2016.

HALL, W.; SMITH, K. L.; TITUS-GLOVER, L.; WAMBOLD, J. C.; YAGER, T. J.; RADO, Z. **Guide for pavement friction. National Cooperative Highway Research Program - NCHRP Web-Only Document 108, Final Report for NCHRP Project 01-43, Transportation Research Board of the National Academies, Washington, DC, USA 2009, 257P.**

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.

NOYCE, D. A.; H. U.; YANBÓ, J. M.; KIM, G. **Incorporating Road Safety into Pavement Management: Maximizing Asphalt Pavement Surface Friction For Road Safety Improvements.** Madson: Midwest Regional University Transportation Center, 2005.

PASQUET, A.; BERTHIERT, J. **Recherches relatives à la glissance routiere: e consequences sur la conception des reverements routiers.** Special F - Ministere de l'Equipement, Paris, Laboratoire Central des Ponts et Chauddees, 1996.

PEDER, M. A. **Avaliação da Macrotextura do Pavimento Asfáltico de um Trecho de Rodovia Localizada no Noroeste do Paraná.** 2017. 47 páginas. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Campo Mourão, 2017.

PEREIRA, C. A. **Análise da aderência pneu-pavimento em rodovias do Estado de Pernambuco e da Paraíba com elevado índice de acidentes / Cláudia Azevedo Pereira - Recide: O Autor, 2010.**

RODRIGUES FILHO, O. S. **Características de aderência de revestimentos asfálticos aeroportuários: estudo de caso do Aeroporto Inernacional de São Paulo / Congonhas.** 2006.

SANDBERG, U. E EJSMONT, J. **Tyre/Road Noise Reference Book.** INFORMEX Ejsmont Sandberg Handelsbolag. Kisa: Sweden. 2002.

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.

SPECHT, L. P.; ROZEK, T.; HIRSCH, F.; SANTOS, R. T. dos. Avaliação da macrotextura de pavimentos através do ensaio de mancha de areia. **Teoria e Prática na Engenharia Civil**, Rio Grande, n. 10, p.30-38, jul. 2007.