

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

**MAUÊ FOLONI BERBEL**

**APLICAÇÃO DO MÉTODO DO PCI – *PAVIMENT CONDITIONS INDEX*  
– PARA DETERMINAÇÃO DE SERVIÇOS DE RESTAURAÇÃO E  
MANUTENÇÃO EM UM TRECHO DA AVENIDA TUPI DE PATO  
BRANCO-PR**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

**PATO BRANCO**

**2016**

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

**MAUÊ FOLONI BERBEL**

**APLICAÇÃO DO MÉTODO DO PCI – *PAVIMENT CONDITIONS INDEX***  
**– PARA DETERMINAÇÃO DE SERVIÇOS DE RESTAURAÇÃO E**  
**MANUTENÇÃO EM UM TRECHO DA AVENIDA TUPI DE PATO**  
**BRANCO-PR**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

**PATO BRANCO**

**2016**

**MAUÉ FOLONI BERBEL**

**APLICAÇÃO DO MÉTODO DO PCI – *PAVIMENT CONDITIONS INDEX*  
– PARA DETERMINAÇÃO DE SERVIÇOS DE RESTAURAÇÃO E  
MANUTENÇÃO EM UM TRECHO DA AVENIDA TUPI DE PATO  
BRANCO-PR**

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

Orientador: Prof. MSc. Jairo Trombetta

**PATO BRANCO**

**2016**

Espaço destinado a elaboração da ficha catalográfica sob responsabilidade exclusiva do Departamento de Biblioteca da UTFPR.



Ministério da Educação  
**Universidade Tecnológica Federal do Paraná**  
Campus Pato Branco

Coordenação de Engenharia Civil  
Engenharia Civil



---

## **TERMO DE APROVAÇÃO**

### **APLICAÇÃO DO MÉTODO DO PCI – *PAVIMENT CONDITIONS INDEX* – PARA DETERMINAÇÃO DE SERVIÇOS DE RESTAURAÇÃO E MANUTENÇÃO EM UM TRECHO DA AVENIDA TUPI DE PATO BRANCO-PR**

#### **MAUÊ FOLONI BERBEL**

No dia 25 de novembro de 2016, às 10h3min, na Sala de Treinamento da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, este trabalho de conclusão de curso foi julgado e, após arguição pelos membros da Comissão Examinadora abaixo identificados, foi aprovado como requisito parcial para a obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Civil da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, conforme Ata de Defesa Pública nº40-TCC/2016.

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

Membro 1 da Banca: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. ELIZÂNGELA MARCELO SILIPRANDI (DACOC/UTFPR-PB)

Membro 2 da Banca: Prof. Dr. NEY LYZANDRO TABALIPA (DACOC/UTFPR-PB)

DACOC / UTFPR – PB Via do Conhecimento, Km 1 CEP 85503-390 Pato Branco - PR

[www.pb.utfpr.edu.br/ecv](http://www.pb.utfpr.edu.br/ecv) Fone: +55 (46)3220-2560

Dedico este trabalho a todos que se  
fizeram presente em cada momento desta  
trajetória.

## AGRADECIMENTOS

A Deus por ser meu guia e meu sustento desde sempre, iluminando meu caminho até aqui e me dando forças para superar cada dificuldade. Por ter se feito presente em mim nas minhas ações, me conduzindo pelo caminho da verdade e do amor.

Aos meus pais e aos meus avós que sempre acreditaram em mim e não mediram esforços para que eu pudesse concretizar esse sonho. Mãe, sua força de vontade e dedicação me fizeram acreditar que podemos mudar o mundo com as nossas atitudes. Pai, seu carisma e honestidade me ensinaram que sempre podemos optar pelo caminho da verdade e da justiça. Vó, seu carinho me mostrou que quando fizemos alguma coisa com amor é impossível dar errado. Vô, seu suor me fez crer que não chegamos a lugar nenhum sem nos dedicar verdadeiramente. Sem vocês quatro jamais seria possível, sempre serei grata por tudo.

Ao meu namorado Cleiton que em nenhum momento me deixou fraquejar, sempre esteve ao meu lado, com paciência, atenção e carinho. Todas as dificuldades que enfrentamos juntos só nos prova que nosso amor é vivo e verdadeiro e que teremos um futuro maravilhoso juntos.

Aos meus amigos, que foram a minha família durante a graduação e que nunca me deixaram sozinha. Cada um de vocês marcou a minha história de uma maneira diferente, me tornando uma pessoa melhor, me fazendo acreditar que ainda existem pessoas que buscam ser melhores umas para as outras.

À minha colega Jhenifer que iniciou este trabalho comigo e continuou me ajudando mesmo com todas as dificuldades e ao professor Jairo Trombetta pela oportunidade de me desenvolver com este trabalho e, principalmente, pela paciência e dedicação ao repassar todo conhecimento. Jamais conseguirei explicar em palavras a gratidão que sinto por cada ensinamento e por todo carinho sempre.

A todos os professores do Departamento de Construção Civil da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, *Campus* Pato Branco, por cada instante de convivência diária, por todo aprendizado adquirido, por todo sorriso e por toda dedicação. Me espelho em cada um de vocês para ser uma pessoa melhor.

“Pagai o mal com o bem, porque o amor é  
vitorioso no ataque e invulnerável na  
defesa.” (LAO-TSÉ)



## RESUMO

BERBEL, Mauê Foloni. **Aplicação do Método do PCI – *Paviment Conditions Index* – para determinação de serviços de restauração e manutenção em um trecho da Avenida Tupi de Pato Branco-PR**. 2016. 122p. Trabalho de Conclusão de Curso de Bacharelado em Engenharia Civil - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Pato Branco, 2016.

O pavimento se deteriora ao decorrer do tempo devido principalmente ao tráfego e às condições climáticas. Desta forma, ao longo do mesmo surgem defeitos de vários tipos que impactam negativamente nas condições de rolamento da via. O presente trabalho utiliza o Método do PCI para analisar as condições de um trecho da Avenida Tupi com seis anos de utilização. Para tal, se faz necessário descrever os tipos de defeitos, suas severidades e extensões para caracterizar as condições do pavimento e fazer uma contagem de tráfego a fim de caracterizar o fluxo de veículos. Ao analisar os resultados, percebe-se que o pavimento estudado é submetido a um tráfego pesado de veículos e os defeitos mais frequentes são desgastes e fissuras longitudinais e estes não impactam de maneira significativa nas condições do pavimento. Mesmo que a situação do pavimento seja muito boa, sugerem-se atividades de manutenção, como remendos, selagem de trincas e aplicação de um micro revestimento, a fim de aumentar a vida útil do pavimento e diminuir custos maiores futuramente. Pode-se perceber que o método de avaliação foi útil, já que correspondeu à realidade e aos resultados esperados, sendo que intervenções obtidas pelo método são as mesmas a serem adotadas na via comumente.

**Palavras-chave:** Pavimento. Tráfego. Via. Avaliação pelo Método do PCI. Manutenção.

## ABSTRACT

BERBEL, Mauê Foloni. **Application of PCI method - pavement condition index - to determine restoration and maintenance services on stretch at Tupi Avenue in Pato Branco - PR.** 2016. 122 p. Trabalho de Conclusão de Curso de Bacharelado em Engenharia Civil - Federal Technology University - Paraná. Pato Branco, 2016.

The pavement deteriorates over time mainly due to traffic and weather conditions. Thus, there are the emergence of defects of various types that negatively impact on the rolling conditions of the track. . This work uses the PCI Method to analyze the conditions of a stretch of Tupi Avenue with six years of use. To accomplish this task, it is necessary to describe the types of defects, their severities and extent, to define the pavement conditions and to make a traffic count in order to characterize the flow of vehicles. By analyzing the results obtained, it is noticed that the studied pavement is in a very good condition, however, we suggest maintenance activities, such as patches, sealing cracks and applying a micro coating in order to increase the pavement useful life and reduce higher costs in a few years. Finally, it was verified that the evaluation method was useful, since it corresponded to the reality and the expected results, so future interventions may be adopted in the way.

**Keywords:** Pavement. Traffic. Evaluation with PCI Method. Conservation.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – A estrutura do pavimento-tipo .....	17
Figura 2 – Classificação dos pavimentos flexíveis .....	21
Figura 3 – Curvas de desempenho de alternativas de projeto .....	31
Figura 4 – Atividades de um Sistema de Gerência de Pavimentos .....	32
Figura 5 – Desempenho do pavimento ao longo do tempo .....	35
Figura 6 – Variação da serventia do pavimento no tempo (desempenho/custo do pavimento).....	41
Figura 7 – Aspectos do custo do pavimento.....	41
Figura 8 – Localização do trecho em estudo.....	47
Figura 9 – Etapas do trabalho .....	48
Figura 10 – Desgaste severidade baixa na seção 1 .....	54
Figura 11 – Remendo severidade média na seção 1 .....	54
Figura 12 – Desgaste baixa severidade na seção 2.....	55
Figura 13 – Desgaste de severidade média na seção 3 .....	56
Figura 14 – Afundamento localizado de severidade média na seção 3 .....	56
Figura 15 – Desgaste de severidade média no trecho 3 .....	57
Figura 16 – Fissuras longitudinais de média severidade na seção 4 .....	58
Figura 17 – Fissuras longitudinais de alta severidade na seção 4 .....	58
Figura 18 – Desgaste baixa severidade na seção 5.....	59
Figura 19 – Desgaste de baixa severidade na seção 6.....	60
Figura 20 – Fissura longitudinal média severidade na seção 6.....	60
Figura 21 – Fissura longitudinal baixa severidade na seção 7 .....	61
Figura 22 – Fissura longitudinal baixa severidade na seção 8 .....	62
Figura 23 – Remendo média severidade na seção 9 .....	62
Figura 24 – Desgaste de baixa severidade na seção 9.....	63
Figura 25 – Fissura longitudinal de baixa severidade na seção 10 .....	64
Figura 26 – Exsudação de baixa severidade na seção 11 .....	65
Figura 27 – Fissura longitudinal de alta severidade na seção 12.....	65
Figura 28 – Trincas longitudinais de alta severidade na seção 13 .....	66
Figura 29 – Trincas longitudinais de baixa e alta severidades na seção 14.....	67
Figura 30 – Escorregamento de massa de alta severidade na seção 14 .....	67
Figura 31 – Valor do PCI para cada seção estudada .....	68
Figura 32 – Extensão de desgaste ao longo das seções .....	69
Figura 33 – Extensão de fissuras longitudinais ao longo das seções .....	69
Figura 34 – Extensão de painelas ao longo das seções .....	70
Figura 35 – Extensão de remendos ao longo das seções.....	70
Figura 36 – Extensão de escorregamento de massa ao longo das seções .....	71
Figura 37 – Extensão de afundamento localizado ao longo das seções .....	71

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Grau de severidade afundamento de trilho de roda .....	26
Tabela 2 – Classificação do PCI .....	37
Tabela 3 – Fator climático regional .....	51

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Termos aplicáveis a camadas de revestimento asfáltico.....	20
Quadro 2 – Classificação da severidade das trincas em blocos. ....	25
Quadro 3 – Classificação da severidade das painéis.....	29
Quadro 4 – Defeitos de pavimento asfáltico e forma de medição para o Método do PCI .....	36
Quadro 5 – Classificação das vias e parâmetros de tráfego .....	38
Quadro 6 – Definição de estratégias de manutenção .....	40
Quadro 7 – Critérios para classificação dos fatores utilizados nas árvores de decisão .....	51
Quadro 8 – Definição das alternativas de manutenção por seção. ....	74

## LISTA DE ACRÔNIMOS

AASHTO	<i>American Association of State Highway and Transportation Officials</i>
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
CBUQ	Concreto Betuminoso Usinado à Quente
CNT	Confederação Nacional do Transporte
CBR	<i>California Bearing Ratio</i>
DNER	Departamento Nacional de Estradas de Rodagem
DNIT	Departamento Nacional de Infraestrutura e Transporte
NBR	Norma Brasileira Regulamentadora
PCI	<i>Paviment Conditions Index</i>
PSR	<i>Present Serviceability Rating</i>
SGP	Sistema de Gerência de Pavimentos
VDC	Valor de Dedução Corrigido
VTD	Valor Total de Dedução

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>13</b>
1.1 OBJETIVOS .....	14
1.1.1 Objetivo Geral.....	14
1.1.2 Objetivos Específicos.....	14
1.2 JUSTIFICATIVA .....	14
<b>2 REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	<b>16</b>
2.1 PAVIMENTO .....	16
2.2 OS TIPOS DE PAVIMENTO .....	16
2.2.1 Pavimento Flexível.....	17
2.2.1.1 As camadas do pavimento flexível .....	17
2.2.1.1.1 <i>Subleito</i> .....	17
2.2.1.1.2 <i>Reforço do subleito</i> .....	18
2.2.1.1.3 <i>Sub-base</i> .....	18
2.2.1.1.4 <i>Base</i> .....	19
2.2.1.1.5 <i>Revestimento</i> .....	19
2.2.1.1.6 <i>Imprimações entre camadas</i> .....	20
2.2.1.2 Tipos de pavimentos flexíveis .....	20
2.2.1.2.1 <i>Revestimentos Flexíveis Betuminosos</i> .....	21
2.2.1.2.2 <i>Revestimentos por Calçamentos</i> .....	22
2.2.2 Pavimento Rígido.....	22
2.2.3 Pavimento Semirrígido.....	23
2.2.4 Pavimento Invertido .....	23
2.3 DEFEITOS NO PAVIMENTO .....	23
2.3.1 Tipos de Defeitos no Pavimento .....	24
2.3.1.1 Couro de crocodilo .....	24
2.3.1.2 Exsudação.....	24
2.3.1.3 Fissuras em blocos.....	25
2.3.1.4 Elevações recalques .....	25
2.3.1.5 Corrugação.....	25
2.3.1.6 Afundamento localizado .....	26
2.3.1.7 Afundamento de trilho de roda .....	26
2.3.1.8 Fissuras de borda.....	26
2.3.1.9 Fissuras por reflexão de juntas.....	27
2.3.1.10 Desnível de pavimento/acostamento.....	27
2.3.1.11 Fissuras longitudinal e transversal .....	27
2.3.1.12 Remendos .....	28
2.3.1.13 Agregados polidos.....	28
2.3.1.14 Panelas .....	28

2.3.1.15 Escorregamento de massa.....	29
2.3.1.16 Fissuras devido ao escorregamento de massa .....	29
2.3.1.17 Inchamento.....	29
2.3.1.18 Desgaste .....	30
2.4 SISTEMA DE GERÊNCIA DE PAVIMENTOS.....	30
2.4.1 Avaliação Funcional do Pavimento .....	33
2.4.2 Serventia do Pavimento.....	33
2.4.3 Desempenho do Pavimento.....	34
2.4.4 Método do PCI.....	35
2.5 TRÁFEGO CARACTERÍSTICO .....	38
2.6 MANUTENÇÃO ASFÁLTICA .....	38
2.6.1 Custos .....	40
2.6.2 Técnicas de Manutenção e Recuperação Asfáltica .....	41
2.6.2.1 Aplicação de areia quente .....	42
2.6.2.2 Capa selante .....	42
2.6.2.3 Drenagem.....	42
2.6.2.4 Lama asfáltica .....	42
2.6.2.5 Micro revestimento .....	43
2.6.2.6 Preenchimento de buracos.....	43
2.6.2.7 Recapeamento .....	43
2.6.2.8 Reciclagem.....	44
2.6.2.9 Reconstrução .....	44
2.6.2.10 Regularização.....	44
2.6.2.11 Remendo.....	44
2.6.2.12 Tratamento superficial .....	45
<b>3 METODOLOGIA.....</b>	<b>46</b>
3.1 CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA.....	46
3.2 LOCAL DE ESTUDO.....	46
3.3 MÉTODOS DE TRABALHO .....	48
3.3.1 Etapas do Trabalho.....	48
3.3.2 Aplicação do Método do PCI.....	49
3.3.3 Caracterização do Tráfego.....	49
3.3.4 Árvore de Decisão .....	51
3.3.5 Manutenção a Ser Aplicada na Via.....	52
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÕES .....</b>	<b>53</b>
4.1 LEVANTAMENTO DOS DEFEITOS E APLICAÇÃO DO MÉTODO DO PCI ...	53
4.1.1 Seção 1 .....	53
4.1.2 Seção 2 .....	55
4.1.3 Seção 3 .....	55
4.1.4 Seção 4 .....	57
4.1.5 Seção 5 .....	59



4.1.6 Seção 6 .....	59
4.1.7 Seção 7 .....	61
4.1.8 Seção 8 .....	61
4.1.9 Seção 9 .....	62
4.1.10 Seção 10 .....	63
4.1.11 Seção 11 .....	64
4.1.12 Seção 12 .....	65
4.1.13 Seção 13 .....	66
4.1.14 Seção 14 .....	66
4.2 ANÁLISE DOS DEFEITOS E DAS CONDIÇÕES DO PAVIMENTO .....	68
4.3 CARACTERIZAÇÃO DO TRÁFEGO.....	72
4.4 INTERVENÇÕES NA VIA .....	73
<b>5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>76</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>78</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>81</b>
<b>APÊNDICES .....</b>	<b>94</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O homem criou as chamadas estradas na China a fim de melhorar o acesso às áreas cultiváveis e às fontes de rocha, madeira e água, além de expandir seu território de influência. Mas foram os romanos que aperfeiçoaram as estradas, instalando pavimentos e drenagem, com o intuito de torná-las mais duráveis, além de estabelecer rotas mais racionais para galgar montanhas e atingir os principais portos no Mediterrâneo. Contudo, a primeira estrada pavimentada brasileira foi construída apenas no final do século XVIII (BALBO, 2007).

Atualmente, a malha viária constitui-se como o fator substancial para a viabilidade de movimentação de veículos leves e pesados, tanto nas vias intermunicipais, quanto nas vias municipais. Deste modo, as mesmas devem ser dimensionadas a fim de atenderem aos requisitos mínimos de qualidade e segurança.

A Pesquisa CNT de Rodovias de 2015 reafirma que o sistema de transporte atual viabiliza a integração entre produtores e consumidores, originando diversos benefícios socioeconômicos e ambientais. Entretanto, estes podem ser reduzidos de acordo com a ineficiência da infraestrutura utilizada, trazendo uma elevação do custo operacional para o transportador e, também, uma maior probabilidade de ocorrência de acidentes de trânsito, já que o pavimento se deteriora com passar do tempo, pela falta de conformidade em requisitos específicos e/ou em condições estabelecidas nas normas competentes. Deste modo, fica evidenciada a importância de uma malha viária eficaz principalmente na área urbana, possibilitando deslocamentos internos de forma segura, rápida e eficiente.

Para o devido cumprimento da função do pavimento, torna-se necessária a execução de serviços de recuperação na malha viária de forma constante, requerendo a utilização de uma gama variada de recursos físicos e/ou humanos e um fluxo constante de recursos financeiros, tendo como prioridade as vias mais deterioradas. Essa avaliação é realizada através de levantamento de dados coletados pelos órgãos competentes (DNIT, 2005).

Deste modo, o presente trabalho visou realizar um estudo da degradação do pavimento asfáltico de um trecho da principal avenida da cidade Pato Branco no Paraná, o qual foi recuperado nos últimos anos, a fim de avaliar a serventia do

mesmo, delineando uma alternativa de intervenção na via para melhorar as condições de rolamento da via e aumentar a vida útil do pavimento.

## 1.1 OBJETIVOS

### 1.1.1 Objetivo Geral

O presente trabalho tem o objetivo de avaliar o pavimento asfáltico no trecho da Avenida Tupi compreendido entre a rotatória que a intercepta com a Rua Genuíno Piacentini (Posto Seis Rodas) até a intersecção da mesma com a Rua Papa João XXIII (Supermercado Destaque), através do método do PCI (*Paviment Conditions Index*), visando propor a intervenção de manutenção adequada ao pavimento.

### 1.1.2 Objetivos Específicos

Com a elaboração deste trabalho, ambiciona-se alcançar os seguintes objetivos específicos:

- Avaliar a condição operacional do pavimento asfáltico em estudo, identificando os defeitos na superfície do mesmo, através do método do PCI;
- Investigar os possíveis aspectos que influenciaram na degradação do mesmo;
- Determinar o tráfego atuante no trecho estudado;
- Elencar as possíveis atividades de manutenção pertinentes às deficiências encontradas;
- Propor atividades de manutenção na via.

## 1.2 JUSTIFICATIVA

Os pavimentos são partes essenciais de estudo na infraestrutura de qualquer país e têm efeito direto na sua capacidade de desenvolvimento econômico.

Deste modo, os projetos de pavimentos asfálticos são delineados para durarem um determinado intervalo de tempo. Entretanto, devido ao tráfego e fatores ambientais, o pavimento sofre deteriorações, que causam defeitos, comprometendo seu desempenho (BALBO, 2007).

São através de estudos destes defeitos (causa, nível de gravidade e extensão) que são coletadas informações necessárias para a programação de atividades de manutenção e reabilitação da estrutura, a fim de resgatar a adequada funcionalidade e otimizar os recursos investidos.

Em 2010, Pato Branco investiu na recuperação do pavimento asfáltico das principais vias do município. Todavia no decorrer dos últimos seis anos, este pavimento teve sua superfície deteriorada, influenciando na diminuição nas condições de trafegabilidade. Por isso realizar uma análise que identifique a atual condição e busque compreender suas possíveis causas caracterizam a importância deste trabalho.

Sendo assim, ressalta-se a originalidade do estudo quando se visa proporcionar uma avaliação técnica e quantitativa referente às condições do pavimento e o grau de deterioração em que o mesmo se encontra, através de um método específico (PCI), a fim de apresentar dados que auxiliem no dimensionamento econômico das intervenções a serem feitas ao longo vias urbanas mantendo o bom funcionamento, prolongando a vida útil das mesmas e estabelecendo uma progressão do aumento do fluxo de veículos. Com estes dados os gestores poderão realizar um planejamento otimizado dos recursos a serem investidos na manutenção e adequação desta via.

A viabilidade do trabalho é assegurada, uma vez que, para realização do mesmo, são necessários levantamentos de tráfego e observações e análises dos defeitos *in loco*, que fornecem dados para um diagnóstico da via.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 PAVIMENTO

De acordo com o Manual de Pavimentação do DNIT (2006), o pavimento é a superestrutura estabelecida por um sistema de camadas com espessuras finitas, assentes sobre um terreno natural ou terraplanado, o qual é denominado de subleito. Cada camada do pavimento é constituída de materiais com diferentes resistências e deformabilidades, que, atuando de forma conjunta, respeitam os limites de tensões e deformações impostas pelas cargas ali atuantes devido ao tráfego e às condições climáticas locais.

A NBR 7207 (ABNT - 1982) descreve que o pavimento é designado a resistir e distribuir ao subleito os esforços verticais causados pelo tráfego e suportar os esforços horizontais que nele atuam, tornando-o mais durável, além de melhorar as condições de rolamento da via, levando em consideração comodidade e segurança do usuário.

Deste modo, a função do pavimento é garantir a melhoria operacional de trafegabilidade na medida em que se é criada uma superfície mais regular, mais aderente e menos ruidosa, assegurando um bom desempenho de custos operacionais e de manutenção ao longo da vida útil da infraestrutura em questão (BALBO, 2007).

### 2.2 OS TIPOS DE PAVIMENTO

Segundo BALBO (2007), o pavimento pode ser classificado de acordo com a composição principal da camada de revestimento, tipologia e comportamento.

Com relação ao Revestimento Asfáltico, pode-se citar principalmente:

- Pavimento flexível;
- Pavimento rígido;
- Pavimento semirrígido;
- Pavimento invertido.

Os tipos de pavimentos mais utilizados no Brasil estão descritos nos itens a seguir, com enfoque ao pavimento flexível, objeto deste estudo.

## 2.2.1 Pavimento Flexível

### 2.2.1.1 As camadas do pavimento flexível

Segundo Silva (2008), o pavimento é composto por várias camadas com finalidades específicas, as quais dependem do tipo de pavimento a ser construído e podem ser: subleito, reforço do subleito (se necessário), sub-base, base e revestimento.

Sendo a estrutura do pavimento concebida a fim de transmitir os esforços de maneira a mitigar as pressões sobre as camadas inferiores, todas as camadas que a compõe devem se deformar de forma compatível com a sua natureza e capacidade portante, não ocorrendo, portanto, processos de ruptura ou danificação das camadas (BALBO, 2007).

A Figura 1 mostra uma estrutura-tipo de pavimento flexível, com as camadas descritas, as quais possuem uma ou mais funções específicas:

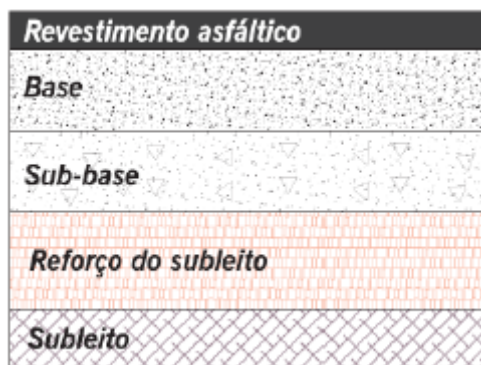


Figura 1 – A estrutura do pavimento-tipo  
Fonte: Bernucci *et al.* (2006).

#### 2.2.1.1.1 Subleito

O subleito é determinado superiormente pelo pavimento e deve ser analisado até a profundidade na qual operam as cargas advindas do tráfego de forma significativa (em termos gerais, tal profundidade está entre 0,60m e 1,50m), ou seja, é o terreno de fundação do pavimento (DNER, 1996).

Esta camada é constituída de material natural consolidado e compactado (nos cortes) ou de material transportado e compactado (nos aterros). Eventualmente, poderá ocorrer aterro sobre o corte em terrenos com características medíocres para o subleito, exigindo assim um reforço para o subleito (BALBO, 2007).

- Regularização do subleito

A regularização do subleito visa conformar o leito da estrada, transversal e longitudinalmente, obedecendo às especificações do projeto de terraplanagem, compreendendo cortes ou aterros de até 20 cm de espessura (SILVA, 2008).

A regularização não constitui uma camada de pavimento propriamente, mas é uma operação que pode ser substituída em corte do leito implantado ou em outra camada sobreposta a este, com camada de espessura variável (DNER, 1996).

#### 2.2.1.1.2 *Reforço do subleito*

O reforço do subleito é executado sobre o subleito corretamente compactado e regularizado e é utilizado quando é necessário reduzir espessuras elevadas da sub-base, já que o índice de suporte do subleito é de baixa capacidade. Os materiais utilizados nesta camada podem ser mistura de solos, materiais rochosos e outros tipos de solo, com características melhores que o material do subleito (SILVA, 2008).

Esta camada não é obrigatória, pois espessuras maiores das camadas superiores poderiam aliviar as pressões sobre o subleito com características indesejáveis. Contudo, por questões econômicas o reforço é utilizado e responde parcialmente pelas funções do subleito (BALBO, 2007).

#### 2.2.1.1.3 *Sub-base*

É a camada adjacente ao reforço do subleito, quando este é necessário, ou ao subleito, empregada para a correção deste. A constituição da sub-base é feita a partir da combinação de materiais como barro e areia, que possuem índice de grupo igual à zero, tendo como finalidade suportar as cargas transmitidas pela base e, ainda, oferecer uma drenagem, controlando a elevação de água. O CBR (*California*

*Bearing Ratio* – Índice de Suporte Califórnia) da sub-base deve ser maior ou igual a 20 (BAPTISTA, 1978).

A sub-base também tem a finalidade de reduzir a espessura da base (composta por materiais mais nobres) e transferir as cargas ao subleito de maneira minimizada. Os materiais a serem empregados na camada são o cascalho, solo-cal e solo-cimento (SILVA, 2008).

#### 2.2.1.1.4 *Base*

A base está localizada sobre a sub-base e é constituída de materiais que apresentam uma regularidade granulométrica ou de aditivos como bases de macadame hidráulico. A principal função da base é dividir esforços verticais oriundos dos veículos, distribuindo-os uniformemente à sub-base, reforço e subleito. O valor do CBR deve ser superior a 60, em casos de insuficiência de materiais admite-se o valor do CBR até 40 (BAPTISTA, 1978).

A tensão máxima de cisalhamento ocorre na base, logo é necessário que a mesma seja constituída de material de excelente qualidade e ser muito bem executada. Geralmente os materiais a serem utilizados na base são: brita graduada simples, concreto compactado a rolo, brita graduada tratada com cimento, solo-cimento, solo-brita e macadames hidráulico e seco (SILVA, 2008).

Nos pavimentos de concreto, a base é empregada subjacente à placa de concreto, estando sempre abaixo do revestimento e, quando necessária, a sub-base será a camada imediatamente abaixo da base (BALBO, 2007).

#### 2.2.1.1.5 *Revestimento*

O revestimento é a camada mais superficial do pavimento e sua função é proteger as camadas inferiores da degradação oriunda do tráfego ao longo do tempo, buscando transformar o pavimento em um conjunto impermeável, necessitando também de drenagem adequada. Deste modo, aumenta a resistência à derrapagem, melhorando também o conforto de rolamento (SILVA, 2008).

O revestimento tem o papel também de beneficiar as condições do tráfego bem como a sua segurança. A camada de revestimento suporta os esforços



horizontais propiciando, assim, uma superfície mais duradoura, além de resistir ao intemperismo (BAPTISTA, 1978).

Segundo Balbo (2007), os revestimentos asfálticos são por vezes subdivididos em duas ou mais camadas por razões técnicas, construtivas e de custo, as quais estão descritas no Quadro 1 abaixo:

<b>Designação do revestimento</b>	<b>Definição</b>	<b>Associações</b>
Camada de rolamento	É a camada superficial do pavimento, diretamente em contato com as cargas e com as ações ambientais.	Camada de desgaste, capa de rolamento, revestimento.
Camada de ligação	É a camada intermediária, também em mistura asfáltica, entre a camada de rolamento e a base do pavimento.	Camada de <i>blinder</i> ou simplesmente <i>blinder</i> .
Camada de nivelamento	Em geral, é a primeira camada da mistura asfáltica empregada na execução de reforços (recapeamento), cuja função é corrigir os desníveis em pista, afundamentos localizados, enfim, nivelar o perfil do greide para posterior execução da nova camada do rolamento.	Camada de reperfilagem ou simplesmente reperfilagem.
Camada de reforço	Nova camada de rolamento, após anos de uso do pavimento existente, executada por razões funcionais, estruturais ou ambas.	“Recape” e recapeamento são termos populares (usa-se também a expressão “pano asfáltico”, que muitas vezes parece comprometer menos).

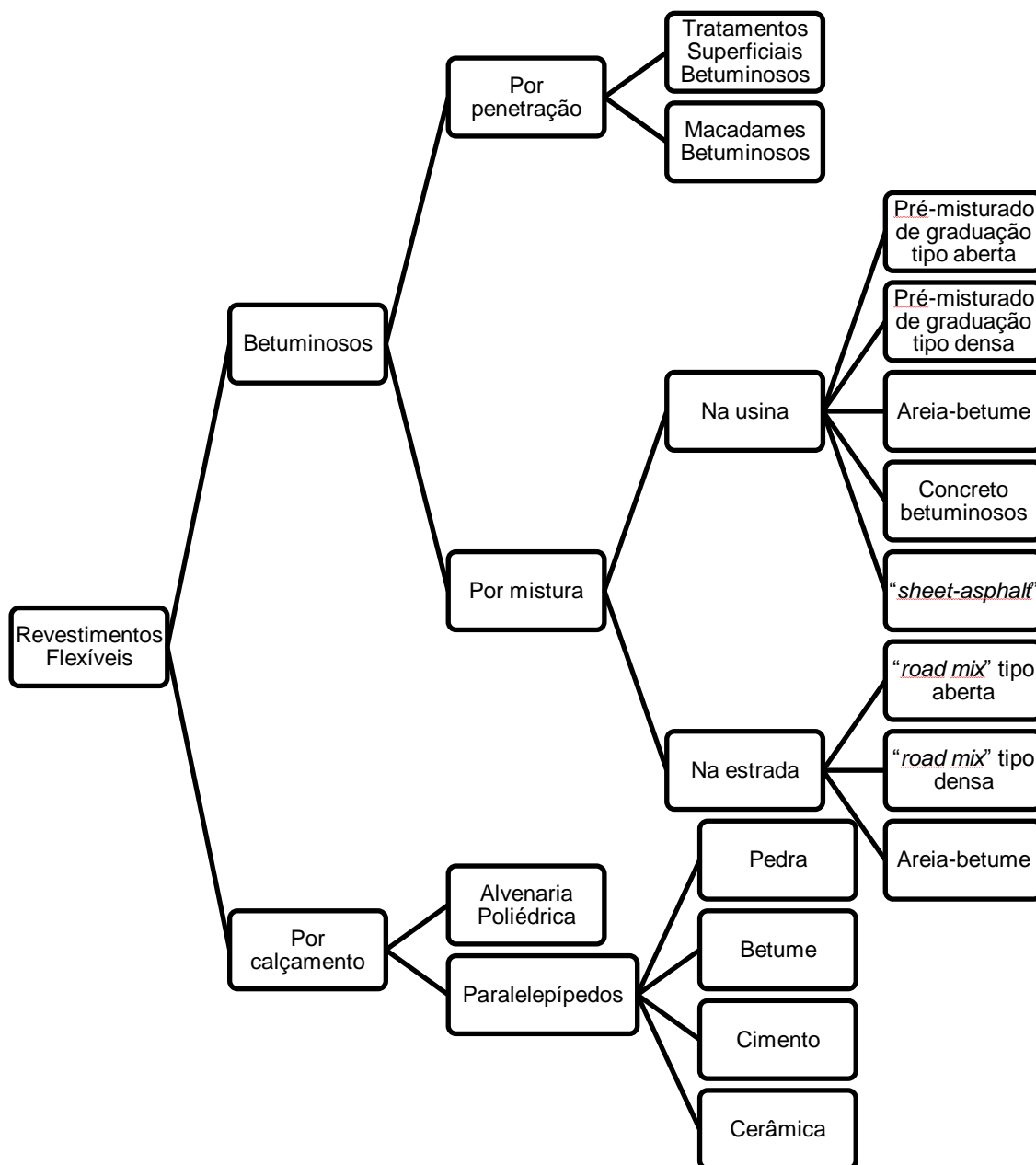
**Quadro 1 – Termos aplicáveis a camadas de revestimento asfáltico**  
**Fonte: Balbo (2007).**

#### 2.2.1.1.6 *Imprimações entre camadas*

Entre a maioria das camadas supracitadas, é necessária a execução de um filme asfáltico, também denominado ‘pintura de ligação’ ou “imprimação impermeabilizante”, que tem a função de aumentar a aderência entre as camadas e/ou impermeabilizar a camada granular antes do lançamento da próxima camada. Entre as camadas de revestimentos sempre é aplicada a pintura de ligação com emulsão asfáltica e, quando é necessária a imprimação impermeabilizante, a mesma é realizada com asfaltos diluídos (BALBO, 2007).

#### 2.2.1.2 Tipos de pavimentos flexíveis

O Manual de Conservação Rodoviária do DNER (1996) divide os revestimentos flexíveis em betuminosos e por calçamento, como segue a Figura 2:



**Figura 2 – Classificação dos pavimentos flexíveis**  
 Fonte: Adaptado de DNER (1996).

#### 2.2.1.2.1 *Revestimentos Flexíveis Betuminosos*

Esse revestimento é feito a partir da mistura de materiais betuminosos e agregados a qual pode ser feita ainda de duas formas: por mistura e por penetração (direta ou invertida):

**a) Revestimentos por Mistura:** o agregado é pré-envolvido com uma mistura betuminosa e é utilizado como base ou revestimento de pavimentos. Esse processo pode ser feito usinas fixas (pré-misturados propriamente ditos) ou na pista (pré-misturados na pista - *road mixes*) (DNER, 1996).

Os pré-misturados podem ser a quente ou a frio, sendo o primeiro aplicado na pista ainda quente e o segundo permite que o espalhamento dos agregados e ligantes a temperatura ambiente (DNER, 1996).

Em ambos os métodos, a graduação dos agregados deve ser aberta, requerendo uma capa selante, ou de graduação densa, que não necessita de capa selante. Os agregados podem ser de caráter natural ou artificial e em ambos os casos devem passar principalmente pela peneira nº 10, sendo que para “*Road mixes*” tem-se areia e para os “pré-misturados” areia-betume (DNER, 1996).

**b) Revestimento Betuminoso por Penetração Invertida**

Nesse método os revestimentos são aplicados através de uma ou mais aplicações do material betuminoso antes da camada de agregados (DNER, 1996).

**c) Revestimento Betuminoso por Penetração Direta**

Após os agregados serem espalhados e compactados, é feita a aplicação do material betuminoso (DNER, 1996).

#### 2.2.1.2.2 *Revestimentos por Calçamentos*

O aumento da utilização de pavimentos asfálticos e de concreto acarretou a drástica diminuição do uso de calçamentos, restringindo o seu uso principalmente a pátios de estacionamento e vias urbanas locais. Os calçamentos de alvenaria poliédrica utilizam pedras irregulares assentadas em uma base também irregular e comprimidas, enquanto os de paralelepípedos consistem no assentamento de blocos irregulares para constituir a faixa de rolamento, são assentadas sob uma base regularizada (DNER, 1996).

#### 2.2.2 Pavimento Rígido

A estrutura do pavimento rígido é constituída, predominantemente, por camadas que trabalham sensivelmente à tração, as quais são:

- Placa de concreto de cimento: desempenha o papel de revestimento e de base;
- Sub-base: objetiva melhorar a capacidade de suporte do subleito e evitar patologias na placa de concreto (DNER, 1996).

### 2.2.3 Pavimento Semirrígido

Segundo o DNIT (2006), o pavimento semirrígido é composto por camadas de base e sub-base em material estabilizado com adição de cimento e revestimento asfáltico. Este tipo de pavimento pode ser do tipo direto (a camada de revestimento asfáltico é executada diretamente sobre a camada de base cimentada) ou indireto ou invertido (quando há a execução da camada de base granal e sub-base cimentada sob a camada de revestimento).

### 2.2.4 Pavimento Invertido

A seção do pavimento invertido é constituída de base granular, sub-base cimentada e revestimento de concreto asfáltico (DNIT, 2006).

## 2.3 DEFEITOS NO PAVIMENTO

Os materiais de construção apresentam um processo de degradação inevitável ao longo de suas vidas úteis, implicando em alterações em suas propriedades mecânicas. Nos pavimentos, esta deterioração é intensificada pelas cargas dos veículos, produtos químicos e ações ambientais, que são caracterizadas como ações cíclicas e repetitivas (BALBO, 2007).

AASHTO (1986 *apud* BALBO, 1997, p.16) cita que quando se trata de parâmetros de serventia, esta se divide em patologias físicas que são relacionadas ao desempenho estrutural do pavimento e, patologias funcionais, ligadas a qualidade de rolamento do pavimento.

As patologias funcionais combinadas às irregularidades da superfície compõe a maior diminuição da serventia, decrescendo o tempo de vida útil de serviço (BALBO, 1997).

### 2.3.1 Tipos de Defeitos no Pavimento

#### 2.3.1.1 Couro de crocodilo

Conjunto de trincas que se apresentam em forma de polígonos com vértices de ângulos agudos. São causadas por fadiga, devida à repetição dos esforços causados pelo tráfego, deste modo são mais decorrentes nas trilhas de roda. (SILVA, 2008).

Gonçalves (2008) classifica a severidade do couro de crocodilo como:

- Severidade Baixa: fissuras capilares isoladas, com pouca interconexão entre si, sendo encontradas nas trilhas e sem apresentar erosão de borda;
- Severidade Média: trincas com aberturas inferiores a 2 mm, interligadas e com pouca erosão nos bordos;
- Severidade Alta: apresenta-se na forma de polígonos nítidos e com erosão nos bordos.

#### 2.3.1.2 Exsudação

A exsudação é um defeito de superfície causada pela dilatação do asfalto devido ao calor excessivo, por excesso de ligante ou pelo baixo índice de vazios. Esse defeito pode ser verificado pelo brilho na pista, devido ao acúmulo de ligante betuminoso. Além disso, o calor também pode causar a diminuição da viscosidade do asfalto (SILVA, 2008).

### 2.3.1.3 Fissuras em blocos

As fissuras em blocos se caracterizam pelo seu formato retangular, podendo ocorrer em qualquer lugar da pista. A principal causa desse tipo de defeito é a retração do revestimento asfáltico e da base em virtude da variação de temperatura e umidade durante o dia (SILVA, 2008).

Gonçalves (2008) relaciona a severidade das fissuras em bloco em função da abertura da trinca e a erosão de bordo, segundo o Quadro 2 a seguir:

Severidade	Abertura da trinca	Erosão de Bordo
1	Inferior a 1 mm	Não
2	Entre 1 mm e 3 mm	Não
3	Superior a 3 mm	Sim

**Quadro 2 – Classificação da severidade das trincas em blocos.**  
**Fonte: Adaptado de Gonçalves (2008).**

### 2.3.1.4 Elevações recalques

São deformações transversais ao eixo da pista, comumente derivadas da consolidação diferencial do subleito, são diferenciadas das corrugações pelo comprimento da onda entre duas cristas da ordem de metros (BERNUCCI *et al.*, 2006).

### 2.3.1.5 Corrugação

Esse defeito é apresentado quando há uma má execução da base e/ou dosagem dos materiais e mistura incorreta (dimensionamento falho). Caracteriza-se por ondulações na transversal ao eixo da via, devido às tensões de cisalhamento, concentrando-se nas elevações e nas curvas.

Gonçalves (2008) qualifica a severidade das corrugações como:

- Severidade Baixa: afeta pouco o rolamento e as velocidades operacionais da via;
- Severidade Média: o conforto ao rolamento e velocidade são afetados, a segurança não;

- Severidade Alta: o conforto ao rolamento, velocidade e segurança da via são bastante afetados.

#### 2.3.1.6 Afundamento localizado

É a deformação plástica das camadas do subleito e/ou do pavimento que ocorre quando existe um grande fluxo concentrado de veículos comerciais. Apresenta-se como uma depressão longitudinal da superfície de até 6 metros de extensão (SILVA, 2008).

#### 2.3.1.7 Afundamento de trilho de roda

Apresenta as mesmas características do afundamento localizado, contudo possui extensão superior a 6 metros (SILVA, 2008).

Avalia-se o grau de severidade do afundamento de trilho de roda de acordo com a Tabela 1:

**Tabela 1 – Grau de severidade afundamento de trilho de roda**

SEVERIDADE	AFUNDAMENTO (mm)
Baixa	6 < afunda. < 13
Média	13 < afunda. < 25
Alta	25 < afunda.

**Fonte: Adaptado Notas de Aula, Trombetta (2010)**

#### 2.3.1.8 Fissuras de borda

As fissuras de borda encontram-se no máximo a 60 cm da borda do pavimento e geralmente ocorrem quando não há pavimentação no acostamento e existe uma intensa umidade entre as camadas (SILVA, 2008).

Gonçalves (2008) avalia a severidade das fissuras de borda como:

- Severidade Baixa: trinca não selada com abertura inferior a 3 mm ou trinca selada de qualquer abertura em boas condições;
- Severidade Média: trinca não selada com abertura entre 3 e 6 mm ou trinca selada de qualquer abertura de fissuramento;
- Severidade Alta: trinca de abertura superior a 6 mm ou trinca selada com qualquer abertura e ruptura severa.

### 2.3.1.9 Fissuras por reflexão de juntas

As fissuras nas camadas inferiores já existentes sofrem com as solicitações de cargas e tendem a se expandir ainda mais, causando descontinuidade na distribuição das cargas nas fibras adjacentes. Deste modo, as fibras já não suportam mais as solicitações do tráfego, dando início a um processo de fissuração nos pontos de juntas até que as mesmas atinjam a superfície do pavimento (GONÇALVES, 2008).

As fissuras por reflexão de juntas são avaliadas pelo grau de severidade (GONÇALVES, 2008):

- Severidade Baixa: fissuras com aberturas inferiores a 1 mm;
- Severidade Média: fissuras com aberturas superiores a 1 mm e inferiores a 3 mm;
- Severidade Alta: quando as fissuras não se encaixam em nenhum dos requisitos anteriores.

### 2.3.1.10 Desnível de pavimento/acostamento

O acostamento não pavimentado sofre erosões ao longo do tempo, fazendo com que a diferença de nível entre a faixa de tráfego e o acostamento aumente. O desnível deve ser medido em milímetros e em intervalos de quinze metros ao longo da pista-acostamento (GONÇALVES, 2008).

### 2.3.1.11 Fissuras longitudinal e transversal

As fissuras longitudinais apresentam-se de forma isolada e paralelas ao eixo da via e apresentam-se quando a junta não foi bem executada na construção, quando há a reflexão de fissuras à superfície ou ainda quando existe retração do revestimento asfáltico. Se as fissuras se dão de modo aleatório, as mesmas caracterizam um estágio inicial de fadiga (SILVA, 2008).



Já as fissuras transversais mesmo se desenvolvendo pelas mesmas ações das fissuras longitudinais, apresentam-se de forma perpendicular ao eixo da via (SILVA, 2008).

Os dois tipos de fissuras são classificadas do mesmo modo que as fissuras de borda.

#### 2.3.1.12 Remendos

Os remendos são considerados defeitos, pois distinguem do comportamento do pavimento original, mesmo que os mesmos sejam executados a fim de corrigir alguma anomalia (GONÇALVES, 2008).

O grau de severidade dos mesmos se dá como (TROMBETTA, 2010):

- Severidade Baixa: o remendo está em boas condições e apresenta nenhuma ou pouca irregularidade;
- Severidade Média: o remendo está um pouco deteriorado e apresenta uma irregularidade significativa;
- Severidade Alta: o remendo está severamente deteriorado, apresenta muita irregularidade, tendo que ser substituído.

#### 2.3.1.13 Agregados polidos

Com o passar do tempo, os agregados ficam expostos à superfície do pavimento, o que facilita a desagregação do mesmo e a perda de textura, decorrentes da abrasão do tráfego, causando a diminuição da resistência à derrapagem. A resistência dos agregados é afetada de maneira proporcional à exposição à abrasão e ao polimento dos mesmos (GONÇALVES, 2008).

#### 2.3.1.14 Painelas

Para Silva (2008), painela é um buraco ou uma cavidade que se origina no revestimento asfáltico e pode chegar à base formada com a progressão de trincas, afundamentos ou desgaste. Um agente acelerador deste defeito é a água, já que esta pode desagregar ou amolecer as camadas do pavimento de forma mais rápida.

Os níveis de severidade das panelas estão apresentados no Quadro 3 a seguir em função do diâmetro e da profundidade:

<b>Profundidade média</b>	<b>Ø &lt; 20 cm</b>	<b>20 cm &lt; Ø &lt; 45 cm</b>	<b>Ø &gt; 45 cm</b>
Prof. < 2,5 cm	Baixa	Baixa	Média
2,5 cm < Prof. < 5,0 cm	Baixa	Média	Alta
Prof. > 5,0 cm	Média	Média	Alta

**Quadro 3 – Classificação da severidade das panelas.**

**Fonte: Trombetta (2010)**

#### 2.3.1.15 Escorregamento de massa

O pavimento asfáltico que possui escorregamento de massa possui baixa estabilidade na mistura asfáltica devido ao tráfego e ao intemperismo (SILVA, 2008).

Para sua avaliação é medido o grau de severidade (GONÇALVES, 2008):

- Severidade Baixa: afeta pouco o rolamento e as velocidades operacionais da via;
- Severidade Média: o conforto ao rolamento e velocidade são afetados, a segurança não;
- Severidade Alta: o conforto ao rolamento, velocidade e segurança da via são bastante afetados.

#### 2.3.1.16 Fissuras devido ao escorregamento de massa

As fissuras devido ao escorregamento de massa são consequência das tensões tangenciais à sua direção, ocasionadas quando os veículos aceleram, freiam ou mudam de direção (GONÇALVES, 2008).

Sua severidade é avaliada do mesmo modo que as fissuras de bordo.

#### 2.3.1.17 Inchamento

Shahin (1979) define que este defeito advém da dilatação entre as camadas do pavimento flexível, a qual se deve a uma abertura gradual das juntas que apresentam problemas relacionados à falta de compressibilidade dos materiais constituintes das mesmas.

### 2.3.1.18 Desgaste

O desgaste do pavimento ocorre quando há perda de aderência dos ligantes betuminosos, envelhecimento do revestimento, oxidação, intemperismo e deslocamento dos agregados, aumentando a textura superficial, levando ao desprendimento dos agregados. As principais causas deste defeito são a deficiência de ligantes e a passagem constante de veículos (GONÇALVES, 2008).

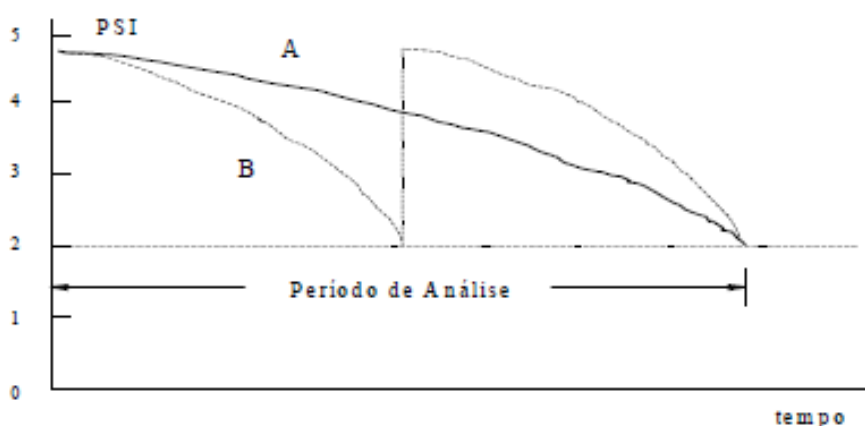
O grau de severidade é classificado segundo Gonçalves (2008) como:

- Severidade Baixa: apresenta perda de agregados miúdos;
- Severidade Média: apresenta uma textura superficial áspera, perda de agregados miúdos e graúdos;
- Severidade Alta: apresenta uma textura superficial muito áspera, perda de agregados graúdos.

## 2.4 SISTEMA DE GERÊNCIA DE PAVIMENTOS

O Sistema Gerência de Pavimentos (SGP) pode ser definido como o conjunto de atividades que abrangem o planejamento, projeto, implantação de novos pavimentos, manutenção e conservação da rede viária existente. O principal objetivo do SGP é obter soluções corretas e eficientes aos problemas relacionados ao pavimento, sendo eficaz para tomada de decisão na análise de custos e benefícios das alternativas viáveis, avaliando os serviços a serem realizados no momento e no futuro (CINCERRE *et. al*, 2007).

Muitas vezes, o departamento de infraestrutura de um órgão público precisa analisar qual é a melhor alternativa entre projetar um novo pavimento ou uma restauração de um pavimento já existente, levando-se em consideração o que é mais eficaz em termos econômicos: investir mais inicialmente, atendendo o nível mínimo de serventia desejado sem a necessidade de novas (caso A da Figura 3) ou economizar em um primeiro momento e admitir um reforço ou restauração futura (caso B da mesma figura) (RODRIGUES, 2007).



**Figura 3 – Curvas de desempenho de alternativas de projeto**  
**Fonte: Rodrigues (2007).**

Deste modo, para se analisar a eficácia econômica de um investimento neste tipo de infraestrutura, é necessário analisar alguns aspectos como:

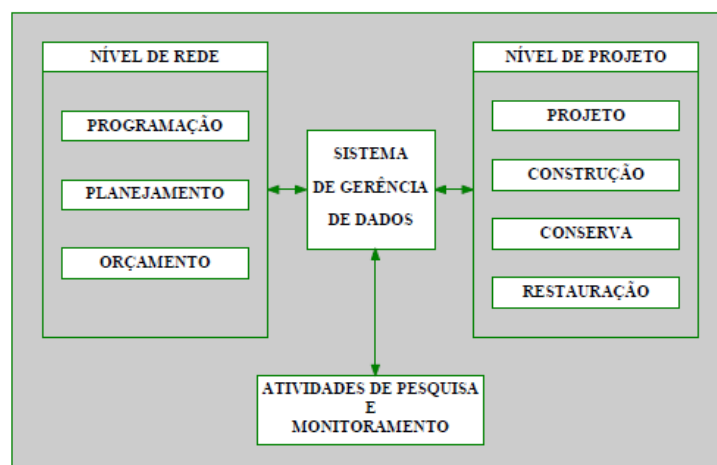
- Custos de construção, restauração e conservação do pavimento;
- Custos associados a intervenções no tráfego, subsequentes dos gastos com conservação e restauração;
- Nível de serventia oferecido pelo pavimento;
- Conveniência de se utilizar pavimentação considerando incertezas quanto ao crescimento do tráfego futuro (RODRIGES, 2007).

O Sistema de Gerência de Pavimentos objetiva a melhoria dos serviços urgentes de tapa-buracos, a admissão de uma metodologia de avaliação de pavimentos, a adoção de novas soluções de recuperação advindos de novos procedimentos processos construtivos e materiais e o equacionamento de recursos financeiros, a fim de priorizar os serviços necessários, avaliados através do índice de serventia proposto (CINCERRE *et. al*, 2009).

A função do SGP é aumentar a eficiência das tomadas de decisão, expandir seu escopo, fornecer *feedback* quanto às consequências das decisões, facilitar a coordenação das atividades dentro da organização e assegurar a consistência das decisões tomadas em diferentes níveis de gerência dentro da mesma organização. (GONÇALVES, 1997, p. 04).

Um dos subsídios imprescindíveis para um Sistema de Gerência de Pavimentos é a avaliação funcional do pavimento, a qual reproduz diretamente as condições funcionais do mesmo (CINCERRE *et. al*, 2009).

A Figura 4 destaca que a estrutura do SGP depende da organização local de implantação, mas a mesma tem uma estrutura geral que pode ser definida e aplicada, a qual opera em dois níveis fundamentais: nível de rede e nível de projeto.



**Figura 4 – Atividades de um Sistema de Gerência de Pavimentos**  
**Fonte: Gonçalves (1999).**

No Sistema de Gerência de Pavimentos o planejamento estabelece as prioridades e o desenvolve uma programação de atividades balizada no orçamento previsto. A programação, por sua vez, desenvolve os cronogramas reais para as novas intervenções no pavimento, dentro das restrições orçamentárias e das recomendações normativas. Já o projeto converte os dados obtidos para um conjunto de planos e especificações que, posteriormente será transformado em um pavimento novo e/ou restaurado na etapa de construção. Ainda assim, a conservação e restauração adequadas e oportunas são essenciais para a proteção do investimento feito e para a preservação da qualidade adequada aos usuários (GONÇALVES, 1999).

Segundo Gonçalves (1999), as informações de segurança e acidentes, quando relacionadas à condição e ao desempenho dos pavimentos, devem ser levadas em consideração no processo para se determinar quando e qual tipo de intervenção deve ser feita. Deste modo, a pesquisa deveria ser contínua no SGP, a fim de aperfeiçoar o sistema e buscar materiais e métodos melhores e mais eficazes, além de padronizar as tomadas de decisão.

### 2.4.1 Avaliação Funcional do Pavimento

A avaliação funcional do pavimento é apresentada comumente em forma de um índice de serventia do pavimento, atribuindo conceitos quanto à intensidade e ao grau de severidade dos defeitos superficiais dos defeitos encontrados no pavimento (CINCERRE *et. al*, 2009).

A avaliação funcional é a determinação do desempenho funcional momentâneo que o pavimento proporciona ao usuário quanto à qualidade de rolamento, referindo-se à capacidade do pavimento de fornecer superfície com serventia adequada, e à segurança (DNIT, 2006).

A avaliação de um pavimento compreende um conjunto de atividades destinadas à obtenção de dados, informações e parâmetros que permitam diagnosticar os problemas e interpretar o desempenho apresentado pelo pavimento, de modo a se poder detectar as suas necessidades atuais e futuras de manutenção e de se preverem as consequências da implementação de estratégias alternativas de manutenção. (GONÇALVES, 1999, p. 12).

De acordo com o DNIT (2006), a avaliação funcional considera o levantamento visual contínuo do trecho em questão, objetivando a avaliação da superfície do pavimento existente, fazendo o levantamento de irregularidades na superfície longitudinal do pavimento e o simultâneo cadastro dos reparos superficiais e profundos, contendo:

- Características gerais do local estudado;
- Registro fotográfico;
- Descrição detalhada dos procedimentos utilizados;
- Análise de resultados obtidos;
- Cadastro contínuo de reparos superficiais e profundos existentes.

### 2.4.2 Serventia do Pavimento

De acordo com o DNIT (2006), a serventia do pavimento é a propensão que o mesmo tem de proporcionar um nível determinado de desempenho funcional, ou seja, é a condição funcional do pavimento diante do ciclo de vida do projeto.

Para avaliar a serventia de um pavimento, pode-se utilizar o método da AASHTO - *American Association of State Highway and Transportation Officials*, que qualifica o nível de serventia do pavimento de 0 a 5, com 5 transparecendo um pavimento 'perfeito' e 0 assinalando um pavimento 'impassável'. Contudo, este grau de perfeição do pavimento é avaliado subjetivamente, sendo denominado de *Present Serviceability Rating* (PSR). E, quando este índice é obtido por meio de correlações com defeitos de superfície ou com a irregularidade, é designado *Present Serviceability Index* (PSI) (GONÇALVES, 1999).

#### 2.4.3 Desempenho do Pavimento

Entende-se como desempenho a variação da serventia ao longo do tempo, podendo ser quantificada através da área sob a curva de variação do PSI ao longo do tempo. Também se deve considerar o desempenho estrutural do pavimento em projeto, ou seja, o tempo em que o pavimento resiste aos defeitos existentes e ao acúmulo de deformações plásticas, quando submetido ao tráfego esperado (GONÇALVES, 1999).

O desempenho de um pavimento pode ser analisado pela Figura 5 a seguir, que demonstra que a taxa de diminuição do desempenho aumenta ao longo da vida útil do mesmo:

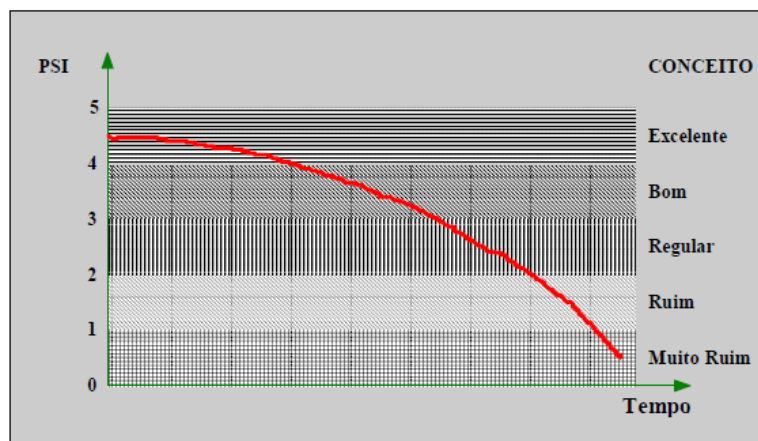


Figura 5 – Desempenho do pavimento ao longo do tempo  
Fonte: Gonçalves (1999).

#### 2.4.4 Método do PCI

Conforme Shain e Khon (*apud* APS *et al.*, 1998), o método do PCI qualifica a condição do pavimento através de um índice numérico que fornece um padrão para:

- Caracterizar a integridade estrutural e a capacidade operacional da superfície pavimentada;
- Estabelecer as necessidades de manutenção;
- Apontar as carências por reparo e suas prioridades, através da comparação entre trechos de pavimento;
- Analisar o desempenho do pavimento por meio de determinação própria do PCI.

Segundo Gonçalves (1999), a avaliação da superfície pavimentada compreende registrar a extensão, frequência e severidade dos defeitos existentes na superfície. Deste modo, os defeitos devem ser descritos sobre os seguintes parâmetros:

- Tipo de defeito: trincas, remendos, panelas, escorregamento de massa, desgaste, exsudação, entre outros;
- Severidade: baixa, média ou alta, retrata o grau de influência do efeito no pavimento;
- Frequência: distribuição da ocorrência do defeito ao longo do trecho em estudo;



- Extensão: área ocupada pelo defeito.

Para tal fim, é necessário quantificar os defeitos, classificando-os e medindo-os de acordo com o Quadro 4 abaixo:

Defeito	Forma de Medição	Defeito	Forma de Medição
Couro de Crocodilo	Área	Remendos	Área
Exsudação	Área	Agregado polido	Área
Fissura em blocos	Área	Panelas	Unidade
Elevações/recalques	Metro linear	Cruzamento ferroviário	Área
Corrugação	Área	Afundamento de trilha de roda	Área
Afundamento localizado	Área	Escorregamento de massa	Área
Fissura de borda	Metro linear	Fissuras devido ao escorregamento de massa	Área
Fissuras por reflexão de juntas	Metro linear	Inchamento	Área
Desnível pavimento / acostamento	Metro linear	Desgaste	Área
Fissura longitudinal e transversal	Metro linear		

**Quadro 4 – Defeitos de pavimento asfáltico e forma de medição para o Método do PCI**  
**Fonte: APS *et al.* (1998).**

Para se determinar o valor do PCI, seleciona-se uma seção com área aproximada de 225m<sup>2</sup> por vez, identificando os tipos, porcentagem de área afetada e severidade de cada defeito e anotando-os em uma planilha que se pode obter um modelo no Anexo A. Após o levantamento de dados, os mesmos são transportados para planilha de cálculo (Anexo B) para a obtenção do valor do PCI do trecho.

Em posse dos dados, é possível obter os valores de dedução ( $a$ ) de acordo com o tipo de defeito, severidade e extensão do defeito, representando a influência que o mesmo expressa sobre a condição do pavimento. Logo, sua variação é de 0 a 100, sendo que 0 indica que o defeito não impacta sobre a condição do pavimento e 100, que o defeito é muito prejudicial à condição do pavimento. Os valores de dedução são obtidos pelos ábacos extraídos de Shahin (2005) contidos no Anexo C, a partir do tipo, extensão e severidade do defeito. Somando-se os valores de dedução é possível obter o VTD (Valor Total de Dedução) para o pavimento em questão como a Equação 1:

$$VTD = \sum_{i=1}^p \sum_{j=1}^{mi} a(T_i, S_j, D_{ij}) \quad (1)$$

Onde:

$p$  = número total de tipos de defeitos, para o pavimento analisado;

$m_i$  = número de níveis de severidade para o  $i$ -ésimo tipo de defeito;

$i$  = contador do tipo de defeitos;

$j$  = contador dos níveis de severidade;

$a ( )$  = valor de dedução;

$T_i$  = Tipos de defeitos;

$S_j$  = níveis de severidade;

$D_{ij}$  = densidade.

De posse do VTD, é necessário corrigi-lo em função da quantidade de defeitos encontrados no trecho considerado de acordo com o último ábaco do Anexo C. Deste modo, é obtido o Valor da Dedução Corrigido (VDC) e, portanto, o valor do PCI resultante Equação 2:

$$PCI = 100 - VDC \quad (2)$$

Em função do valor obtido para o PCI no trecho considerado, o pavimento é classificado de acordo com a Tabela 2, variando o seu valor de 0 (péssimo) a 100 (excelente):

**Tabela 2 – Classificação do PCI**

CLASSIFICAÇÃO	PCI
Excelente	86 – 100
Muito bom	71 – 85
Bom	56 – 70
Médio	41 – 55
Ruim	26 – 40
Muito ruim	11 – 25
Péssimo	0 – 10

**Fonte: Shahin (2005)**

## 2.5 TRÁFEGO CARACTERÍSTICO

De acordo com a NBR 6973 (1983), as vias urbanas são classificadas em termos de suas funções do sistema: expresso, arterial, coletor e local. Além disso, pode ser quantificado de acordo com os tipos de veículo, convertendo o tráfego atuante em um número equivalente (N) de operações de um eixo padrão de 80 kN (APS, *et al.*, 2001).

Em convergência ao supracitado, a Secretaria Municipal de Infraestrutura Urbana e Obras de São Paulo (2004) classifica as vias e parâmetros de tráfego no Quadro 5 a seguir:

Função predominante	Tráfego previsto	Vida de projeto	Volume inicial faixa mais carregada		Equivalente / Veículo	N	N característico
			Veículo Leve	Caminhão/ Ônibus			
Via local	LEVE	10	100 a 400	4 a 20	1,50	$1,7 \times 10^4$ a $1,4 \times 10^5$	$10^5$
Via Local e Coletora	MÉDIO	10	401 a 1500	21 a 100	1,50	$1,4 \times 10^4$ a $6,8 \times 10^5$	$5 \times 10^5$
Vias Coletoras e Estruturais	MEIO PESADO	10	1501 a 5000	101 a 300	2,30	$1,4 \times 10^6$ a $3,1 \times 10^6$	$2 \times 10^6$
	PESADO	12	5001 a 10000	201 a 1000	5,90	$1,0 \times 10^7$ a $3,3 \times 10^7$	$2 \times 10^7$
	MUITO PESADO	12	>10000	1001 a 2000	5,90	$3,3 \times 10^7$ a $6,7 \times 10^7$	$5 \times 10^7$
Faixa Exclusiva de Ônibus	VOLUME MÉDIO	12		< 500		$3,40 \times 10^6$	$10^7$
	VOLUME PESADO	12		> 500		$5 \times 10^7$	$5 \times 10^7$

**Quadro 5 – Classificação das vias e parâmetros de tráfego**  
**Fonte: Secretaria Municipal de Infraestrutura Urbana e Obras de São Paulo (2004)**

Para a quantificação do volume de tráfego pode ser feito um levantamento visual com nomenclatura balizada pelo DNIT e planilhas de contadores manuais nas quais os volumes observados e o tipo de veículo serão anotados, de hora em hora, como pode ser exemplificado no Anexo D (BALBO, 2007).

## 2.6 MANUTENÇÃO ASFÁLTICA

O pavimento é o elemento da infraestrutura de transporte da rede rodoviária e urbana com maior custo e, por isso, representa um patrimônio cujo gerenciamento é indispensável quando o objeto a ser estudado é a minimização do custo total de transporte. (RODRIGUES, 2007).

A manutenção do pavimento é uma tarefa frequente efetuada com intuito de manter o pavimento o mais próximo possível da sua condição original, sob condições habituais de tráfego e temperatura (SILVA, 2008).

A consideração comitente de manutenção, segurança e operação traduzem as características operacionais do pavimento, determinando o nível de desempenho do mesmo, função do tráfego, da região e recursos disponíveis (materiais, técnicos e financeiros) (DNER, 1996).

De acordo com Rodrigues (2007), o desempenho do pavimento dependerá de uma complexa gama de fatores, cujos efeitos se inter-relacionam, dentre estes fatores se destacam:

- A abrasão da superfície do pavimento, causada pelo trânsito das rodas dos veículos;
- A contínua carga de tráfego, agente da geração e propagação dos defeitos estruturais;
- O envelhecimento das camadas que compõe o pavimento, provocado tanto pela oxidação do ligante betuminoso, quanto pelas condições adversas de temperatura, pluviosidade e insolação;
- As condições de drenagem da via;
- As condições de manutenção aplicada ao longo do tempo;
- Qualidade dos materiais empregados na construção da via.

Segundo Nishiyama e Domingues (1995) os benefícios advindos da recuperação das vias são:

- Redução de custos operacionais de veículos;
- Redução futura de custos de estradas de rodagem;
- Economia no tempo de transporte;
- Redução de acidentes de trânsito;
- Estímulo ao desenvolvimento econômico;
- Aumento do conforto e comodidade de transporte;
- Maior efetividade na integração.

O Quadro 6 define estratégias de manutenção de acordo com o tipo de intervenção no pavimento:

<b>Tipo de intervenção</b>	<b>Definição</b>
Manutenção de rotina	Reparos localizados em pavimentos; limpeza; remoção de detritos, terra ou neve
Manutenção periódica	Atividades relacionadas ao melhoramento de condições superficiais com vistas à preservação da integridade estrutural e da qualidade de rolamento *com uso de reforços esbeltos em concreto asfáltico, tratamento superficial, lama asfáltica ou ainda banhos selantes
Reabilitação	Reparos seletivos, reforços estruturais ou aplicação de camadas de regularização com a finalidade de restaurar a capacidade estrutural do pavimento ou a qualidade do rolamento
Reconstrução	Renovação da estrutura de pavimento com remoção da estrutura danificada como resultado de negligência prolongada que resulta na impossibilidade de reabilitar o pavimento
Restauração	Quando para um mesmo projeto serviços de reabilitação e de reconstrução são contemplados simultaneamente
Melhoramento	Quanto, além de atividades relacionadas às anteriores são presentes, o projeto contempla também serviços de duplicação, melhoria de traçado, ampliação, etc., exigindo a construção de novos pavimentos

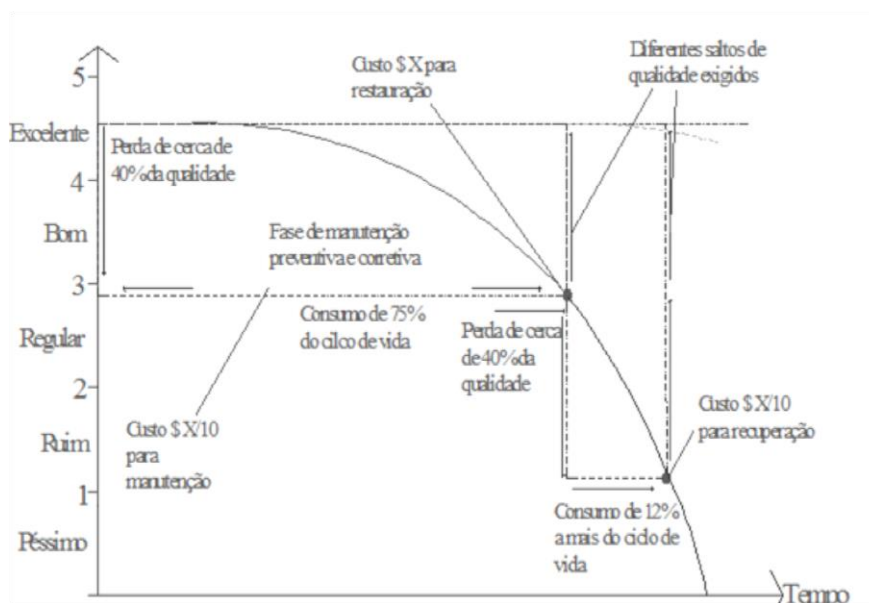
**Quadro 6 – Definição de estratégias de manutenção**

**Fonte: Balbo (2007).**

### 2.6.1 Custos

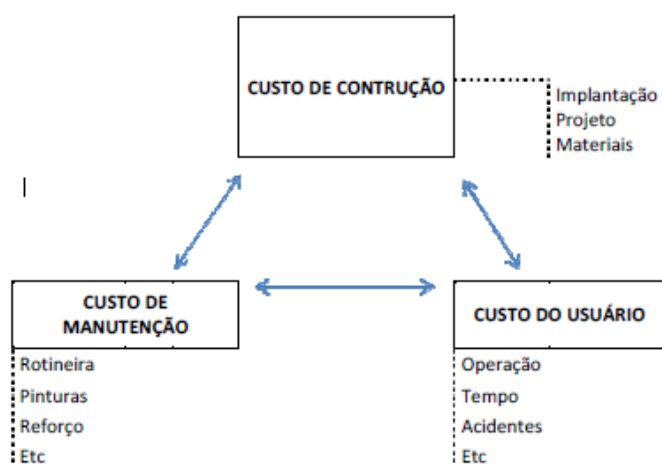
No Brasil, a análise econômica de projetos de pavimentação tende a se concentrar apenas no custo inicial da construção da estrutura do pavimento. Contudo, o ideal consistiria em minimizar ao máximo o Custo Total no Ciclo de Vida do Pavimento (*Life-cycle Cost*), composto pelo conjunto dos custos de construção inicial, conservações recorrentes durante o período de projeto e restauração ao final do período, adotando um enfoque no Sistema de Gerência de Pavimentos (RODRIGUES, 2007).

Conforme exemplificado na Figura 6, atrasos nas atividades de manutenção e reabilitação quase sempre resultam em gastos adicionais, pois as estruturas dos pavimentos sofrem deterioração acelerada à medida que ocorrem os adiamentos das intervenções. A gerência de pavimentos visa minimizar esse problema, integrando a avaliação os pavimentos com a definição das atividades de manutenção e reabilitação.



**Figura 6 – Variação da serventia do pavimento no tempo (desempenho/custo do pavimento)**  
 Fonte: Motta (1995).

O custo global de um pavimento deve ser analisado, sendo que os custos de construção são conhecidos, os de manutenção parcialmente e os custos do usuário não são computados e desprezados, os quais são descritos na Figura 7 a seguir (MOTTA, 1995).



**Figura 7 – Aspectos do custo do pavimento**  
 Fonte: Motta, 1995.

## 2.6.2 Técnicas de Manutenção e Recuperação Asfáltica

A partir da implantação de uma estrutura de pavimento, cabe ao órgão encarregado pelo seu gerenciamento detectar e realizar as atividades de

manutenção necessárias, permitindo que o tráfego flua de forma segura, rápida, confortável e econômica. As práticas de manutenção são indispensáveis e visam conservar e/ou restaurar as condições da via, necessitando, portanto, ser iniciadas logo após o início do seu uso (GONÇALVES, 1999).

#### 2.6.2.1 Aplicação de areia quente

A mistura é composta por agregado miúdo, *filler* e cimento asfáltico, espalhada e comprimida a quente e consiste na aplicação de uma capa de massa asfáltica a fim de corrigir defeitos nas superfícies de rolamento. (DNIT, 2005)

#### 2.6.2.2 Capa selante

Consiste na aplicação de material betuminoso, seguida de imediata aplicação do agregado e tem como finalidade corrigir os revestimentos esgarçados, combater o envelhecimento dos revestimentos ocasionados pela oxidação do ligante, reestabelecer a impermeabilização da superfície do revestimento e servir como tratamento antiderrapante (DNIT, 2005).

Pode ser utilizada para selagem de juntas ou trincas, nas quais objetivam melhorar as características dos defeitos, aumentando, assim, a vida útil do pavimento (DNIT, 2007).

#### 2.6.2.3 Drenagem

O principal objetivo desta técnica é proteger o pavimento das causas da infiltração de água na estrutura do pavimento. Para tal fim, pode-se colocar abaixo do revestimento uma camada de material granular com a finalidade de drenar a água infiltrada ou ainda instalar drenos ao longo da extensão da via (DNIT, 2006).

#### 2.6.2.4 Lama asfáltica

Esta técnica permite o tratamento de extensas superfícies, já que a mesma é um revestimento superficial de uma camada fina constituída de agregados miúdos e

emulsões asfálticas especiais de cimento asfáltico espalhadas a frio. Deste modo, é um revestimento impermeável e é utilizado para o rejuvenescimento da pista de rolamento e para a correção do atrito, mas não permite nenhuma correção de irregularidades da via (GONÇALVES, 1999).

#### 2.6.2.5 Micro revestimento

É um processo que pode ser considerado a evolução da lama asfáltica, já que usa o mesmo princípio e concepção, contudo utiliza emulsões modificadas com polímeros a fim de aumentar sua vida útil. (BERNUCCI, *et al.*, 2008).

Pinto (2012) destaca que o micro revestimento tem um melhor custo benefício, mais facilidades quanto ao gabarito da via, além de ser mais ágil e com maior desempenho comparado ao concreto asfáltico convencional e ao CBUQ, por isso é largamente utilizado ultimamente no Brasil.

#### 2.6.2.6 Preenchimento de buracos

Para o tratamento das panelas, é necessário demarcar o perímetro da área degradada, cortar e remover o material comprometido, fazer a limpeza da caixa, aplicação da pintura de ligação, enchimento da caixa com material betuminoso, compactação da mistura e acabamento (DNIT, 2007).

#### 2.6.2.7 Recapeamento

Modalidade de intervenção sobre o pavimento já existente, que consiste na adequada sobreposição de uma ou mais camadas constituídas de material betuminoso e/ou cimento Portland. O principal objetivo desta interferência é conferir ao pavimento existente um melhor suporte estrutural ao novo ciclo de vida em questão, adequando-o às premissas técnico-econômicas (DNIT, 2005).



#### 2.6.2.8 Reciclagem

Consiste no reaproveitamento de camadas betuminosas deterioradas, as quais através de processos específicos são devidamente recuperadas, em termos de granulometria e de ligante betuminoso (DNIT, 2005).

Dentre as vantagens advindas deste processo, pode-se ressaltar a preservação do meio ambiente, conservação de agregados, ligantes e energia, além da manutenção das condições geométricas da via existentes (DNIT, 2007).

#### 2.6.2.9 Reconstrução

São obras que objetivam reestruturar o pavimento, adicionando ou substituindo camadas estruturais ou o revestimento do pavimento, de tal forma que o resultado da intervenção suporte as cargas incidentes de forma segura e confortável ao usuário ao longo do novo período de projeto (DNIT, 2007).

Gonçalves (1999) define que a reconstrução é utilizada quando:

- Os custos de outra intervenção no pavimento superam o da reconstrução do mesmo;
- Não há credibilidade suficiente para o desempenho do pavimento restaurado;
- Quando há uma mudança de tráfego na rodovia.

#### 2.6.2.10 Regularização

As intervenções visam principalmente o rejuvenescimento da camada de revestimento, sem caráter de reforço estrutural e são definidas em função da análise de trechos em questão (DNIT, 2007).

#### 2.6.2.11 Remendo

Esta técnica envolve a retirada e recomposição de uma ou mais camadas do revestimento e pode ser executada com CBUQ ou pré-misturado a frio, mesmo este

último tendo pequena durabilidade. O remendo superficial é adotado quando a correção necessária se restringe às camadas superficiais, tais como:

- Trincamento prematuro por fadiga;
- Instabilidade da mistura asfáltica;
- Arranchamento localizado de agregados, pela segregação da mistura. (GONÇALVES, SCARANT, 2007).

Quando a origem do problema se encontra em uma camada subjacente ao revestimento ou está sendo afetada por algum problema de drenagem é realizado em remendo profundo. Deste modo, todas as camadas são retiradas até atingir a camada com problema e a reconstrução localizada do pavimento é feita. A fim de evitar a formação de trincas ao longo do remendo, se recomenda compactar a estrutura que circunda a área a ser remendada, ultrapassando a área afetada pelo problema a ser corrigido (GONÇALVES, SCARANT, 2007).

#### 2.6.2.12 Tratamento superficial

São constituídos por uma ou mais camadas de agregados ligadas por um ligante de hidrôxido de cálcio e são utilizados quando se visa uma elevada resistência à derrapagem. A impermeabilização advinda do processo leva-o a ser usado no rejuvenescimento e na selagem de camadas, sendo utilizado em grande escala em pavimentos antigos em boas condições a serem conservados. Além disso, o emprego desta técnica é realizado por uma capa selante por penetração ou lama asfáltica (GONÇALVES, 1999).

### 3 METODOLOGIA

#### 3.1 CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA

Gil (2002) define pesquisa como o procedimento racional e sistemático que objetiva responder aos problemas propostos. Para tal, é desenvolvida mediante conhecimentos disponíveis e métodos, técnicas e procedimentos científicos adequados.

As pesquisas podem ser classificadas como qualitativa e quantitativa. A primeira é caracterizada pela interpretação de fenômenos, não requerendo uso de métodos e técnicas estatísticas, sendo uma pesquisa descritiva. A segunda é utilizada especialmente para gerar medidas precisas e confiáveis que permitam análise estatística para traduzir os fenômenos estudados (FACHIN, 2003).

Deste modo, o estudo em questão é de caráter qualitativo, pois o Método do PCI aplicado interpreta os defeitos no pavimento de acordo com suas características, analisando sua interação com as causas e possíveis reparos, a fim de delinear a melhor solução para o problema encontrado, e caráter quantitativo, pois a contagem de tráfego realizada fornece dados numéricos para o desenvolvimento do trabalho e o método do PCI utiliza de formas para quantificar os defeitos do pavimento.

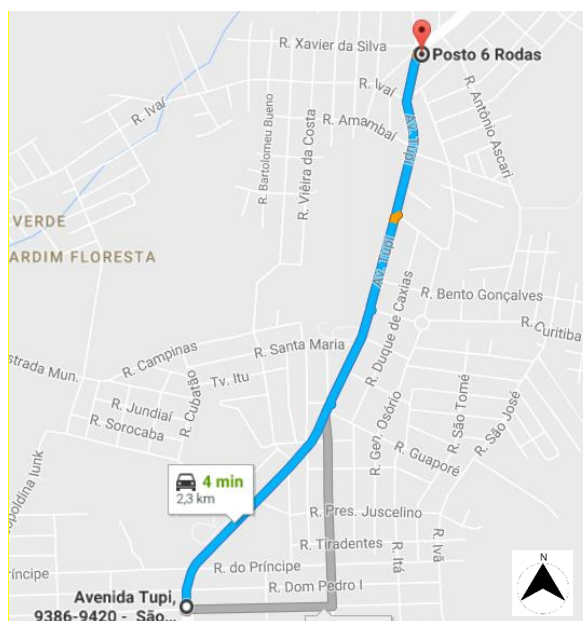
Para a realização do trabalho foi realizada uma pesquisa bibliográfica, que, segundo Gil (2002), é desenvolvida a partir de materiais elaborados por vários autores sobre o assunto em questão.

Para obter os dados para o trabalho, foi realizado um levantamento na via em questão, a fim de conhecer os defeitos do pavimento para posterior tratamento quantitativo dos dados. Além disso, como o trabalho visa abordar os resultados advindos do método do PCI em uma determinada via da cidade de Pato Branco – PR, o mesmo pode ser considerado como um estudo de caso (GIL, 2002).

#### 3.2 LOCAL DE ESTUDO

O trabalho avaliou a condição do pavimento asfáltico ao longo da Avenida Tupi no trecho que se estende desde a rotatória que a intercepta com a Rua Jenuíno

Piacentini até a intersecção da mesma com a Rua Papa João XXIII, destacado na Figura 8 a seguir:



**Figura 8 – Localização do trecho em estudo  
Fonte: Google Maps (2016)**

O município de Pato Branco se localiza no sudoeste do Paraná a 440km da capital do estado. O mesmo possui 79.011 habitantes e uma frota de 55.583 veículos cadastrados (estimativa IBGE, 2015), sendo que seu sistema viário se dá por duas vias arteriais principais, a PRT 280 ao sul e a BR 158 a oeste. A Avenida Tupi objeto de estudo interliga essas duas vias e tem função de arterial secundária, cruzando a cidade de Sul a Norte passando pelo centro da cidade, fato pelo qual o tráfego é canalizado para o centro comercial.

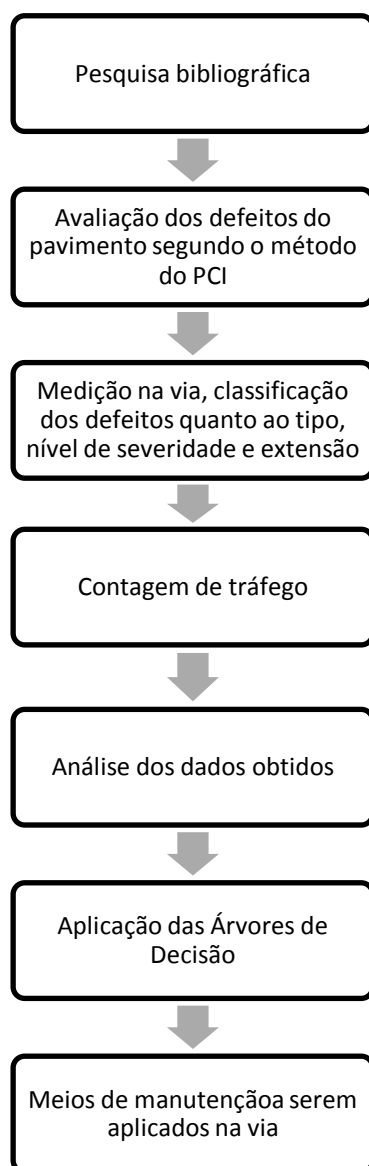
O trecho a ser analisado no trabalho sofreu intervenções no ano de 2010 quando seu tráfego diário era de 5.127 veículos, com a duplicação da pista e alargamento da via. Nas novas áreas foram executadas base com rachão e travamento com pedrisco de 20 cm, base com brita graduada de 15 cm e revestimento de CBUQ com 8 cm. Já nas áreas de pavimento já existente, foi realizada fresagem e recapeamento de CBUQ com 4 cm. (1)

(1): Dados fornecidos pelo Engenheiro Civil Jairo Trombetta, fiscal da execução da obra em 2010.

### 3.3 MÉTODOS DE TRABALHO

#### 3.3.1 Etapas do Trabalho

O presente trabalho seguiu as seguintes etapas de trabalho descritas na Figura 9:



**Figura 9 – Etapas do trabalho**  
**Fonte: Autoria Própria.**

### 3.3.2 Aplicação do Método do PCI

Segundo Balbo (2007), as vias mais solicitadas são também normalmente as de maior atenção comparadas às periféricas e de bairros residenciais e, informações deste tipo são imprescindíveis para tomada de decisão quanto à priorização no plano de manutenção das vias. Deste modo, foi ponderada a apresentação de procedimentos técnicos, em nível de projeto, em trechos isolados que se classificaram como a amostra da via estudada.

O levantamento *in loco* dos dados e ocorrências dos trechos selecionados seguiu o seguinte procedimento:

- 1) Foram selecionados 14 trechos, os quais foram divididos em seções de 45 m de comprimento por 5 m de largura, equivalente a área de 225 m<sup>2</sup>, alternando a localização do trecho em relação à quadra (início, meio e fim da quadra analisada, nos dois sentidos de tráfego), o que equivale a 31,5% do trecho a ser estudado;
- 2) As faixas de tráfego adjacentes à calçada e parte da faixa central de tráfego foram analisadas como seção de análise, a fim de favorecer a segurança;
- 3) Cada seção de análise foi percorrida a pé e, para cada uma, foi anotado na planilha de inspeção de campo contida no Anexo A o tipo de defeito, sua severidade e extensão, conforme relação de defeitos constantes na própria planilha;
- 4) De posse dos dados levantados e anotados para cada trecho, os mesmos foram transportados para o Anexo B que contém um modelo de planilha de cálculo do valor do PCI.

### 3.3.3 Caracterização do Tráfego

Para avaliar o desempenho e o risco de possíveis defeitos no pavimento como afundamentos e trincamentos por fadiga, é necessário tomar conhecimento da magnitude das cargas na qual o pavimento está sendo solicitado. Assim foi realizada uma contagem do tráfego no início do trecho em estudo, já que este representa a pior situação considerando que os carros entram e saem do trecho pela rotatória do Posto Seis Rodas. O levantamento foi executado sendo contadas as quantidades de

veículos por sentido de fluxo e configuração de eixos conforme o Anexo D em dois dias distintos durante 12h cada.

Para calcular o volume diário médio foi necessário fazer uma relação na qual levasse em conta os veículos que circularam na via durante o período em que não foi feita a contagem. Para tal, foi utilizada o Manual de Estudos de Tráfego do DNIT (2006), o qual apresenta a variação de tráfego durante o dia em vias americanas. A mesma apresenta que em uma via local, a porcentagem de tráfego entre as 7h e às 19h é de 82,4%, enquanto a porcentagem de tráfego entre as 19h e às 6h é de 17,6%, podendo deduzir-se daí o volume médio diário de tráfego.

Os veículos rodoviários são de diversos tipos, sendo que alterações em suas características se refletem em modificações nos efeitos gerados sobre os pavimentos. Dessa forma, foi necessário realizar uma classificação detalhada dos veículos que trafegam na via no que diz respeito as suas configurações de eixos, principalmente dos veículos comerciais.

O número de operações de um eixo padrão (N) é calculado pela seguinte Equação 3:

$$N = 365 \cdot VMD_c \cdot \frac{(1+P \cdot t)^2 - 1}{2 \cdot t} \cdot FV \cdot FR \quad (3)$$

Onde:

$VMD_c$  = volume diário médio de caminhões e ônibus na direção de tráfego mais solicitada, considerando que o tráfego de veículos se distribui de maneira igual entre as duas faixas de rolamento;

P = período de projeto, obtido do Quadro 5 que relaciona o mesmo com a função da via;

t = taxa anual de crescimento de tráfego (decimal), obtida pela média entre a taxa de aumento de registros de veículos na cidade de Pato Branco fornecida pelo DETRAN da cidade e a taxa de crescimento geométrico de veículos entre 2010 e 2016, o primeiro fornecido pelo fiscal da obra de reconstrução da Avenida Tupi no ano em questão e o segundo obtido por este trabalho;

FV = fator de equivalência de veículo, obtido do Quadro 5 em função do volume diário médio de caminhões em ônibus;

FR = fator climático regional, em função do índice pluviométrico anual na região, dado pela Tabela 3:

**Tabela 3 – Fator climático regional**

ALTURA MÉDIA ANUAL DE CHUVA (mm)	FATOR CLIMÁTICO REGIONAL (FR)
Até 800	0,7
De 800 a 1.500	1,4
Mais de 1.500	1,8

**Fonte: Senço (1997)**

### 3.3.4 Árvore de Decisão

A árvore de decisão é proposta para a seleção de atividades de manutenção e reabilitação do pavimento, considerando fatores como tipos de defeitos (severidade e extensão) e volume de tráfego (quando este influencia na ocorrência do defeito) e tem como principal função padronizar as decisões a serem tomadas em um Sistema de Gerenciamento de Pavimentos (GONÇALVES, SCARANT 2007).

Para as árvores de decisão serem utilizadas de maneira correta, precisam seguir os critérios de definição dos níveis de severidade, extensão e tráfego indicados no Quadro 7 abaixo:

<b>Nível de Severidade</b>			
	1	2	3
Severidade	Baixa	Média	Alta
<b>Nível de Extensão de Defeito</b>			
	1		2
Extensão	Pequena (< 50%)		Grande (>50%)
<b>Nível de Tráfego</b>			
VDM (x1000)	1 – Leve	2 – Médio	3 – Pesado
Tráfego	<1	1 – 5	>5

**Quadro 7 – Critérios para classificação dos fatores utilizados nas árvores de decisão**  
**Fonte: Shahin (2005).**

Para cada defeito do pavimento são feitas árvores de decisão que podem ser encontradas no Anexo E, as quais são adaptadas de Fernandes Jr. (2006).



### 3.3.5 Manutenção a Ser Aplicada na Via

De posse dos dados advindos do método do PCI, das árvores de decisão e da contagem de tráfego, foi possível determinar as intervenções relacionadas a cada seção e, ao analisá-las foi possível sugerir uma intervenção de manutenção ao longo do trecho todo de maneira padrão.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 4.1 LEVANTAMENTO DOS DEFEITOS E APLICAÇÃO DO MÉTODO DO PCI

Como já citado no capítulo anterior deste trabalho, foram selecionados 14 seções de 45 m de comprimento por 5 m de largura ao longo do trecho estudado, de maneira aleatória. A nomenclatura das seções se dá de 1 a 14 no sentido Centro – Bairro, sendo que a localização das mesmas pode ser observada no Apêndice A.

Para cada seção estudada foi feita uma planilha de anotações, a qual pode ser exemplificada pela planilha contida no Apêndice B para a seção 1. Ainda para cada seção, foi calculada a porcentagem que cada defeito ocupa em relação à seção de análise, e os valores de dedução das mesmas através das Curvas de Dedução Extraídas no Anexo C em função também da severidade. Somando-se os valores de dedução para cada tipo de defeito e severidade, obteve-se o Valor Total de Dedução (VTD) e, ao corrigi-lo através do último gráfico no Anexo C (em função do valor total de dedução e o número de defeitos existentes) se obteve o valor de dedução corrigido (VDC). O PCI nada mais é que a diferença entre 100 e o Valor de Dedução Corrigido (VDC), avaliando, assim, a condição do pavimento através da Tabela 2.

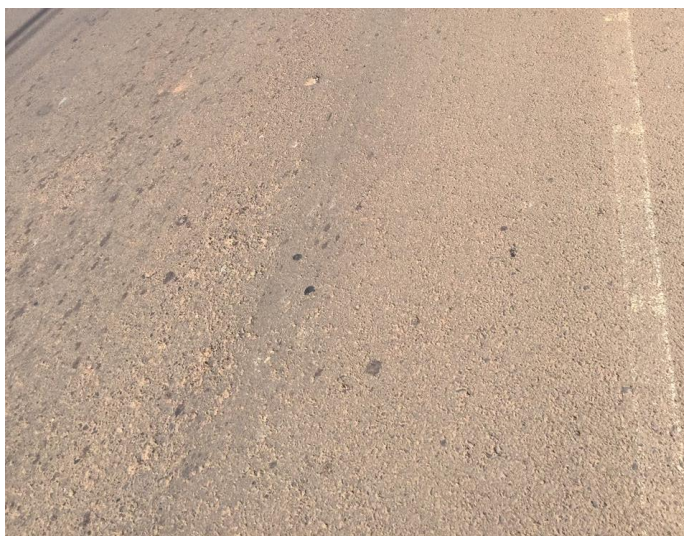
De posse desses dados, foi possível analisar o quanto cada defeito interferia nas condições do pavimento, chegando até ao cálculo do PCI para cada seção e suas respectivas condições de tráfego, os quais estão todos demonstrados no Apêndice C.

#### 4.1.1 Seção 1

A primeira seção se localiza logo no início do trecho, no sentido Centro – Bairro, após a rotatória. Nela foi possível observar dois tipos de defeitos:

- Dois trechos de desgaste ambos com severidade baixa como exemplificado na Figura 10, com áreas de 19,95m<sup>2</sup> e 34,05m<sup>2</sup>. Estes defeitos somam, portanto, uma área de 54m<sup>2</sup>, ocupam 24% da extensão

do trecho e possuem um valor de dedução de 8, segundo os gráficos de dedução em anexo.



**Figura 10 – Desgaste severidade baixa na seção 1**  
Fonte: Autoria própria.

- Dois remendos de severidade média, com áreas de 9,45m<sup>2</sup> e 9,36m<sup>2</sup>, somando 18,81m<sup>2</sup> de defeito, 8,36% da área da seção e um valor de dedução de 28. Um desses defeitos pode ser observado na Figura 11 a seguir:



**Figura 11 – Remendo severidade média na seção 1**  
Fonte: Autoria própria.

Somando os valores de dedução dos defeitos acima relacionados, foi possível obter um valor total de dedução igual a 36. Como eram dois defeitos, ao valor corrigido de dedução se aproximou de 25, deduzindo-se um PCI igual a 75, o que caracteriza um pavimento muito bom.

#### 4.1.2 Seção 2

A Figura 12 demonstra a segunda seção que se localiza próxima à primeira, mas no outro sentido de tráfego. Nela, foi possível observar apenas um desgaste de baixa severidade, com área de 90m<sup>2</sup> e ocupa 40% da seção em estudo.



**Figura 12 – Desgaste baixa severidade na seção 2**  
**Fonte: Autoria própria.**

Este defeito fornece valor de dedução, valor de dedução total e um valor de dedução corrigido igual a 11, resultando em um PCI de 89, caracterizando um pavimento em condições excelentes.

#### 4.1.3 Seção 3

A terceira seção se dá no sentido Centro – Bairro e ao longo da mesma foi possível observar dois defeitos:

- Quatro trechos com desgaste, três deles com severidade média, somando uma área de 33,6m<sup>2</sup> como demonstrado na Figura 13 (14,93% da seção e um valor de dedução de 23) e um deles com 65m<sup>2</sup> (28,89% da seção e um valor de dedução de 10) com severidade média;



**Figura 13 – Desgaste de severidade média na seção 3**  
**Fonte: Autoria própria.**

- Um afundamento localizado de severidade média como apresentado na Figura 14 com área de 2,4m<sup>2</sup>, ocupando 1,07% da área da seção em questão, derivando um valor de dedução de 24



**Figura 14 – Afundamento localizado de severidade média na seção 3**  
**Fonte: Autoria própria.**

Além disso, como mostra a Figura 15, na seção foi verificado também cortes no pavimento destinados a radares que não foram instalados, mas os mesmos não interferem nas condições de rolamento da via.



**Figura 15 – Desgaste de severidade média no trecho 3**  
**Fonte: Autoria própria.**

Com os dados, foi possível obter um valor de total de dedução de 57 e um valor corrigido de 34, resultando em um PCI igual a 66, caracterizando um pavimento com condições médias.

#### 4.1.4 Seção 4

A seção 4 se dá na no sentido Bairro – Centro e apresentou apenas fissuras longitudinais (10) de média e alta severidades. O primeiro possui uma área de 2m<sup>2</sup>, ocupando 0,89% da amostra em questão e um valor de dedução igual a 8, como exemplificado na Figura 16. Já o segundo, possui uma área total de 7,2m<sup>2</sup> (3,2% da área total da seção) e um valor de dedução de 21, parte que pode ser observada na Figura 17.



**Figura 16 – Fissuras longitudinais de média severidade na seção 4**  
**Fonte: Autoria própria.**



**Figura 17 – Fissuras longitudinais de alta severidade na seção 4**  
**Fonte: Autoria própria.**

Deste modo, chegou-se ao valor total de dedução igual a 29, um valor de dedução corrigido de 19 e, conseqüentemente um PCI igual a 81, caracterizando a condição do pavimento como muito boa.

#### 4.1.5 Seção 5

A seção se localiza em frente ao Supermercado Ponto Quente no sentido Centro – Bairro e ao longo da mesma pode ser constatado desgaste superficial de baixa severidade, com uma área aproximada de 224,04 m<sup>2</sup> (99,57% do trecho) como pode ser observado na Figura 18, sucedendo um valor de dedução de 15. Além disso, observou-se a existência de uma panela com 0,96m<sup>2</sup> (0,43% do trecho) que originou um valor de dedução de 46.



**Figura 18 – Desgaste baixa severidade na seção 5**  
**Fonte: Autoria própria.**

Deste modo, calculou-se o valor total de dedução igual a 61, um valor de dedução corrigido de 45 e, conseqüentemente, um PCI igual a 55, caracterizando a condição do pavimento como boa.

#### 4.1.6 Seção 6

A seção tem fluxo de tráfego no sentido Bairro – Centro, e nela foi possível observar três tipos de defeitos:



- Uma faixa de desgaste de baixa severidade com área de 39m<sup>2</sup> como pode ser observada na Figura 19 (17,33% da seção e um valor de dedução de 23);



**Figura 19 – Desgaste de baixa severidade na seção 6**  
**Fonte: Autoria própria.**

- Uma panela de severidade baixa com área de 0,09m<sup>2</sup> (0,04% da área de estudo e um valor de dedução de 12);
- Dois trechos com fissuras longitudinais, um deles com severidade média que pode ser verificado na Figura 20, e uma área de 16,5m<sup>2</sup> (7,33% da seção e valor de dedução de 28) e outro com severidade alta e uma área de 4m<sup>2</sup> (1,78% da seção e um valor de dedução de 24).



**Figura 20 – Fissura longitudinal média severidade na seção 6**  
**Fonte: Autoria própria.**

Somando-se os valores de dedução, obteve-se o valor total de dedução de 71, um valor de corrigido de 29, resultando um PCI de 61, o que caracteriza um pavimento em boa condição.

#### 4.1.7 Seção 7

A seção se dá no sentido Centro – Bairro, e apresenta apenas um trincamento longitudinal representado na Figura 21, com baixa severidade de 0,6m<sup>2</sup> (0,27% da área estudada) que não interfere na condição do pavimento (valor de dedução 0), constatando uma condição do pavimento excelente.



**Figura 21 – Fissura longitudinal baixa severidade na seção 7**  
**Fonte: Autoria própria.**

#### 4.1.8 Seção 8

A seção se localiza no sentido Bairro – Centro. Nela foi possível observar três trechos com trincamentos com baixa severidade (um deles pode ser observado na Figura 22), que resultam em uma densidade de 2,49% e um valor de dedução total de 1, um PCI de 99, caracterizando o pavimento em questão como excelente.



**Figura 22 – Fissura longitudinal baixa severidade na seção 8**  
**Fonte: Autoria própria.**

#### 4.1.9 Seção 9

O fluxo de tráfego nessa seção se dá sentido Bairro – Centro e ao longo da mesma foi possível observar 4 tipos de defeitos:

- Três trincas longitudinais ao longo do trecho de baixa severidade que somam uma área de 3,4m<sup>2</sup>, ocupam 1,51% da seção e causaram um valor de dedução de 3;
- Dois remendos de severidade média, um com 2,2m<sup>2</sup> e outro com 4,8m<sup>2</sup> (representado na Figura 23) que, juntos, ocupam 3,11% da área da seção e causam um valor de dedução de 1;



**Figura 23 – Remendo média severidade na seção 9**  
**Fonte: Autoria própria.**

- Duas panelas com área de  $0,04\text{m}^2$  puderam ser observadas, ambas com baixa severidade, que juntas ocuparam  $0,04\%$  da área em questão, ocasionando um valor de dedução de 46;
- Um trecho com  $1\text{m}^2$  de desgaste de baixa severidade demonstrada na Figura 24 no trecho que ocasionou um valor de dedução de 1.



**Figura 24 – Desgaste de baixa severidade na seção 9**  
**Fonte: AUTORIA PRÓPRIA.**

De posse dos valores de dedução do trecho, foi possível obter um valor total de dedução de 51, um valor de dedução corrigido de 26 e um  $\text{PCI} = 74$ , o que caracteriza o pavimento como muito bom.

#### 4.1.10 Seção 10

O fluxo de tráfego nessa seção se dá sentido Bairro – Centro e ao longo da mesma foi possível observar fissuras longitudinais de baixa severidade ao longo de todo o trecho a uma largura de  $40\text{cm}$  como pode ser observado na Figura 25, ocasionando uma área de  $18\text{m}^2$ ,  $8\%$  da área total e um valor de dedução de 19. Além disso, foi possível observar uma panela de baixa severidade com  $0,28\text{m}^2$ ,  $0,12\%$  da área total da seção e um valor de dedução de 21.



**Figura 25 – Fissura longitudinal de baixa severidade na seção 10**  
**Fonte: Autoria própria.**

Deste modo, para esta seção resultou-se em um valor total de dedução de 30, um valor corrigido de 21 e um PCI de 79, caracterizando o pavimento como muito bom.

#### 4.1.11 Seção 11

A seção se dá no sentido Centro - Bairro. Ao longo de sua extensão foi observado 15m<sup>2</sup> de exsudação de baixa severidade, o que não interfere nas condições de rolamento da via como pode ser observado na Figura 26, e 2,22m<sup>2</sup> de escorregamento de massa de baixa severidade (0,99% da área em questão) e um valor de dedução de 4. Com isso, chegou-se a um PCI igual a 96, caracterizando o pavimento em questão como excelente.



**Figura 26 – Exsudação de baixa severidade na seção 11**  
**Fonte: Autoria própria.**

#### 4.1.12 Seção 12

Ao longo da seção foi possível observar dois tipos de defeitos:

- Uma fissura longitudinal de severidade alta como descrito na Figura 27, com 23,19m<sup>2</sup>, ocupando 10,31% da seção em questão, resultando em um valor de dedução de 62.



**Figura 27 – Fissura longitudinal de alta severidade na seção 12**  
**Fonte: Autoria própria.**

- Um remendo de alta severidade de  $0,12\text{m}^2$  (11% da área em estudo) que resultou em um valor de dedução de 15.

Ao somar-se o efeito desses dois efeitos, obtém-se um valor total de dedução de 77 e um valor de dedução corrigido de 52, resultando um PCI igual a 48, caracterizando um pavimento de condição média.

#### 4.1.13 Seção 13

A seção possui dois tipos de defeitos diferentes ao longo de sua extensão:

- Três fissuras longitudinais: de alta severidade com área de  $2\text{m}^2$  (Figura 28), causando um valor de dedução 19, de média severidade com  $1\text{m}^2$ , com valor de dedução 2 e de baixa severidade com  $0,4\text{m}^2$  com valor de dedução de 1.



**Figura 28 – Trincas longitudinais de alta severidade na seção 13**  
**Fonte: Autoria própria.**

- Uma pequena área com desgaste de  $0,8\text{m}^2$  (0,12% da área total), que causa um valor de dedução de 2.

Deste modo, foi possível obter um valor total de dedução de 23, um valor de dedução corrigido de 10 e um PCI para a seção de 90, classificando o pavimento como excelente,

#### 4.1.14 Seção 14

Ao longo da extensão da seção 14 foi possível observar três tipos de defeitos:

- Três áreas com fissuras longitudinais, duas delas com severidade alta, somando uma área de 28,5m<sup>2</sup> e resultando em um valor de dedução de 75, e uma delas com baixa severidade, com área de 24m<sup>2</sup>, ocasionando um valor de dedução de 19, como pode ser observado na Figura 29.



**Figura 29 – Trincas longitudinais de baixa e alta severidades na seção 14**  
**Fonte: Autoria própria.**

- Um remendo de baixa severidade com área de 8m<sup>2</sup>, que resulta em um valor de dedução de 8;
- Escorregamento de massa de alta severidade de 0,8m<sup>2</sup> como é apresentado na Figura 30 (apenas 0,36% da área estudada), o que ocasiona um valor de dedução igual a 10.



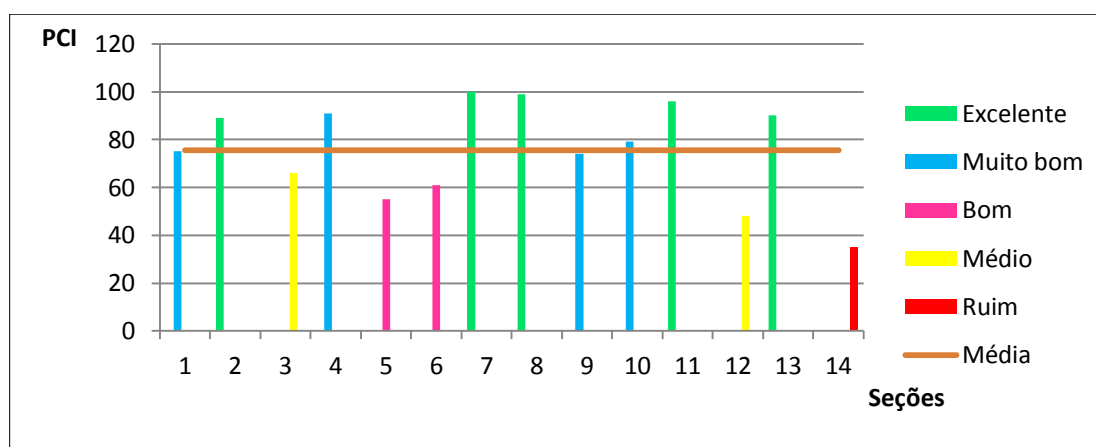
**Figura 30 – Escorregamento de massa de alta severidade na seção 14**  
**Fonte: Autoria própria.**



De posse desses dados, foi possível obter um valor total de dedução de 112, um valor de dedução corrigido de 65, um PCI igual a 35, que caracteriza o pavimento como ruim.

#### 4.2 ANÁLISE DOS DEFEITOS E DAS CONDIÇÕES DO PAVIMENTO

De posse dos dados do PCI descritos no item anterior, foi possível obter a Figura 31 que resume as condições do pavimento em função do valor do PCI:

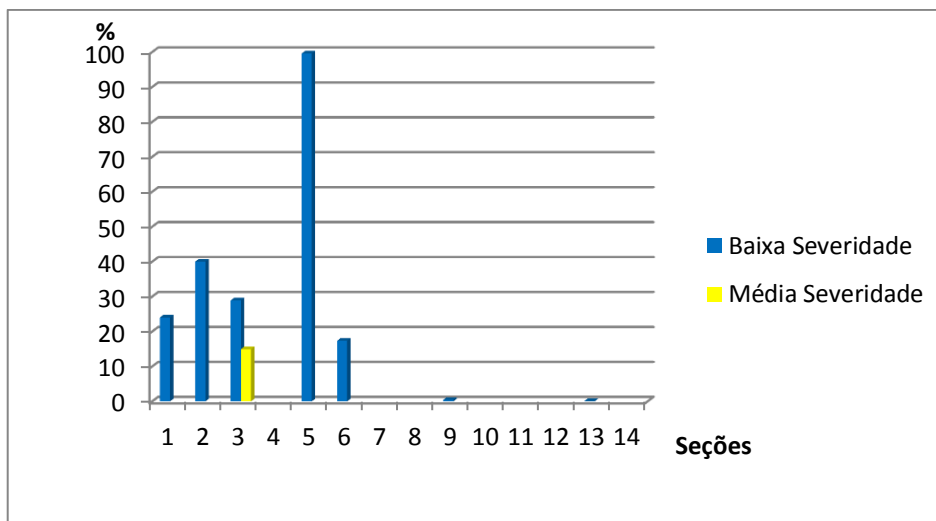


**Figura 31 – Valor do PCI para cada seção estudada**  
Fonte: Autoria própria.

Como se pode observar pela Figura 31, a condição do trecho em estudo é muito boa, apenas uma seção está em condições ruins, o que faz com que o tráfego flua normalmente, sem grandes danos aos veículos e à comodidade dos usuários.

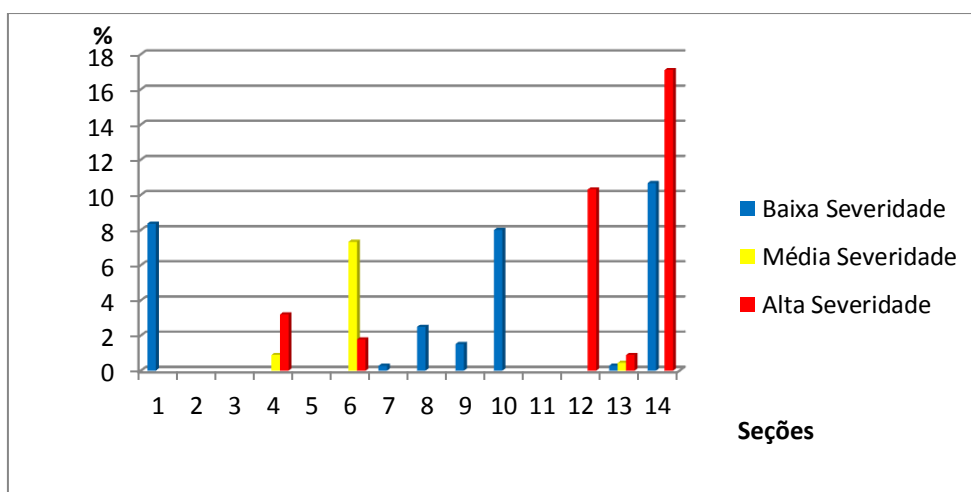
Ainda analisando as seções em estudo, pode-se fazer uma avaliação do trecho todo em função dos tipos de defeitos e suas porcentagens em cada seção, como é demonstrado abaixo.

O desgaste de baixa severidade foi um dos defeitos mais recorrentes ao longo do trecho em estudo como pode ser observado na Figura 32, provavelmente ocasionado pelo grande tráfego que o percorre, além do envelhecimento do revestimento e do intemperismo.



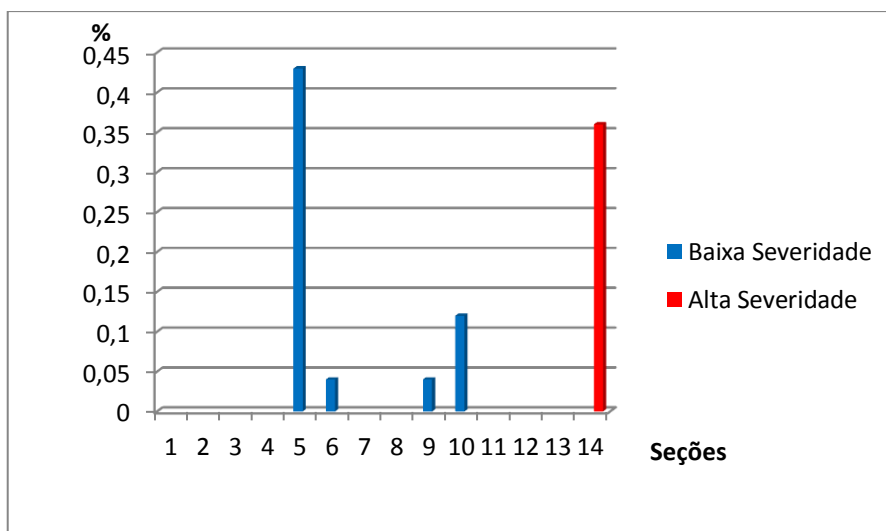
**Figura 32 – Extensão de desgaste ao longo das seções**  
**Fonte: Autoria própria.**

Outro defeito que se destacou na maioria das seções foram as fissuras longitudinais como se pode perceber pela Figura 33, que mesmo com grau de severidade variado se fez presente ao longo da mesma. Esse tipo de defeito provavelmente em virtude do tráfego e da variação climática que a cidade sofre ao longo do ano (causando retração no revestimento asfáltico).



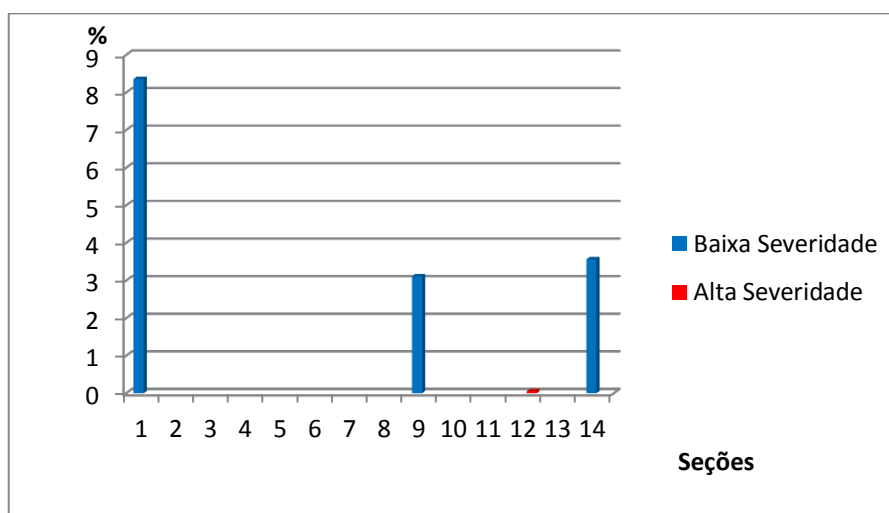
**Figura 33 – Extensão de fissuras longitudinais ao longo das seções**  
**Fonte: Autoria própria.**

As panelas se manifestaram em 5 seções como pode ser constatado na Figura 34. As mesmas resultaram provavelmente das trincas, afundamento e dos desgastes, agravadas pela água das chuvas.



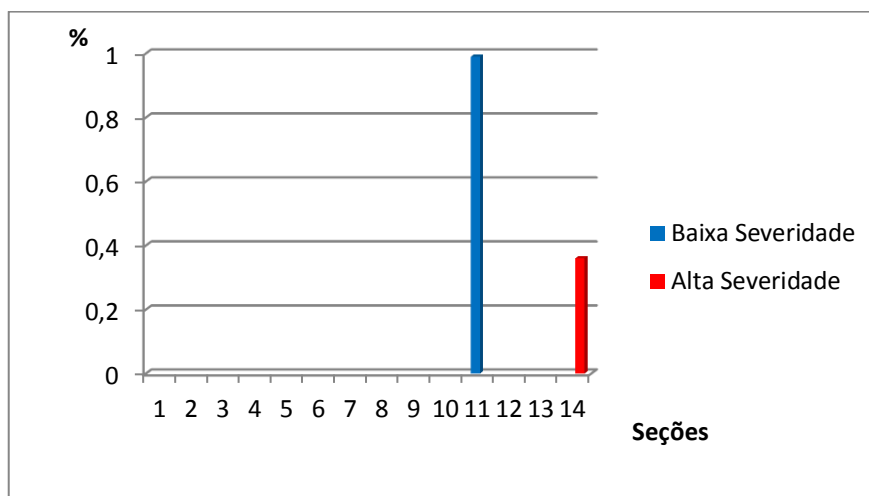
**Figura 34 – Extensão de painéis ao longo das seções**  
**Fonte: Autoria própria.**

Os remendos estavam presentes em 4 seções estudadas como é mostrado na Figura 35. Estes provavelmente foram executados a fim de corrigir alguma anomalia que o pavimento já tenha apresentado ao longo desses seis anos de vida útil do mesmo.



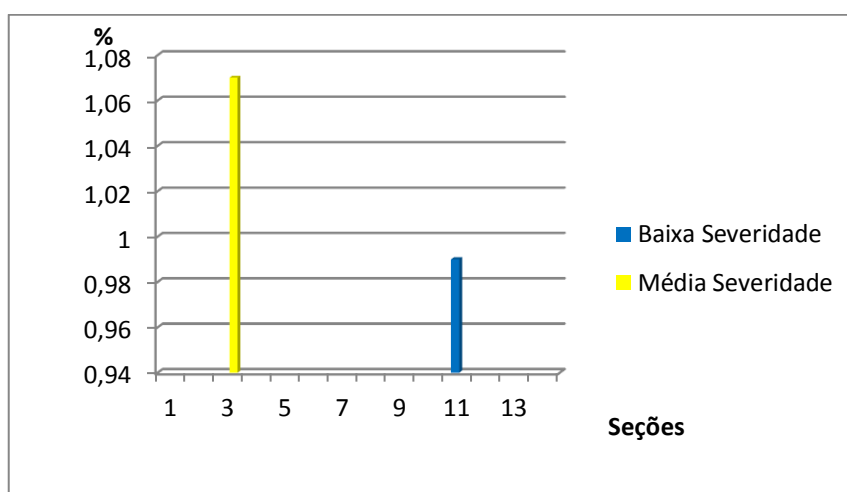
**Figura 35 – Extensão de remendos ao longo das seções**  
**Fonte: Autoria própria.**

O escorregamento de massa esteve presente apenas em duas seções como pode ser observado na Figura 36, provavelmente ocasionado por instabilidade da mistura asfáltica devido ao tráfego e ao intemperismo.



**Figura 36 – Extensão de escorregamento de massa ao longo das seções**  
**Fonte: Autoria própria.**

O afundamento de trilho estava presente em apenas duas seções analisadas como pode ser verificado na Figura 37, provavelmente proveniente da deformação plástica do pavimento, já que o fluxo de veículos comerciais na via é considerável.



**Figura 37 – Extensão de afundamento localizado ao longo das seções**  
**Fonte: Autoria própria.**

Os gráficos acima demonstram que os defeitos que se destacam ao longo da via são fissuras longitudinais, desgastes, remendos, painelas, afundamento localizado e escorregamento de massa, demonstrando uma deterioração natural do pavimento ao longo da vida útil devido ao tráfego e às intempéries como já citado.

### 4.3 CARACTERIZAÇÃO DO TRÁFEGO

O principal objetivo da caracterização do tráfego da via estudada foi conhecer os veículos que ali circulavam, além de classifica-lo como leve, médio e pesado a fim de aplicar a árvore de decisão e, desta maneira, determinar a intervenção de melhoria ou reconstrução no trecho.

Para tal, primeiramente foi feita uma feita uma contagem de tráfego no início do trecho em questão nas duas direções durante 12h em dois dias diferentes. Os dados obtidos podem ser encontrados no Apêndice B.

Para este estudo, utilizou-se a pior situação (que possui maior volume de tráfego), a qual se deu na direção Bairro – Centro no dia 23 de setembro, com 6.522 veículos leves e 384 veículos pesados. Contudo, como supracitado, para se obter o número de operações de um eixo padrão (N) utiliza-se apenas o número de veículos pesados em uma das faixas de rolamento.

Ainda assim, este número obtido não reflete as condições verdadeiras em que o pavimento está sendo solicitado diariamente. Deste modo, ao se aplicar o estudo de tráfego do DNIT, o qual apresenta que a porcentagem de tráfego entre as 19h e às 6h é de 17,6%, obtém-se um volume diário médio atual de 466 ônibus e caminhões nas duas faixas de rolamento. Contudo, considerando o mesmo fluxo de veículos nas duas faixas de rolamento, o volume diário médio atual de veículos pesados em uma das faixas é de 233, o que será utilizado para este cálculo.

Outros dados necessários para a caracterização do tráfego são:

- A taxa de crescimento de tráfego de Pato Branco (PR) é de 7,1% entre os anos de 2014 e 2015, segundo o DETRAN da cidade;
- A taxa de crescimento geométrico do tráfego nesta via é de 7,96%, considerando que em 2010 foram contados 5127 veículos e em 2016 o valor obtido pelo estudo foi 8120 veículos diários;
- Deste modo, utilizou-se a taxa de crescimento de tráfego igual a 7,53%;
- O período de projeto, adotado 12 anos segundo Quadro 5 para vias estruturais;
- O fator de equivalência de veículo, obtido do Quadro 5 igual a 5,9 para a quantidade de veículos leves e pesados constatada;

- O fator climático regional, adotado 1,8 considerando que Pato Branco possui um índice pluviométrico de aproximadamente 2000 mm/ano.

De posse destes dados, foi possível calcular o número de operações de um eixo padrão (N) pela equação 3, chegando-se ao valor de 15.778.029 ou ainda um N de aproximadamente  $1,58 \cdot 10^7$ .

Comparando este valor obtido experimentalmente com os dados do Quadro 5, pode-se observar que, como esperado, para vias coletoras e estruturais, como é o caso da Avenida Tupi, o número de operações de um eixo padrão obtido está entre o estipulado pela Secretaria Municipal de Infraestrutura Urbana e Obras de São Paulo, caracterizando o tráfego como pesado.

#### 4.4 INTERVENÇÕES NA VIA

Para a determinação das possíveis manutenções e restaurações na via, foram utilizadas as árvores de decisões em anexo, como supracitado, utilizando a classificação do tráfego como pesado. Assim, as intervenções na via podem ser definidas por seção como no Quadro 8 e, após estudo de viabilidade, pode-se adotar a mesma intervenção para todo o trecho em estudo, dependendo das entidades públicas responsáveis pelo gerenciamento da mesma.

Seção	Defeito	Severidade	Manutenção / Reconstrução
1	Remendo	Média	Selante e tratamento superficial
	Desgaste	Baixa	Micro revestimento
2	Desgaste	Baixa	Micro revestimento
3	Afundamento localizado	Média	Recapeamento
	Desgaste	Baixa	Micro revestimento
		Média	Tratamento superficial
4	Fissuras longitudinais	Média	Selante
		Alta	Remendo
5	Desgaste	Baixa	Micro revestimento
	Panela	Baixa	Preenchimento de buracos
6	Fissuras longitudinais	Média	Selante
		Alta	Remendo
	Panela	Baixa	Preenchimento de buracos
	Desgaste	Baixa	Micro revestimento
7	Fissuras longitudinais	Baixa	Não fazer nada
8	Fissuras longitudinais	Baixa	Não fazer nada
9	Fissuras longitudinais	Baixa	Não fazer nada
	Remendo	Média	Selante e tratamento superficial
	Panela	Baixa	Preenchimento de buracos
	Desgaste	Baixa	Micro revestimento
10	Fissuras longitudinais	Baixa	Não fazer nada
	Panela	Baixa	Preenchimento de buracos
11	Exsudação	Baixa	Não fazer nada
	Escorregamento de massa	Baixa	Regularização
12	Fissuras longitudinais	Alta	Remendo
	Remendo	Alta	Remendo
13	Fissuras longitudinais	Baixa	Não fazer nada
		Média	Selante
		Alta	Remendo
	Desgaste	Baixa	Micro revestimento
14	Fissuras longitudinais	Baixa	Não fazer nada
		Alta	Remendo
	Remendo	Baixa	Não fazer nada
	Escorregamento de massa	Alta	Remendo

**Quadro 8 – Definição das alternativas de manutenção por seção.**

**Fonte: Autoria própria.**

De um modo geral, para o trecho estudado, podem ser preenchidos os buracos, seladas as trincas de baixa severidade, remendadas as trincas com alta severidade e a parte necessária na seção 14 e, para regularizar toda a superfície do pavimento em questão, aplicar uma camada de micro revestimento a fim de aumentar a vida útil do pavimento.

O pavimento em questão está aproximadamente no meio da sua vida útil, já que o mesmo foi projetado para 12 anos. E, como se pode observar na Figura 6, a partir deste ponto de deterioração, o trecho ainda está em uma fase de manutenção preventiva e corretiva, que possui um custo de um décimo comparado ao custo de uma reconstrução que provavelmente será necessária caso nenhuma intervenção

seja feita, já que a partir deste ponto, as perdas de qualidade possuem taxas maiores.



## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A Avenida Tupi é a principal via da cidade de Pato Branco, por isso, estudar sua condição de tráfego é relevante aos habitantes do município. O aumento do fluxo de veículos é um fator agravante da deterioração do pavimento, deste modo, é interessante que se façam manutenções e restaurações periódicas ao longo da via.

Em vista disto, foi feita uma avaliação da condição do pavimento através do Método do PCI que afere o tipo, a extensão e a severidade dos defeitos existentes ao longo das seções, realizando uma avaliação funcional. A mesma apontou que as seções em sua maioria apresentam fissuras longitudinais, desgastes e remendos de baixa severidade, caracterizando, assim, um pavimento em condições muito boas, conforme a do valor do PCI.

A contagem de tráfego realizada no início do trecho teve por objetivo caracterizar o tráfego atuante na via. Para isso, deveriam ter sido coletadas mais amostras diárias e fazer a contagem de tráfego também na parte noturna a fim de conferir maior confiabilidade ao estudo, contudo pela falta de tempo hábil para desenvolver a pesquisa esse período foi minimizado para fins referenciais. Percebeu-se com este estudo que o volume de tráfego esperado pelo Quadro 5 condiz com o que efetivamente solicita o pavimento, caracterizando o tráfego como pesado.

De posse dos dados advindos da aplicação do Método do PCI e da caracterização do tráfego, foi possível fazer a aplicação das árvores de decisão com o objetivo de padronizar as possíveis atividades de manutenção pertinentes. Para a utilização desta ferramenta desenvolvida por Fernandes Jr. (2006) foi necessário substituir a aplicação de lama asfáltica por micro revestimento, já que o segundo é mais comum e atende melhor às exigências do pavimento. Mesmo assim, as árvores de decisão se mostram aplicáveis para o caso, já que normatizam o procedimento de escolha das intervenções a serem realizadas por toda a cidade, facilitando o Sistema de Gerência de Pavimentos.

Deste modo, sugere-se que seja feita uma intervenção no trecho de estudo, preenchendo as painelas, selando as trincas, remendando o pavimento onde necessário e o regularizando toda a sua extensão com a aplicação de uma camada de micro revestimento.

Notou-se que, segundo a Figura 6 o pavimento na primeira metade da sua vida útil possui uma taxa menor de perda de qualidade comparado à segunda metade, conferindo à primeira um custo inferior de intervenção preventiva e corretiva. Deste modo, sugere-se uma intervenção na via nas primeiras idades para aumentar sua vida útil e diminuir os custos com manutenção.

É importante salientar que, caso seja utilizado este método para se decidir qual tipo de intervenção deve ser aplicado no trecho, pode-se fazer um levantamento mais detalhado com mais seções de estudo que varram o trecho todo para se ter um conhecimento aprimorado dos defeitos existentes e uma melhor confiabilidade nas ações a serem tomadas.

## REFERÊNCIAS

AMERICAN ASSOCIATION HIGHWAY AND TRANSPORTATION OFFICIALS. **Guide for design of pavement structures**. Washington D.C., 1986.

APS, M.; BALBO, J.; SEVERI, A. A. **Avaliação superficial de pavimentos asfálticos em vias urbanas utilizando o método do PCI**. In: REUNIÃO ANUAL DE PAVIMENTAÇÃO, 31., 1998, São Paulo. Anais... Rio de Janeiro: ABPV, 2001

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7207: Terminologia e classificação de pavimentação**. Rio de Janeiro, 1982.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6973: Classificação viária nacional na modalidade rodoviária**. Rio de Janeiro, 1976.

BALBO, José Tadeu. **Pavimentação asfáltica: materiais, projetos e restauração**. 5. ed. Oficina do texto, 2007.

BALBO, José Tadeu. **Pavimentos asfálticos: patologias e manutenção**. 2. ed. Plêiade, 1997.

BAPTISTA, Cyro de Freitas Noguei. **Pavimentação: Ensaio Fundamentais para a Pavimentação Dimensionamentos dos Pavimentos Flexíveis**. 3. ed. Porto Alegre: Globo, 1978.

BERNUCCI, Liedi Bariani *et. al.* **Pavimentação asfáltica: formação para engenheiros**. 1. ed. Rio de Janeiro: Petrobrás ABEDA, 2006.

CINCERRE, José Roberto; NETO, Alexandre Zuppolini; NOGAMI, Job Shuji; VALLIBOR, Douglas Fadul. **Pavimentos de baixo custo para vias urbanas**. 2. ed. São Paulo: Arte e Ciência, 2009.

DNER. **Manual de pavimentação**. Publicação IPR-697. Departamento Nacional de Estradas de Rodagem. 2. ed. Rio de Janeiro, 1996

DNIT. **Manual de conservação rodoviária**. Publicação IPR-7102. Departamento Nacional de Infra-Estrutura de Transportes. 2. ed. Rio de Janeiro, 2005.

DNIT. **Manual de estudos de tráfego**. Publicação IPR-723. Departamento Nacional de Infra-Estrutura de Transportes. 1. ed. Rio de Janeiro, 2006.

DNIT. **Terminologias rodoviárias usualmente utilizadas**. Departamento Nacional de Infra-Estrutura de Transportes. Versão 1.1. Rio de Janeiro, 2007.

FACHIN, Odília. **Fundamentos de metodologia**. Editora Saraiva, 4. ed. São Paulo, 2003.

FERNANDES JUNIOR, J. L.; ODA, S.; ZERBINI, L. F. **Defeitos e atividades de manutenção e reabilitação em pavimentos asfálticos**. São Carlos: Universidade de São Paulo, Escola de Engenharia de São Paulo, Departamento de Transportes, 2006. Apostila.

GIL, Antonio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. Editora Atlas, 4. ed. São Paulo, 2002.

GONÇALVES, Fernando José Pugliero. **Diagnóstico e manutenção de pavimentos: ferramentas auxiliares**. Passo Fundo: Ed. Universidade, 2008.

GONÇALVES, Fernando José Pugliero; SCARANTO, Marcelo. **Manutenção de pavimentos urbanos com revestimentos asfálticos**. Passo Fundo, 2007.

GONÇALVES, Fernando José Pugliero. **O desempenho dos pavimentos flexíveis**. Passo Fundo, 1999, a.

GONÇALVES, Fernando José Pugliero. **O diagnóstico e a manutenção dos pavimentos**. Passo Fundo, 1999, b.

MOTTA, L.M.G. **Considerações a respeito de pavimentos e tráfegos em vias urbanas**. 6ª. Ed. Santos, 1995.

NISHIYAMA, Elisa Saeko; DOMINGUES Felipe Augusto Aranha. **Atualização de custos e benefícios, para uso em Sistemas de Gerência de Pavimentos**. 6ª ed., Santos, 1995.

PINTO, José Luiz Giovanetti. **Micro Pavimento: O grande e ainda pouco conhecido e aliado das administrações municipais na solução da recuperação e da manutenção dos pavimentos asfálticos**. Asfalto em revista, Rio de Janeiro, ano 5, n. 22, mar 2012.

PESQUISA CNT DE RODOVIAS. **Relatório Gerencial**. CNT, SEST, SENAT. Brasília, 2015.

RODRIGUES, Régis Martins. **Engenharia de pavimentos – gerência de pavimentos**. Instituto Tecnológico de Aeronáutica – ITA, 2007.

SECRETARIA MUNICIPAL DE INFRAESTRUTURA URBANA E OBRAS. **Classificação das vias**. 2004. Disponível em: <<http://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/upload/infraestrutura/NORMAS%20T%C3%89CNICAS%20INSTRU%C3%87%C3%95ES%20NOVAS/Pavimenta%C3%A7%C3%A3o/IP-02%20%5B1%5D.pdf>>. Acesso em: 24 de outubro de 2016.

SENÇO, Wlastermiler de. **Manual de técnicas de Pavimentação**. Vol. 1.. São Paulo: Pini, 746 p. 1997.

SHAIN, M.Y; KHON, S. D. **Development of a pavement condition rating procedure for roads, streets and parking lot.** Distress Identification Manual. CERL-TR-M-268, U.S. Army, 1979, v. 2.

SHAHIN, M. Y. **Pavement Management for Airports, Roads and Parking Lots.** 2<sup>nd</sup> Edition. Chapman & Hall, New York. 2005.

SILVA, Paulo Fernando A. **Manual de patologia e manutenção de pavimentos.** 2. ed. São Paulo, 2008.

TROMBETTA, Jairo. **Avaliação, diagnóstico e manutenção de pavimentos flexíveis.** 75g. Notas de Aula. 2010.

## ANEXO A – Modelo de planilha de inspeção de campo pelo Método do PCI

<b>PLANILHA DE INSPEÇÃO DE CAMPO</b>					
Via:	Seção:				
Data:	Amostra nº:				
Avaliador:	Área da amostra:				
Tipo de Defeitos					
1 Couro de Crocodilo	Área	11 Remendos	Área		
2 Exsudação	Área	12 Agregados Polidos	Área		
3 Fissuras em blocos	Área	13 Panelas	Unid.		
4 Elevações Recalques	Metro	14 Cruzamento Ferroviário	Área		
5 Corrugação	Área	15 Afundamento de Trilho de Roda	Área		
6 Afundamento Localizado	Área	16 Escorregamento de Massa	Área		
7 Fissuras de Borda	Metro	17 Fissuras Devido ao Escorregamento de Massa	Área		
8 Fissuras por Reflexão de Juntas	Metro	18 Inchamento	Área		
9 Desnível de Pavimento/ Acostamento	Metro	19 Desgaste	Área		
10 Fissuras Longitudinal e Transversal	Metro				
		<b>PANELAS</b>			
		Diâmetro (cm)			
		PROF.	10 a 20	20 a 45	45 a 76
		1,2 a 2,5	B	B	M
		>2,5 a 5,0	B	M	A
		>5,0	M	M	A

## ANEXO B – Modelo de planilha de cálculo do valor do PCI

PLANILHA DE CALCULO DO VALOR DO PCI												
Via:						Seção:						
Data:						Amostra n°:						
Avaliador:						Área da Amostra:						
Tipos de Defeitos												
1	Couro de Crocodilo					11	Remendos					Esboço:
2	Exsudação					12	Agregados Polidos					
3	Fissuras em blocos					13	Painelas					
4	Elevações Recalques					14	Cruzamento Ferroviário					
5	Corrugação					15	Afundamento de Trilho de Roda					
6	Afundamento Localizado					16	Escorregamento de Massa					
7	Fissuras de Borda					17	Fissuras Devido ao Escorregamento de Massa					
8	Fissuras por Reflexão de Juntas					18	Inchamento					
9	Desnível de Pavimento/ Acostamento					19	Desgaste					
10	Fissuras Longitudinal e Transversal											
Tipos de Defeitos Existentes												
Área/ Extensão	Severidade											
Severidade	B											
	M											
	A											
Cálculo do PCI												
Tipo de Defeito		Densidade	Severidade	Valor de dedução		PCI = 100 – VDC						
						Condições do Pavimento:						
<b>Total de Dedução (VTD)</b>												
<b>Valor de Dedução Corrigido (VDC)</b>												

## ANEXO C – Curvas de valores de dedução extraídas

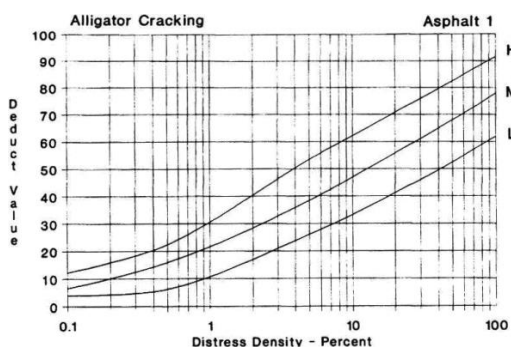


Figura 1 – Couro de crocodilo

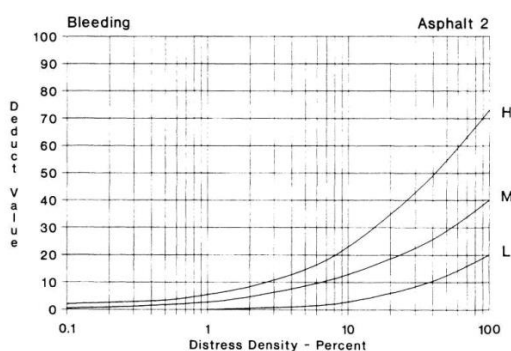


Figura 2 – Bombeamento

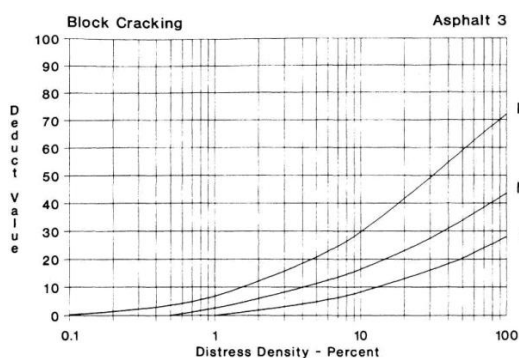


Figura 3 – Trinca em bloco

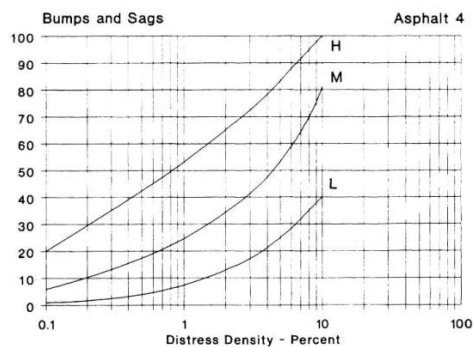


Figura 4 – Depressão (afundamento) permanente

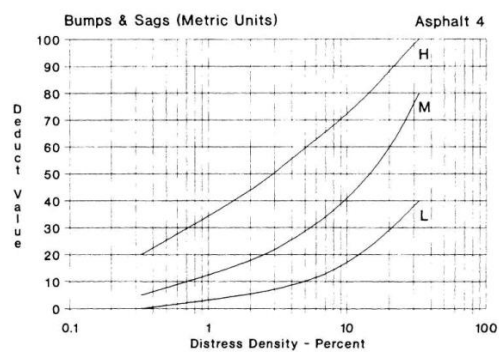


Figura 5 – Depressão (afundamento) permanente (unidade métrica)

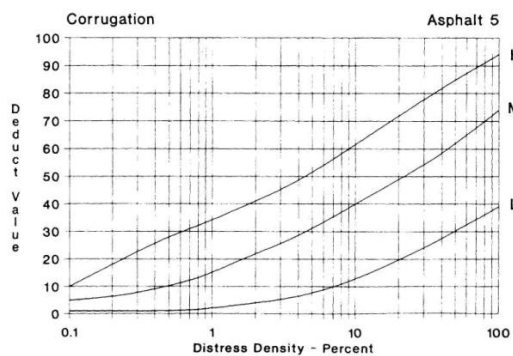


Figura 6 – Corrugação

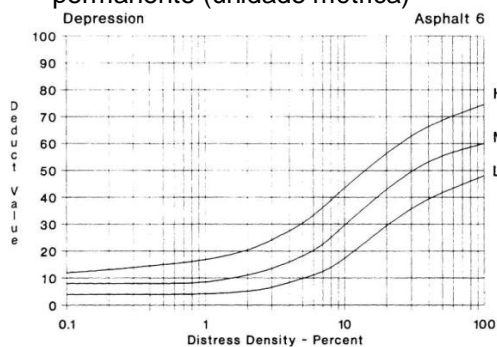


Figura 7 – Depressão

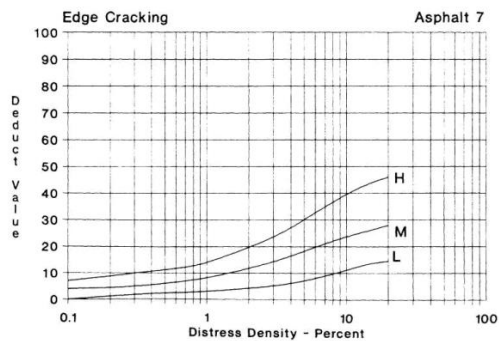


Figura 8 – Trinca de bordo



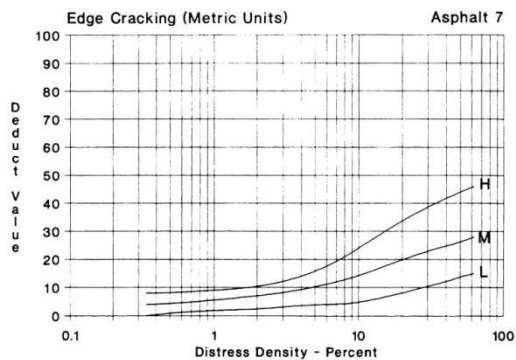


Figura 9 – Trinca de bordo (unidade métrica)

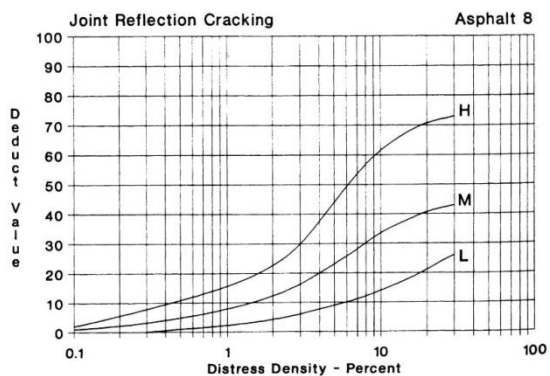


Figura 10 – Trincas por reflexão

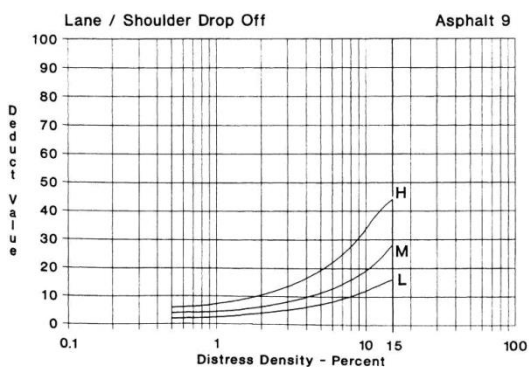


Figura 11 – Desnível pista/acostamento

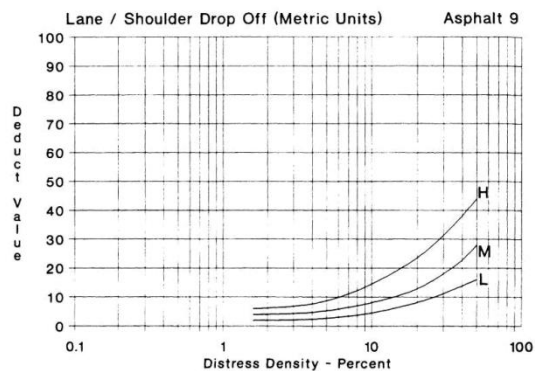


Figura 12 – Desnível pista/acostamento (unidade métrica)

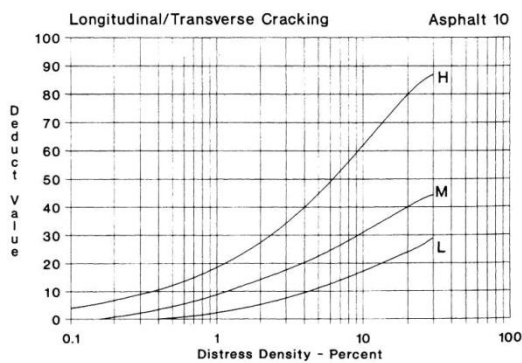


Figura 13 – Trinca longitudinal/transversal

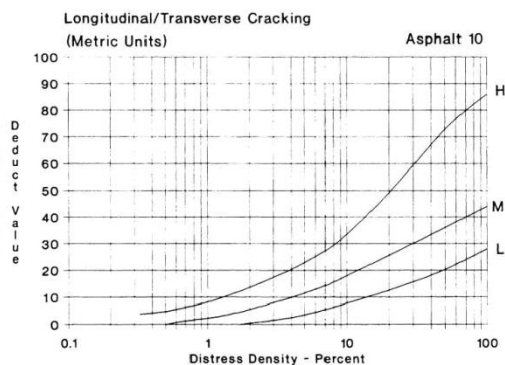


Figura 14 – Trinca longitudinal/transversal (unidade métrica)

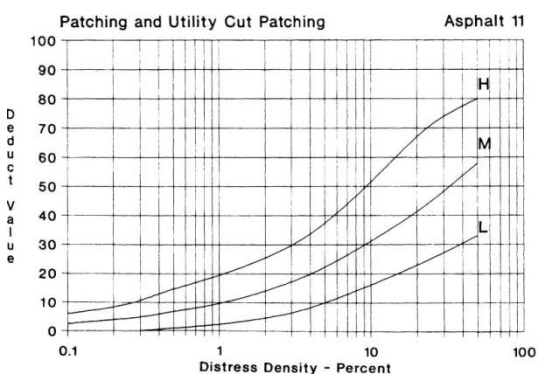


Figura 15 – Remendos

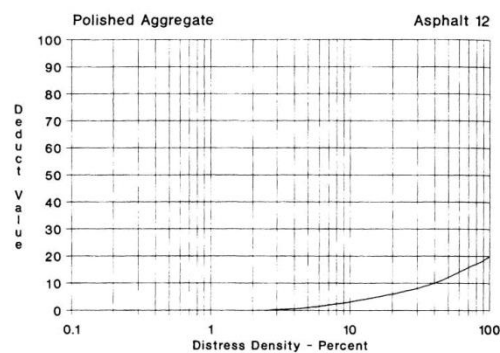


Figura 16 – Agregado polido

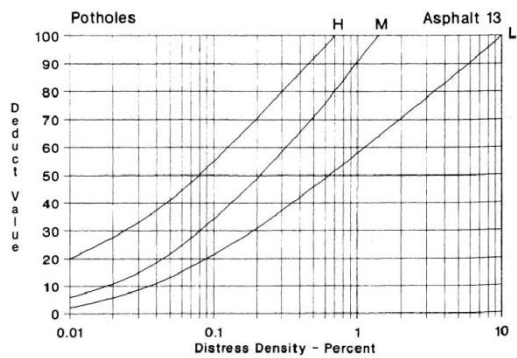


Figura 17 – Painelas

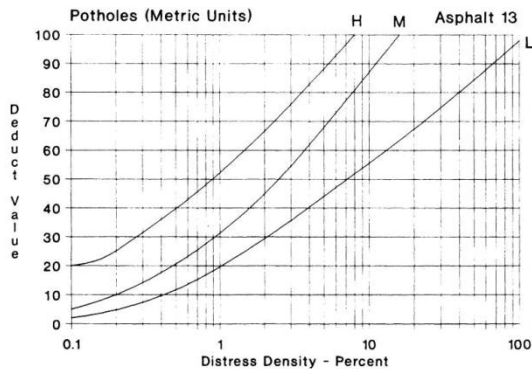


Figura 18 – Painelas (unidade métrica)

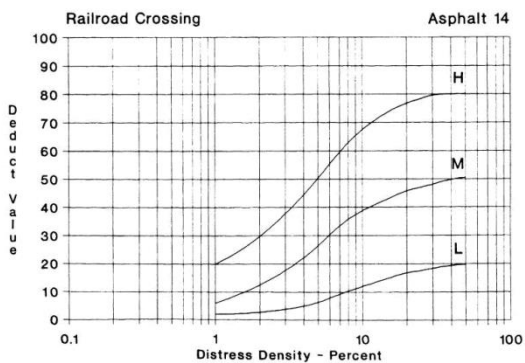


Figura 19 – Travessa via férrea

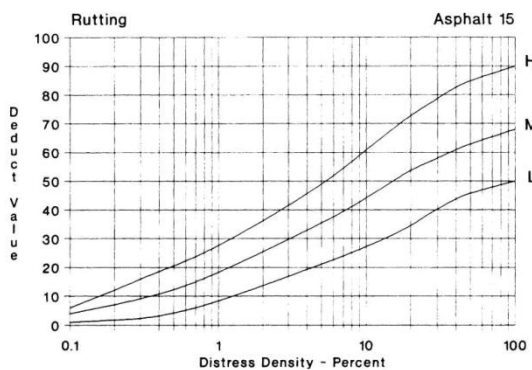


Figura 20 – Sulco

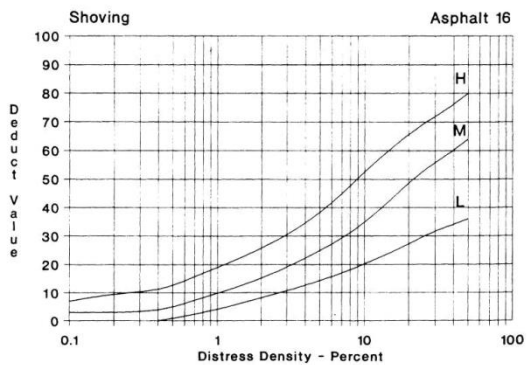


Figura 21 – Escorregamento de massa

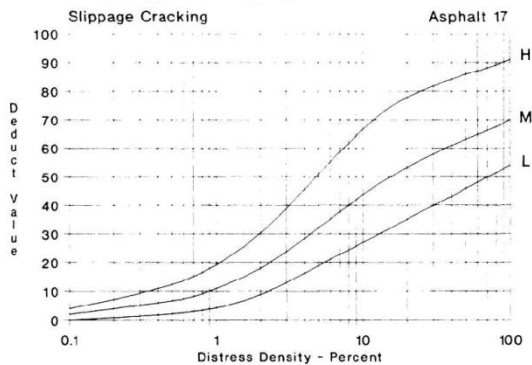


Figura 22 – Fissuras Devido ao Escorregamento de Massa

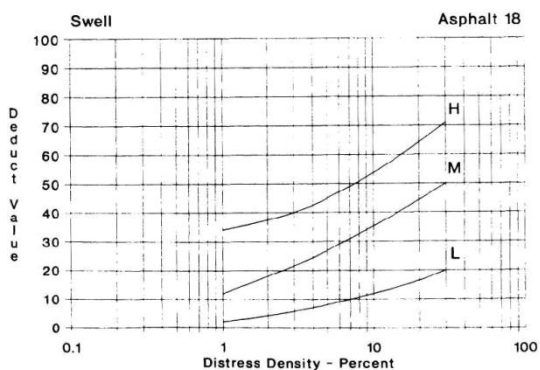


Figura 23 – Inchamento

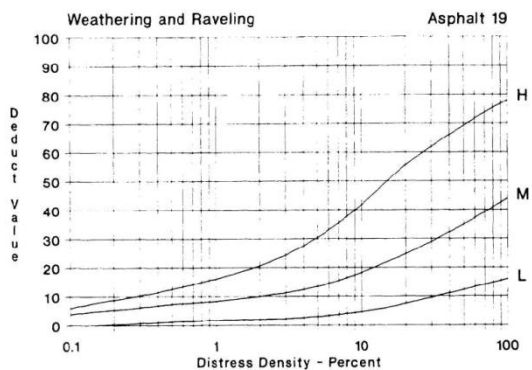


Figura 24 – Desgaste por intemperismo

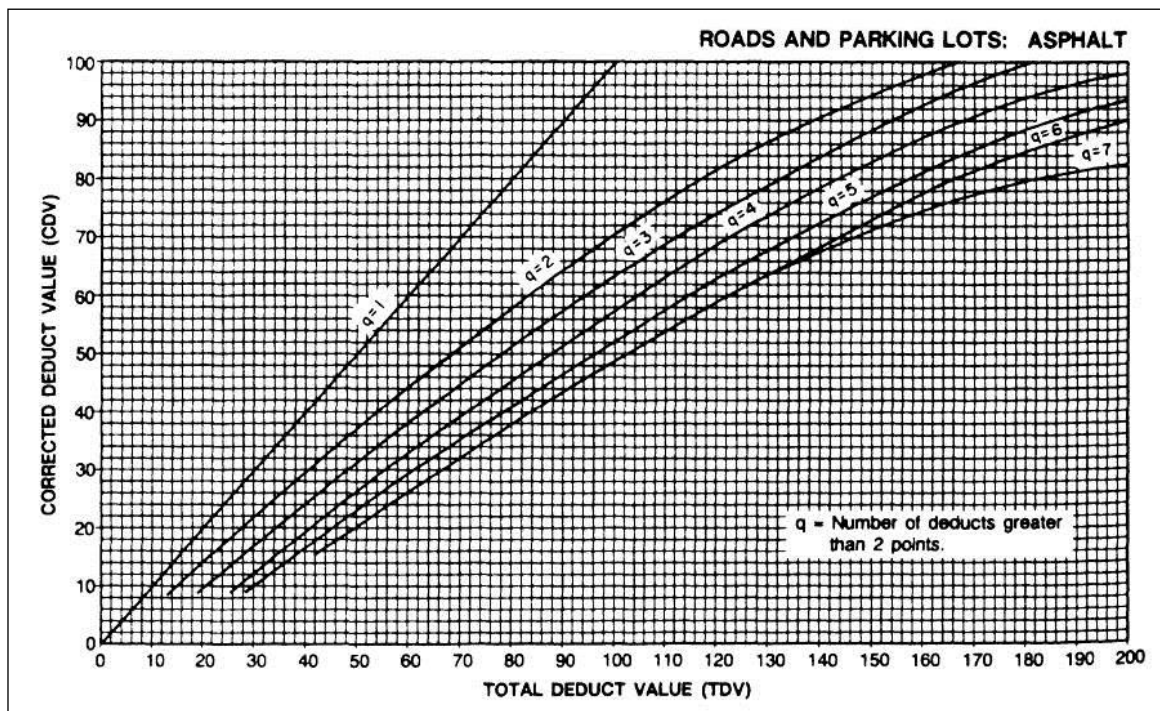















Figura 25 – Curvas para o Valor de Dedução Corrigido (VDC), em função do Valor Total de Dedução (VTD) e número de defeitos em uma seção.

## ANEXO D – Modelo de planilha para contagem de tráfego

CONTAGEM DE TRÁFEGO			Via:			Trecho:				Sentido:				Data:	
Tipo	Classificação	Configuração	7:00 / 8:00	8:00 / 9:00	9:00 / 10:00	10:00 / 11:00	11:00 / 12:00	12:00 / 13:00	13:00 / 14:00	14:00 / 15:00	15:00 / 16:00	16:00 / 17:00	17:00 / 18:00	18:00 / 19:00	Total
Automóvel	2C														
Ônibus	2C														
Utilitário	2C														
Caminhão	2C														
	3C														
	4C														
Semi-reboque	251														
	252														
	253														
	352														
	353														
Reboque	2C2														
	2C3														
Total (Automóveis/Utilitários - Veículo leve)								Total (Ônibus/ Reboque e Semi-reboque)							

## ANEXO E – Árvores de decisão

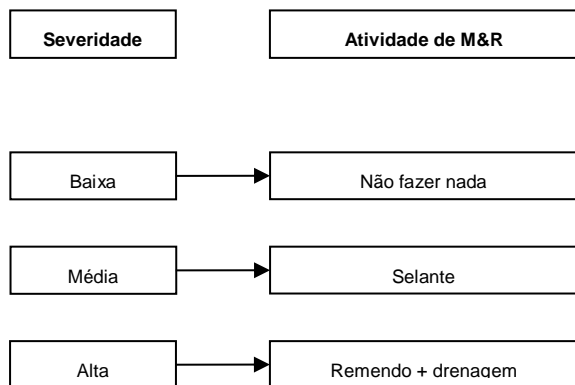


Figura 1 - Árvore de decisão para trincas por fadiga do revestimento

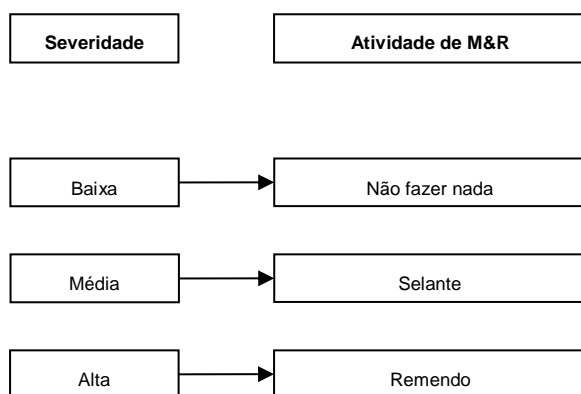


Figura 2 – Árvore de decisão para trincas transversais

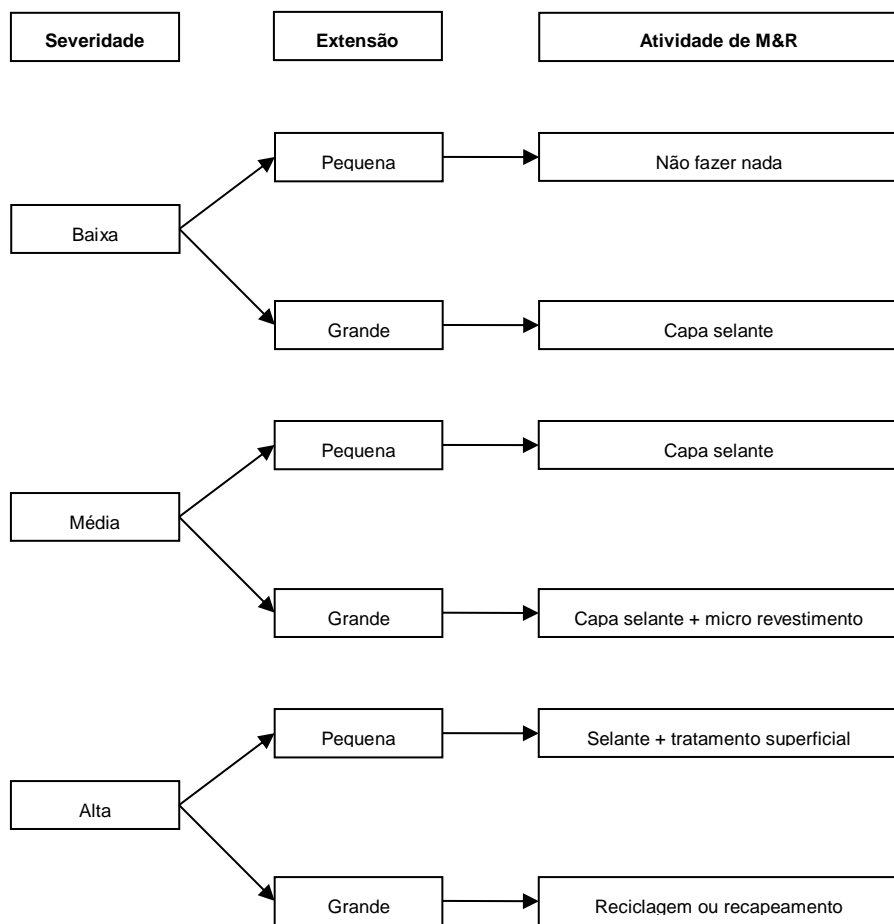


Figura 3 - Árvore de decisão para trincas em blocos

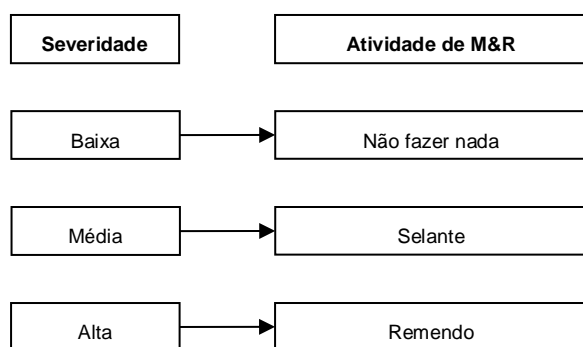


Figura 4 - Árvore de decisão para trincas longitudinais

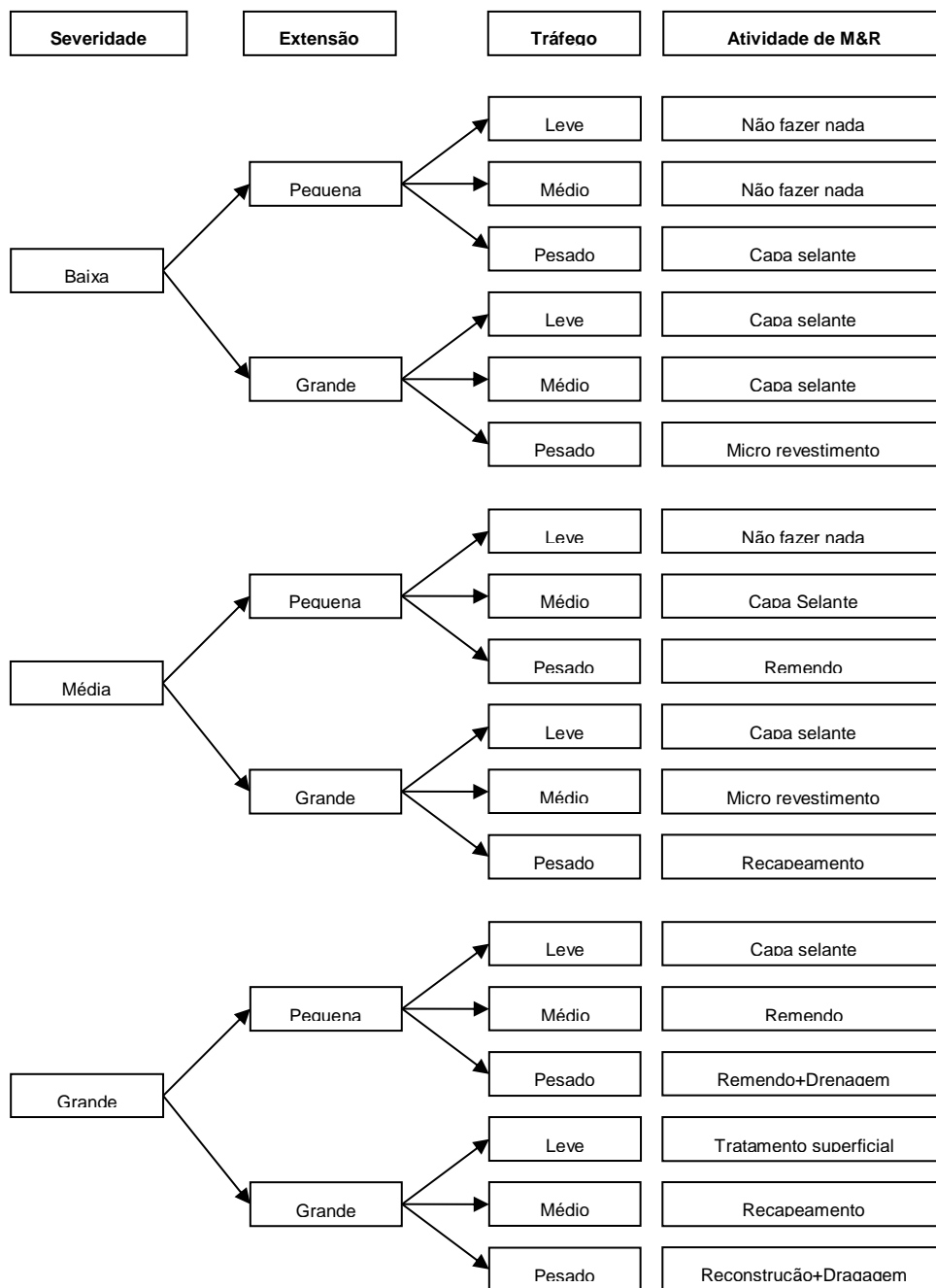


Figura 5 - Árvore de decisão para trincas por fadiga do revestimento

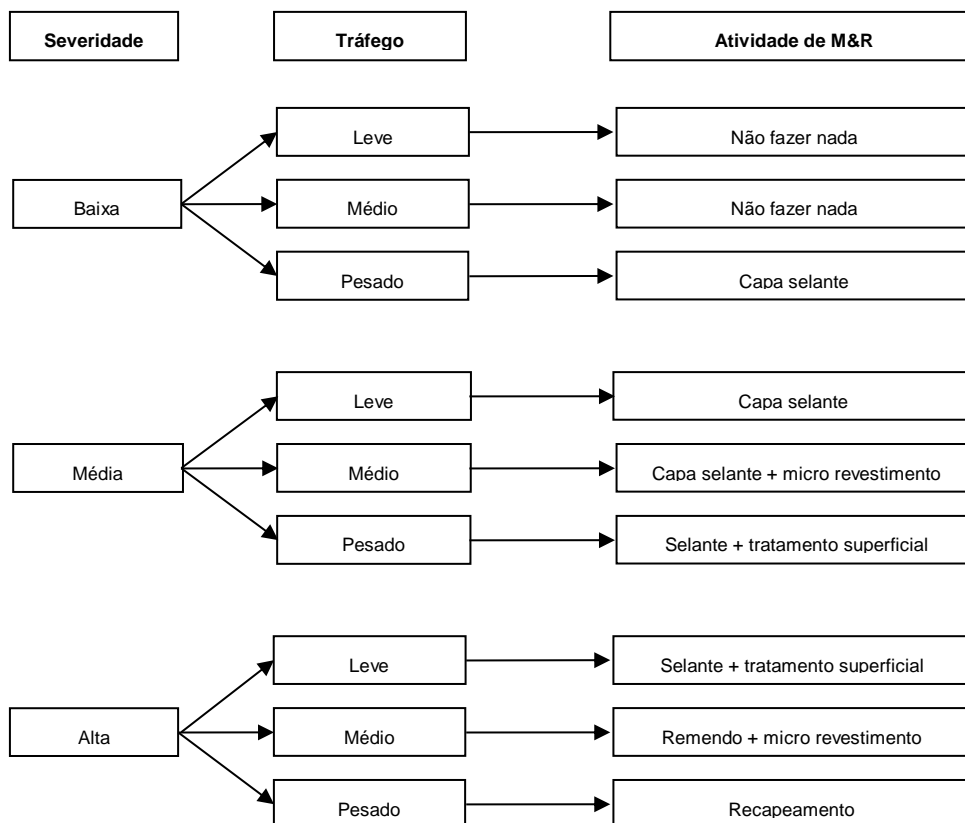


Figura 6 – Árvore de decisão para trincas por reflexão



Figura 7 – Árvore de decisão para remendos

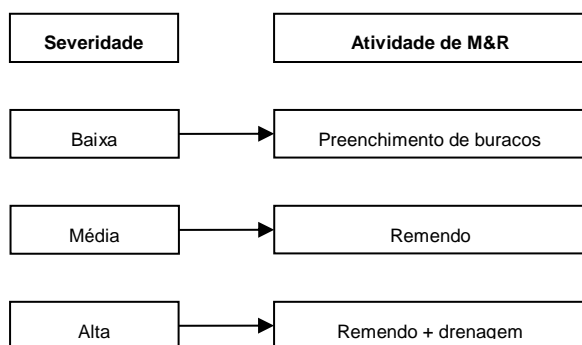


Figura 8 – Árvore de decisão para panelas



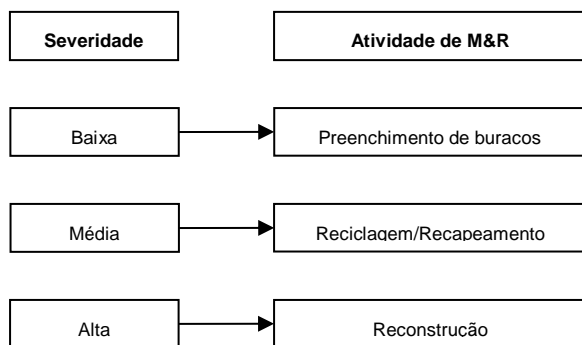


Figura 9 – Árvore de decisão para corrugação

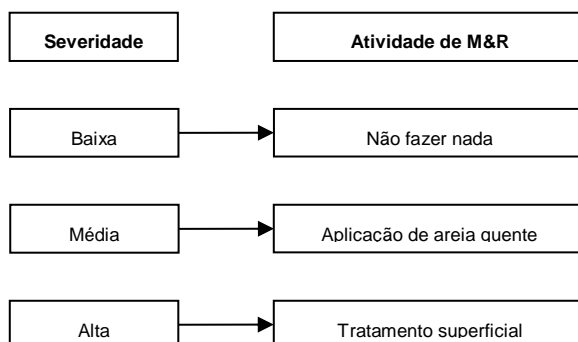


Figura 10 – Árvore de decisão para exsudação

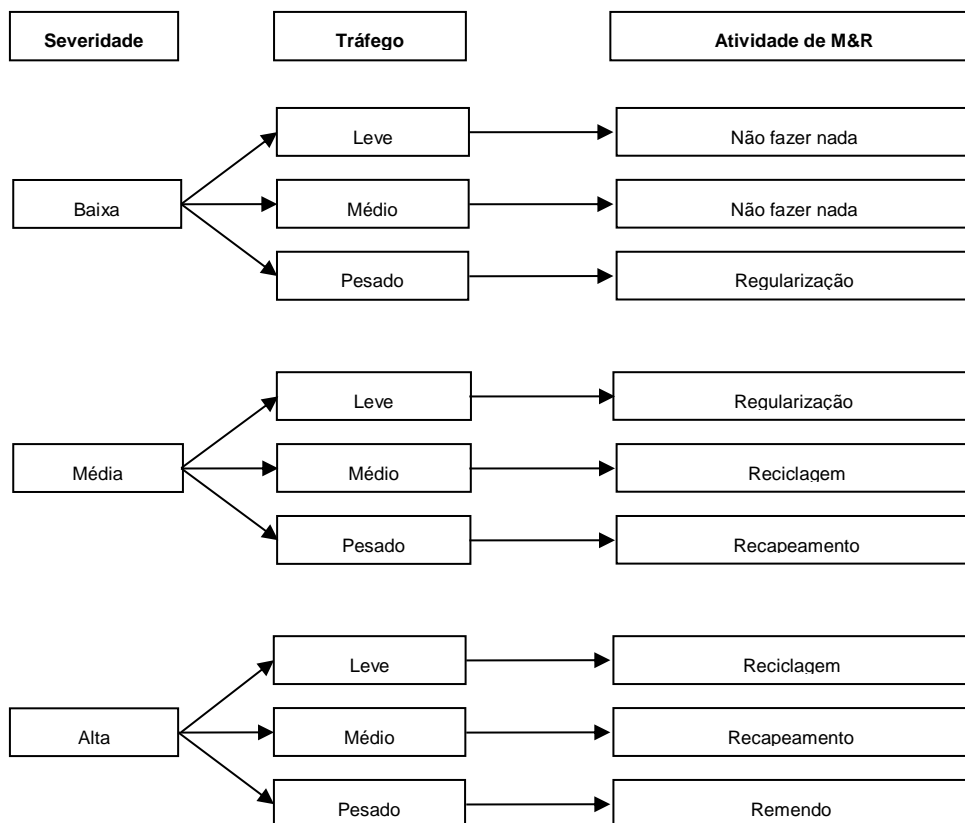


Figura 11 – Árvore de decisão para deformação permanente nas trilhas de roda

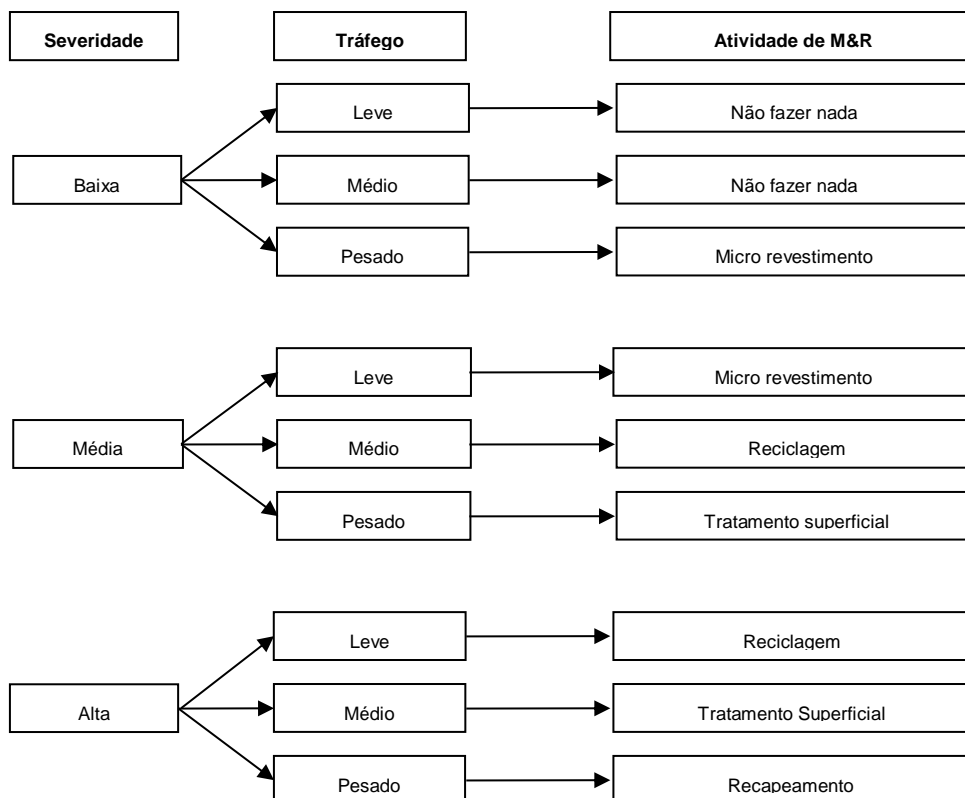


Figura 12 – Árvore de decisão para agregados polidos

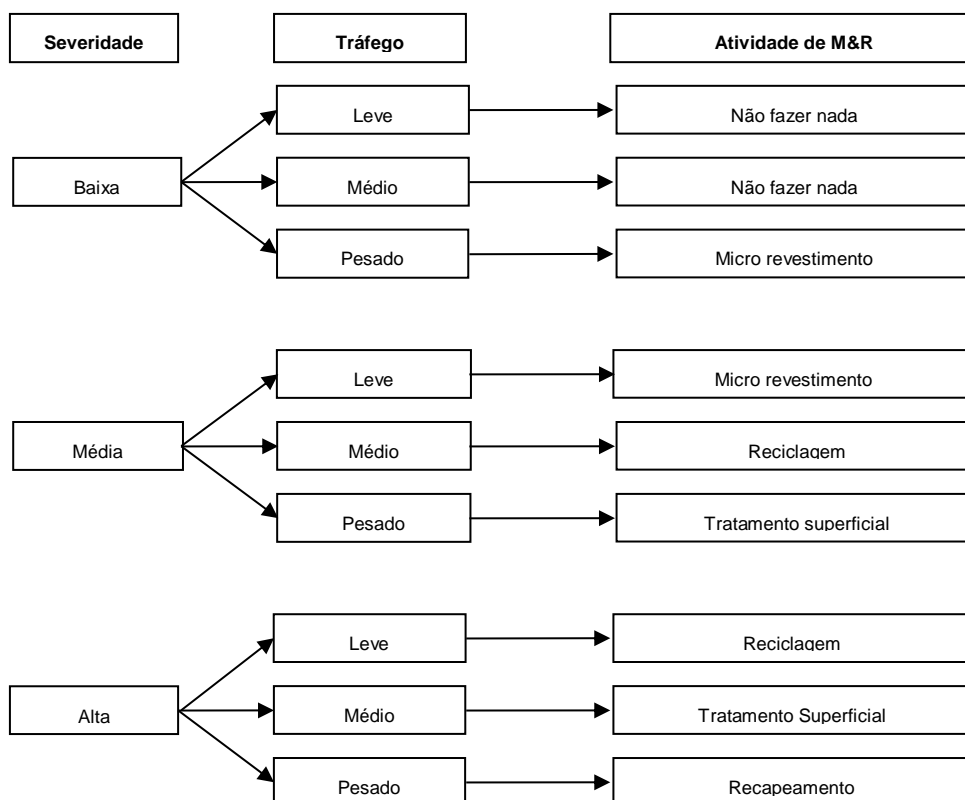
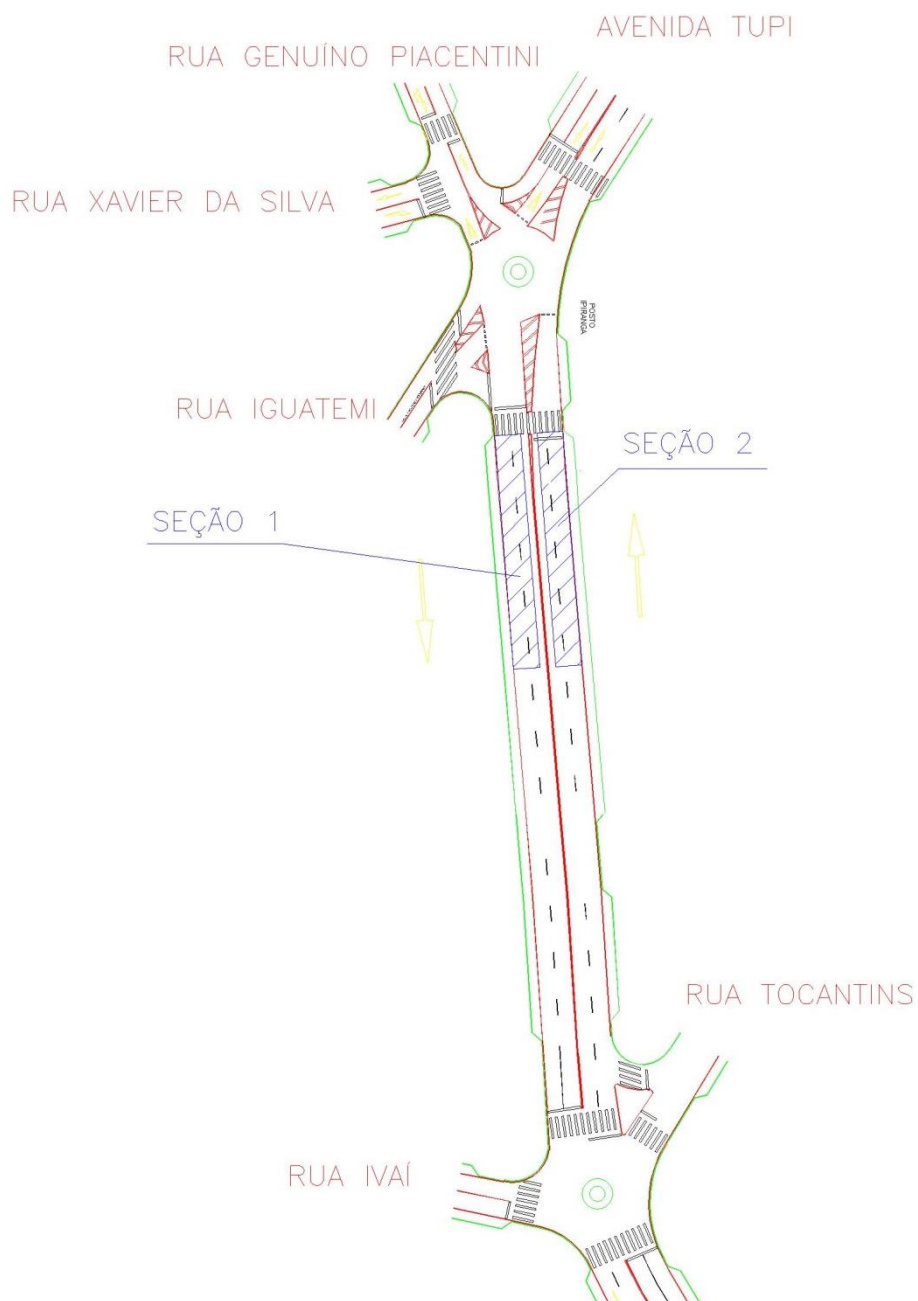
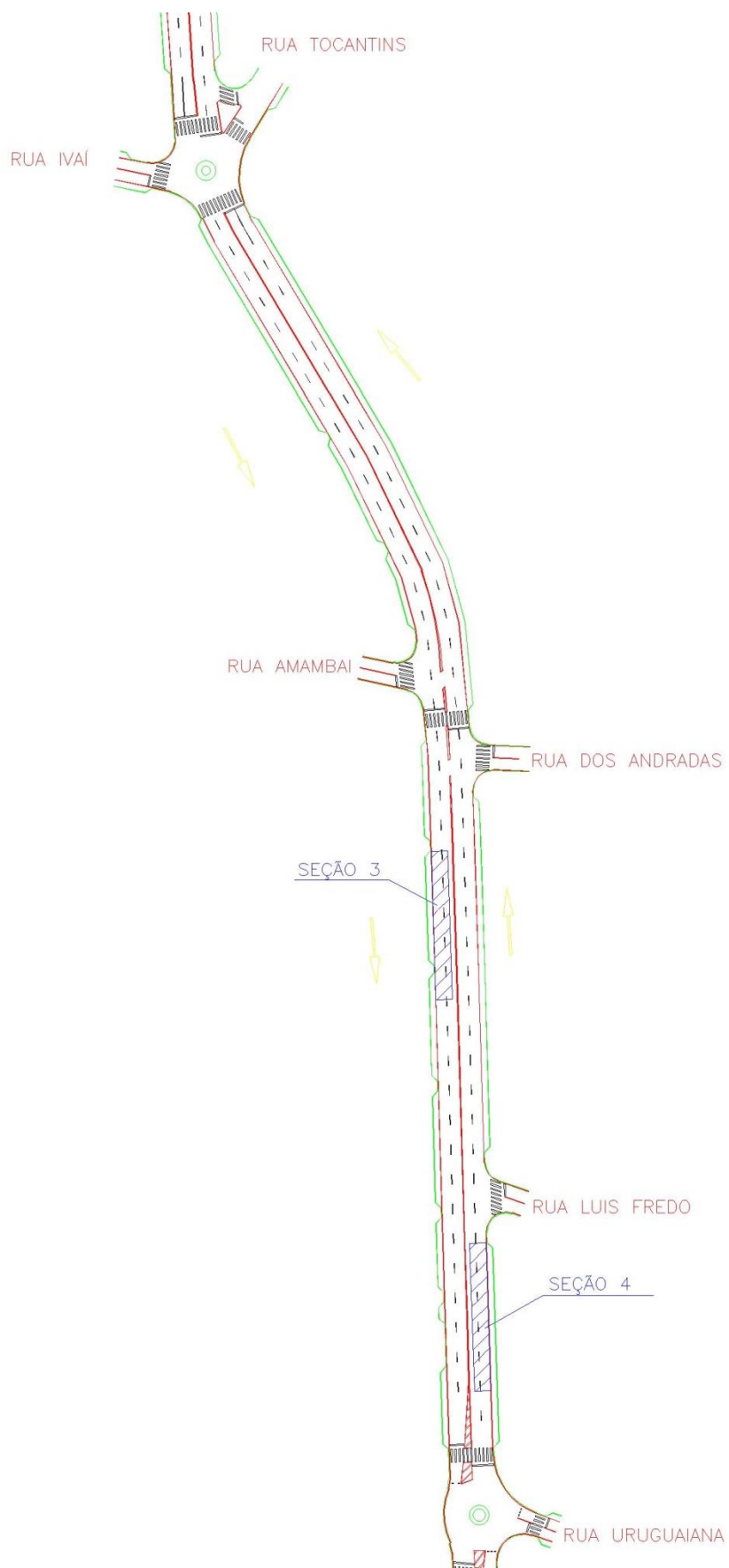
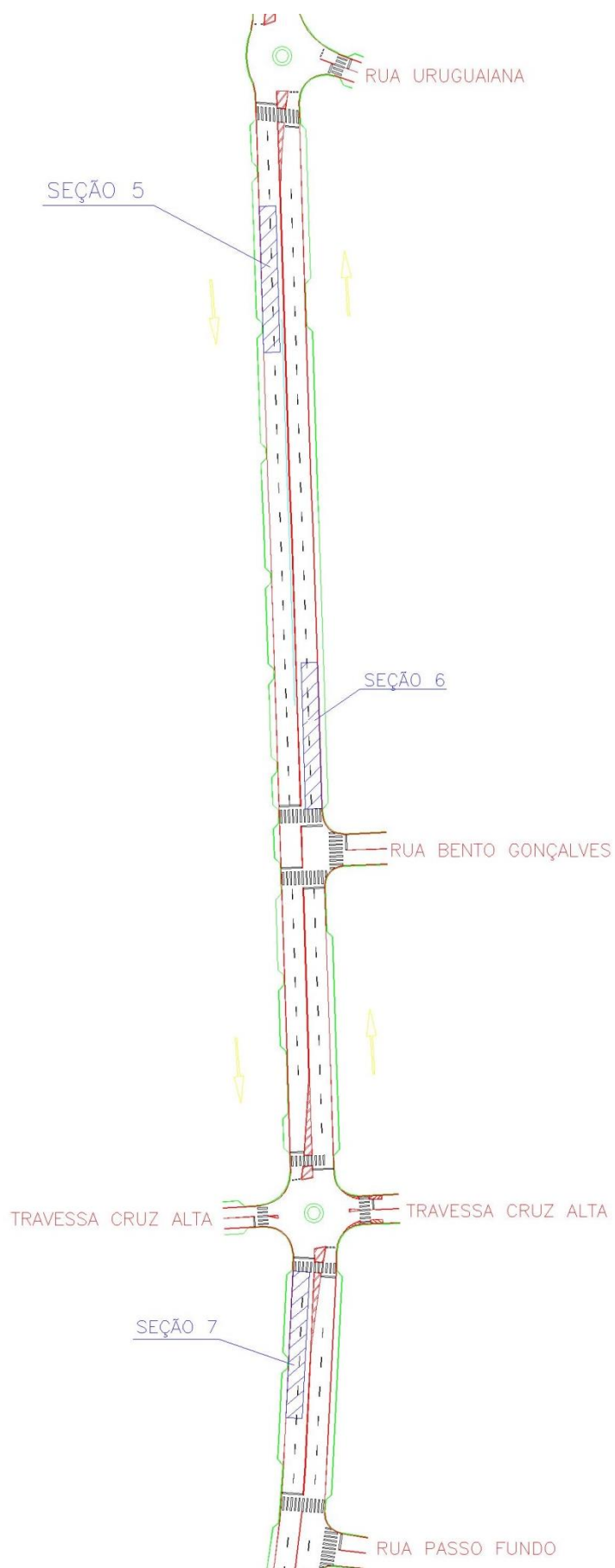
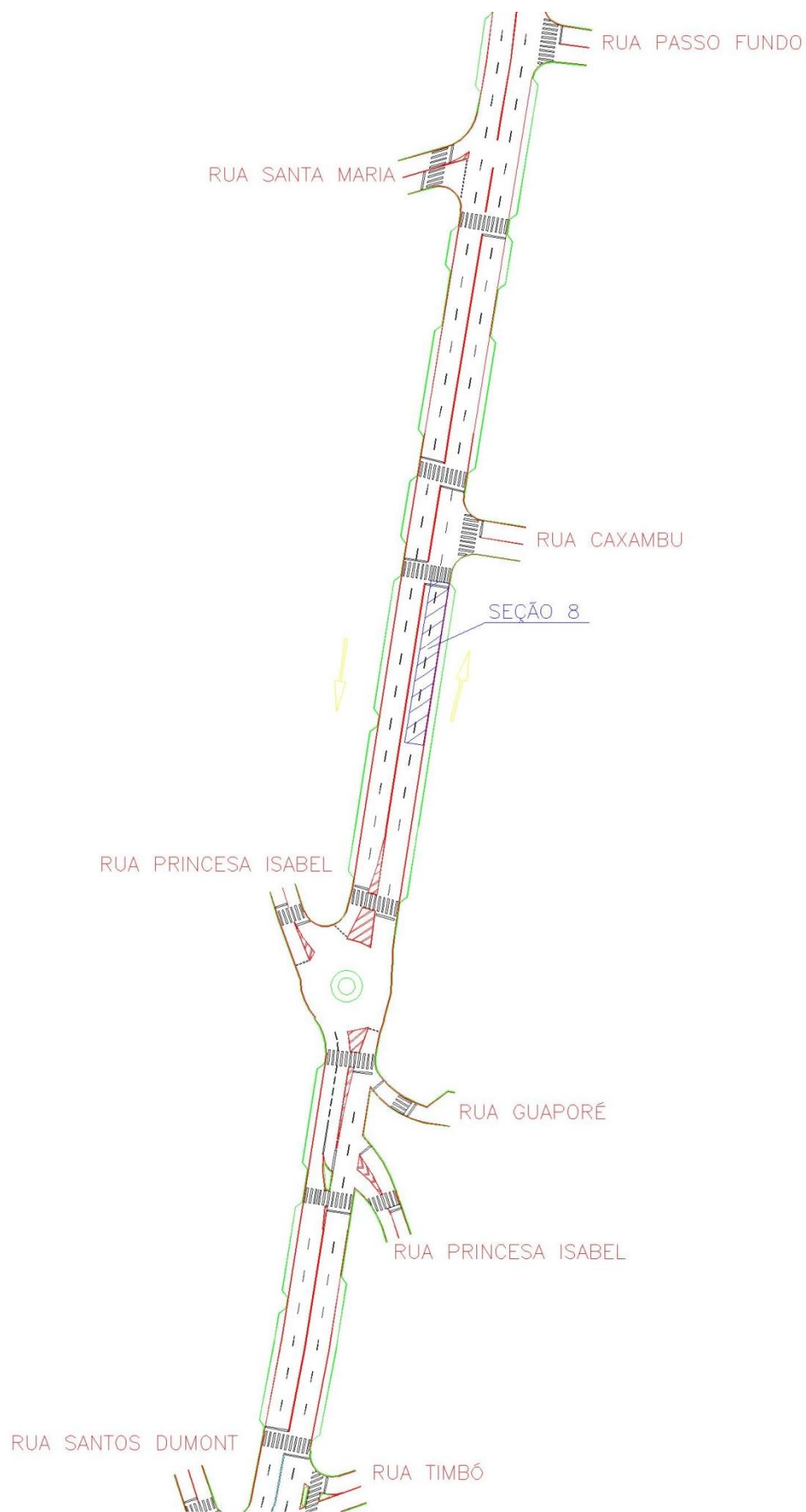


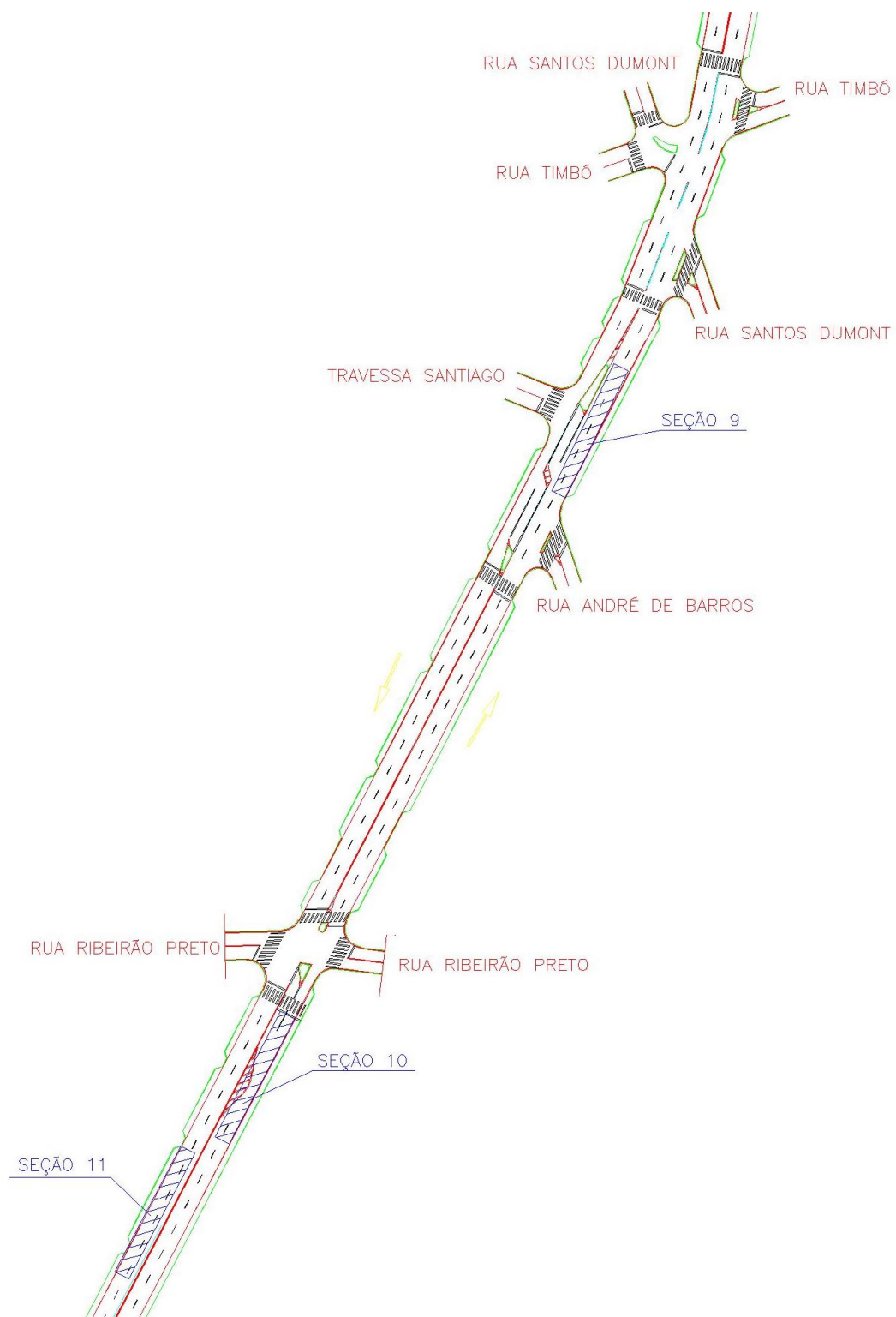
Figura 13 – Árvore de decisão para desgaste

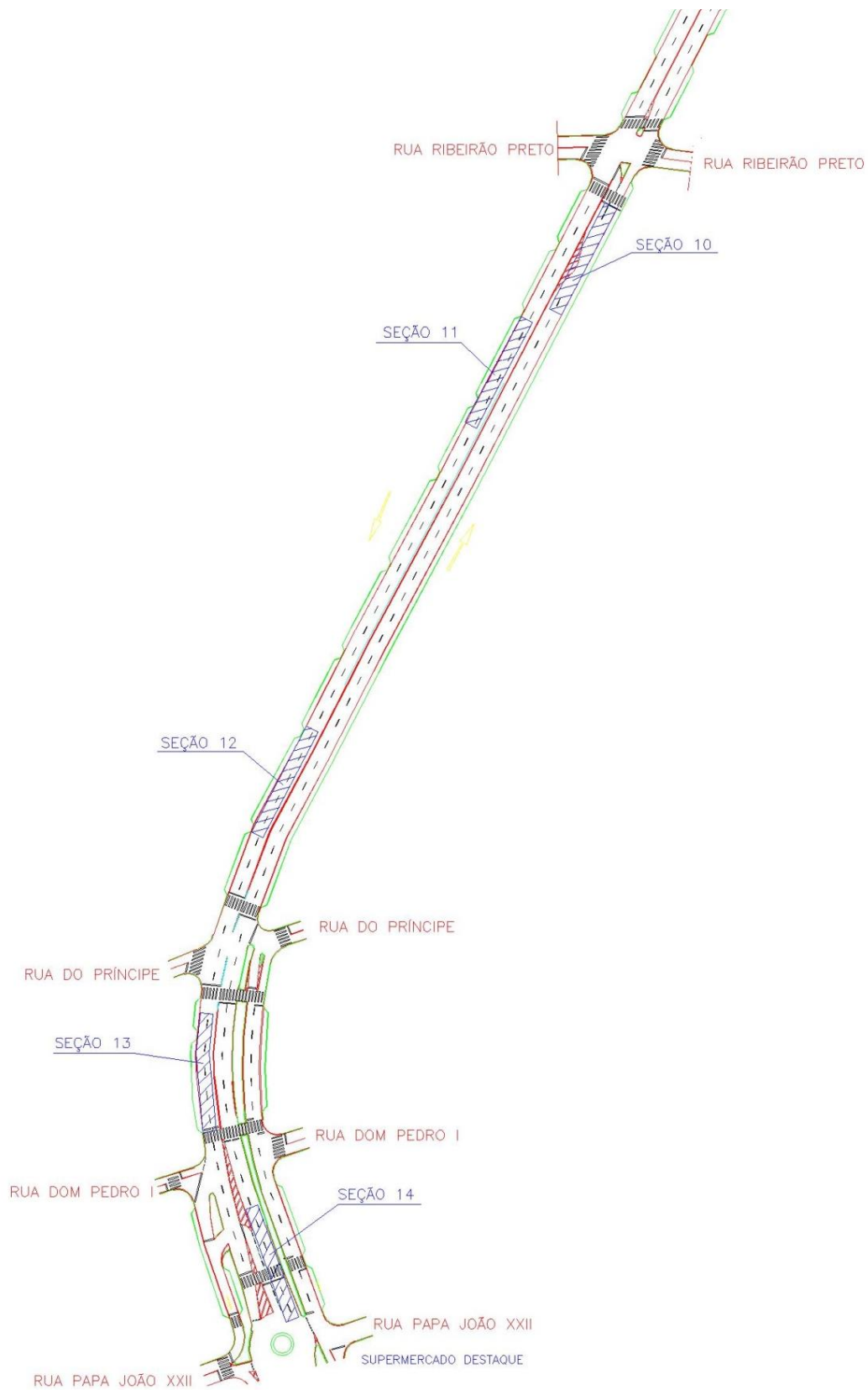
**APÊNDICE A – Localização das seções em estudo**









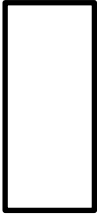




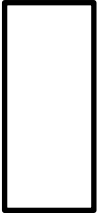
## APÊNDICE B – Exemplo de planilha de inspeção de campo pelo Método do PCI

PLANILHA DE INSPEÇÃO DE CAMPO																									
Via:	Seção:																								
Data:	Amostra nº:																								
Avaliador:	Área da amostra:																								
Tipo de Defeitos																									
1 Couro de Crocodilo	Área	11 Remendos	Área																						
2 Exsudação	Área	12 Agregados Polidos	Área																						
3 Fissuras em blocos	Área	13 Panelas	Unid.																						
4 Elevações Recalques	Metro	14 Cruzamento Ferroviário	Área																						
5 Corrugação	Área	15 Afundamento de Trilho de Roda	Área																						
6 Afundamento Localizado	Área	16 Escorregamento de Massa	Área																						
7 Fissuras de Borda	Metro	17 Fissuras Devido ao Escorregamento de Massa	Área																						
8 Fissuras por Reflexão de Juntas	Metro																								
9 Desnível de Pavimento/ Acostamento	Metro	18 Inchamento	Área																						
10 Fissuras Longitudinal e Transversal	Metro	19 Desgaste	Área																						
		<table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th colspan="4" style="text-align: center;">PANELAS</th> </tr> <tr> <th rowspan="2" style="text-align: center;">PROF.</th> <th rowspan="2" style="text-align: center;">Diâmetro (cm)</th> <th colspan="2" style="text-align: center;">Médio</th> </tr> <tr> <th style="text-align: center;">20 a 45</th> <th style="text-align: center;">45 a 76</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">1,2 a 2,5</td> <td style="text-align: center;">B</td> <td style="text-align: center;">B</td> <td style="text-align: center;">M</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">&gt;2,5 a 5,0</td> <td style="text-align: center;">B</td> <td style="text-align: center;">M</td> <td style="text-align: center;">A</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">&gt;5,0</td> <td style="text-align: center;">M</td> <td style="text-align: center;">M</td> <td style="text-align: center;">A</td> </tr> </tbody> </table>		PANELAS				PROF.	Diâmetro (cm)	Médio		20 a 45	45 a 76	1,2 a 2,5	B	B	M	>2,5 a 5,0	B	M	A	>5,0	M	M	A
PANELAS																									
PROF.	Diâmetro (cm)	Médio																							
		20 a 45	45 a 76																						
1,2 a 2,5	B	B	M																						
>2,5 a 5,0	B	M	A																						
>5,0	M	M	A																						

### APÊNDICE C – Planilha de cálculo do valor do PCI por seção

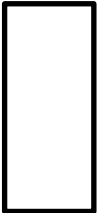
PLANILHA DE CÁLCULO DO VALOR DO PCI												
Via: Avenida Tupi						Seção: 1						
Data:						Amostra nº: 1						
Avaliador:						Área da Amostra: 225m <sup>2</sup>						
Tipos de Defeitos												
1	Couro de Crocodilo					11	Remendos					Esboço:  45m 5m
2	Exsudação					12	Agregados Polidos					
3	Fissuras em blocos					13	Panelas					
4	Elevações Recalques					14	Cruzamento Ferroviário					
5	Corrugação					15	Afundamento de Trilho de Roda					
6	Afundamento Localizado					16	Escorregamento de Massa					
7	Fissuras de Borda					17	Fissuras Devido ao Escorregamento de Massa					
8	Fissuras por Reflexão de Juntas					18	Inchamento					
9	Desnível de Pavimento/ Acostamento					19	Desgaste					
10	Fissuras Longitudinal e Transversal											
Tipos de Defeitos Existentes												
		11		19								
Área/ Extensão	Severidade	9,45	M	19,95	B							
		9,36	M	34,05	B							
Severidade	B			54								
	M	18,81										
	A											
Cálculo do PCI												
Tipo de Defeito		Densidade		Severidade		Valor de dedução		PCI = 100 – VDC				
11		8,36		M		28		100-25				
19		24		B		8		PCI = 75				

				Condições Pavimento: Muito bom	do
<b>Total de Dedução (VTD)</b>			36		
<b>Valor de Dedução Corrigido (VDC)</b>			25		

PLANILHA DE CÁLCULO DO VALOR DO PCI											
Via: Avenida Tupi					Seção: 2						
Data:					Amostra nº: 2						
Avaliador:					Área da Amostra: 225m <sup>2</sup>						
Tipos de Defeitos											
1	Couro de Crocodilo	11	Remendos	Esboço:  5m 45m							
2	Exsudação	12	Agregados Polidos								
3	Fissuras em blocos	13	Panelas								
4	Elevações Recalques	14	Cruzamento Ferroviário								
5	Corrugação	15	Afundamento de Trilho de Roda								
6	Afundamento Localizado	16	Escorregamento de Massa								
7	Fissuras de Borda	17	Fissuras Devido ao Escorregamento de Massa								
8	Fissuras por Reflexão de Juntas	18	Inchamento								
9	Desnível de Pavimento/ Acostamento	19	Desgaste								
10	Fissuras Longitudinal e Transversal										
Tipos de Defeitos Existentes											
Área/ Extensão	Severidade	19									
		90	B								
Severidade	B	90									
	M										
	A										
Cálculo do PCI											
Tipo de Defeito		Densidade	Severidade	Valor de dedução		PCI = 100 - VDC					
19		40	B	11		100-11					
						PCI = 89					

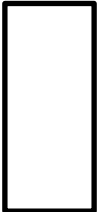
<b>Total de Dedução (VTD)</b>			11
<b>Valor de Dedução Corrigido (VDC)</b>			11

**Condições do Pavimento:**  
Excelente

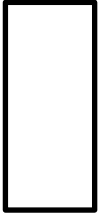
PLANILHA DE CÁLCULO DO VALOR DO PCI											
Via: Avenida Tupi						Seção: 3					
Data:						Amostra nº: 3					
Avaliador:						Área da Amostra: 225m <sup>2</sup>					
Tipos de Defeitos											
1	Couro de Crocodilo					11	Remendos				
2	Exsudação					12	Agregados Polidos				
3	Fissuras em blocos					13	Panelas				
4	Elevações Recalques					14	Cruzamento Ferroviário				
5	Corrugação					15	Afundamento de Trilho de Roda				
6	Afundamento Localizado					16	Escorregamento de Massa				
7	Fissuras de Borda					Fissuras Devido ao Escorregamento de					
8	Fissuras por Reflexão de Juntas					17	Massa				
9	Desnível de Pavimento/ Acostamento					18	Inchamento				
10	Fissuras Longitudinal e Transversal					19	Desgaste				
										Esboço:	
											45m
										5m	
Tipos de Defeitos Existentes											
Área/ Extensão	Severidade	19		6							
		10	M	2,4	M						
		17,6	M								
		65	B								
		6	M								
Severidade	B	65									
	M	33,6	2,4								
	A										
Cálculo do PCI											
Tipo de Defeito		Densidade	Severidade	Valor de dedução		<b>PCI = 100 - VDC</b> 100-34 PCI = 66					
19		28,89	B	10							
19		14,93	M	23							
6		1,07	M	24							

<b>Total de Dedução (VTD)</b>			57
<b>Valor de Dedução Corrigido (VDC)</b>			34

**Condições do Pavimento:**  
Bom

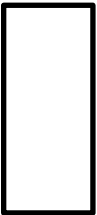
PLANILHA DE CÁLCULO DO VALOR DO PCI									
Via: Avenida Tupi					Seção: 4				
Data:					Amostra nº: 4				
Avaliador:					Área da Amostra: 225m <sup>2</sup>				
Tipos de Defeitos									
1	Couro de Crocodilo	11	Remendos	Esboço:  5m 45m					
2	Exsudação	12	Agregados Polidos						
3	Fissuras em blocos	13	Panelas						
4	Elevações Recalques	14	Cruzamento Ferroviário						
5	Corrugação	15	Afundamento de Trilho de Roda						
6	Afundamento Localizado	16	Escorregamento de Massa						
7	Fissuras de Borda	17	Fissuras Devido ao Escorregamento de Massa						
8	Fissuras por Reflexão de Juntas	18	Inchamento						
9	Desnível de Pavimento/ Acostamento	19	Desgaste						
10	Fissuras Longitudinal e Transversal								
Tipos de Defeitos Existentes									
Área/ Extensão	Severidade	10							
		2	M						
		3,2	A						
		3,2	A						
		0,8	A						
Severidade	B								
	M	2							
	A	7,2							
Cálculo do PCI									
Tipo de Defeito		Densidade	Severidade	Valor de dedução		<b>PCI = 100 - VDC</b> 100-19			
10		0,89	M	8					

10	3,2	A	21	PCI = 81  <b>Condições do Pavimento:</b> Muito bom
<b>Total de Dedução (VTD)</b>			29	
<b>Valor de Dedução Corrigido (VDC)</b>			19	

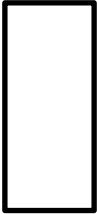
PLANILHA DE CÁLCULO DO VALOR DO PCI												
Via: Avenida Tupi						Seção: 5						
Data:						Amostra nº: 5						
Avaliador:						Área da Amostra: 225m <sup>2</sup>						
Tipos de Defeitos												
1	Couro de Crocodilo	11	Remendos	Esboço:  5m 45m								
2	Exsudação	12	Agregados Polidos									
3	Fissuras em blocos	13	Panelas									
4	Elevações Recalques	14	Cruzamento Ferroviário									
5	Corrugação	15	Afundamento de Trilho de Roda									
6	Afundamento Localizado	16	Escorregamento de Massa									
7	Fissuras de Borda	17	Fissuras Devido ao Escorregamento de Massa									
8	Fissuras por Reflexão de Juntas	18	Inchamento									
9	Desnível de Pavimento/ Acostamento	19	Desgaste									
10	Fissuras Longitudinal e Transversal											
Tipos de Defeitos Existentes												
		19		13								
Área/ Extensão	Severidade	224,04	B	0,96	B							
Severidade		B	224,04	0,96								
		M										
		A										
Cálculo do PCI												

Tipo de Defeito	Densidade	Severidade	Valor de dedução	PCI = 100 – VDC 100-45 PCI = 55
19	99,57	B	15	
13	0,43	B	46	
<b>Total de Dedução (VTD)</b>			61	
<b>Valor de Dedução Corrigido (VDC)</b>			45	

**Condições do Pavimento:**  
Médio

PLANILHA DE CÁLCULO DO VALOR DO PCI											
Via: Avenida Tupi					Seção: 6						
Data:					Amostra nº: 6						
Avaliador:					Área da Amostra: 225m <sup>2</sup>						
Tipos de Defeitos											
1	Couro de Crocodilo				11	Remendos				Esboço:  45m 5m	
2	Exsudação				12	Agregados Polidos					
3	Fissuras em blocos				13	Painéis					
4	Elevações Recalques				14	Cruzamento Ferroviário					
5	Corrugação				15	Afundamento de Trilho de Roda					
6	Afundamento Localizado				16	Escorregamento de Massa					
7	Fissuras de Borda				Fissuras Devido ao Escorregamento de Massa						
8	Fissuras por Reflexão de Juntas				17	Massa					
9	Desnível de Pavimento/ Acostamento				18	Inchamento					
10	Fissuras Longitudinal e Transversal				19	Desgaste					
Tipos de Defeitos Existentes											
Área/ Extensão	Severidade	10		13		19					
		16,5	M	0,09	B	39	B				
		4,0	A								
Severidade	B	0,09		39							
	M	16,5									
	A	4,0									

Cálculo do PCI				
Tipo de Defeito	Densidade	Severidade	Valor de dedução	PCI = 100 - VDC 100-39 PCI = 61
10	7,33	M	28	
10	1,78	A	24	
13	0,04	B	12	
19	17,33	B	7	
				<b>Condições do Pavimento:</b> Bom
<b>Total de Dedução (VTD)</b>			71	
<b>Valor de Dedução Corrigido (VDC)</b>			39	

PLANILHA DE CÁLCULO DO VALOR DO PCI											
Via: Avenida Tupi					Seção: 7						
Data:					Amostra nº: 7						
Avaliador:					Área da Amostra: 225m <sup>2</sup>						
Tipos de Defeitos											
1	Couro de Crocodilo				11	Remendos				Esboço:  45m 5m	
2	Exsudação				12	Agregados Polidos					
3	Fissuras em blocos				13	Panelas					
4	Elevações Recalques				14	Cruzamento Ferroviário					
5	Corrugação				15	Afundamento de Trilho de Roda					
6	Afundamento Localizado				16	Escorregamento de Massa					
7	Fissuras de Borda				17	Fissuras Devido ao Escorregamento de Massa					
8	Fissuras por Reflexão de Juntas				18	Inchamento					
9	Desnível de Pavimento/ Acostamento				19	Desgaste					
10	Fissuras Longitudinal e Transversal										
Tipos de Defeitos Existentes											
Área/ Extensão	Severidade	10									
		0,6	B								
		Severidade	B	0,6							





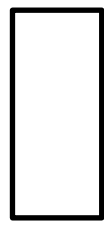








Severidade	B																	
	M																	
	A	23,19	0,12															
<b>Cálculo do PCI</b>																		
Tipo de Defeito					Densidade	Severidade	Valor de dedução	<b>PCI = 100 - VDC</b>										
10					10,31	A	62	100-52										
11					0,05	A	15	PCI = 48										
								<b>Condições do Pavimento:</b>  Médio										
<b>Total de Dedução (VTD)</b>							77											
<b>Valor de Dedução Corrigido (VDC)</b>							52											

PLANILHA DE CÁLCULO DO VALOR DO PCI						
Via: Avenida Tupi				Seção: 13		
Data:				Amostra nº: 13		
Avaliador:				Área da Amostra: 225m <sup>2</sup>		
Tipos de Defeitos						
1	Couro de Crocodilo	11	Remendos			Esboço:  45m 5m
2	Exsudação	12	Agregados Polidos			
3	Fissuras em blocos	13	Paneas			
4	Elevações Recalques	14	Cruzamento Ferroviário			
5	Corrugação	15	Afundamento de Trilho de Roda			
6	Afundamento Localizado	16	Escorregamento de Massa			
7	Fissuras de Borda	17	Fissuras Devido ao Escorregamento de Massa			
8	Fissuras por Reflexão de Juntas	18	Inchamento			
9	Desnível de Pavimento/Acostamento	19	Desgaste			
10	Fissuras Longitudinal e Transversal					
Tipos de Defeitos Existentes						
	10	19				

Área/ Extensão	Severidade	2	A	0,28	B																	
		1	M																			
		0,4	B																			
		0,24	B																			
Severidade	B	0,64	0,28																			
	M	1																				
	A	2																				

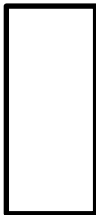
Cálculo do PCI			
Tipo de Defeito	Densidade	Severidade	Valor de dedução
10	0,89	A	18
10	0,44	M	2
10	0,28	B	1
19	0,12	B	2
<b>Total de Dedução (VTD)</b>			23
<b>Valor de Dedução Corrigido (VDC)</b>			10

**PCI = 100 - VDC**  
100-10  
PCI = 90

**Condições do Pavimento:**  
Excelente

PLANILHA DE CÁLCULO DO VALOR DO PCI			
Via: Avenida Tupi		Seção: 14	
Data:		Amostra nº: 14	
Avaliador:		Área da Amostra: 225m <sup>2</sup>	
Tipos de Defeitos			
1	Couro de Crocodilo	11	Remendos
2	Exsudação	12	Agregados Polidos
3	Fissuras em blocos	13	Panelas
4	Elevações Recalques	14	Cruzamento Ferroviário
5	Corrugação	15	Afundamento de Trilho de Roda
6	Afundamento Localizado	16	Escorregamento de Massa
7	Fissuras de Borda	17	Fissuras Devido ao Escorregamento de Massa
8	Fissuras por Reflexão de Juntas	18	Inchamento
9	Desnível de Pavimento/ Acostamento	19	Desgaste
10	Fissuras Longitudinal e Transversal		

Esboço:


















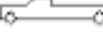










5m  
45m














Tipos de Defeitos Existentes												
		10		11		16						
Área/ Extensão	Severidade	17,6	A	8	B	0,8	A					
		21	A									
		24	B									
Severidade	B	24		8								
	M											
	A	38,5				0,8						
Cálculo do PCI												
Tipo de Defeito		Densidade	Severidade	Valor de dedução		<b>PCI = 100 – VDC</b> 100-65 PCI = 35  <b>Condições do Pavimento:</b>  Ruim						
10		17,11	A	75								
10		10,67	B	19								
11		3,56	B	8								
16		0,36	A	10								
<b>Total de Dedução (VTD)</b>				112								
<b>Valor de Dedução Corrigido (VDC)</b>				65								














## APÊNDICE D – Contagem de tráfego



CONTAGEM DE TRÁFEGO		Via: Avenida Tupi			Trecho:					Sentido: Centro - Bairro					Data: 23/09	
Tipo	Classificação	Configuração	7:00 / 8:00	8:00 / 9:00	9:00 / 10:00	10:00 / 11:00	11:00 / 12:00	12:00 / 13:00	13:00 / 14:00	14:00 / 15:00	15:00 / 16:00	16:00 / 17:00	17:00 / 18:00	18:00 / 19:00	Total	
Automóvel	2C		392	411	450	433	574	522	513	482	455	599	685	514	6030	
Ônibus	2C		11	6	7	9	9	13	12	7	8	8	12	11	113	
Utilitário	2C		9	9	10	8	7	1	1	6	8	3	5	6	73	
Caminhão	2C		8	13	23	14	32	10	8	13	25	20	14	9	189	
	3C		5	5	5	5	8	2	5	2	3	3		1	44	
	4C		1	1	1	1	1			1					6	
Semi-reboque	251		1		1	2						2			6	
	252		1		1	2						2			6	
	253															
	352											1			1	
	353		1								1	1			3	
Reboque	2C2															
	2C3															
Total (Automóveis/Utilitários - Veículo leve)			6103			Total (Ônibus/ Reboque e Semi-reboque)					368					

CONTAGEM DE TRÁFEGO			Vis: Avenida Tupi			Trecho:				Sentido: Bairro - Centro				Data: 23/09	
Tipo	Classificação	Configuração	7:00 / 8:00	8:00 / 9:00	9:00 / 10:00	10:00 / 11:00	11:00 / 12:00	12:00 / 13:00	13:00 / 14:00	14:00 / 15:00	15:00 / 16:00	16:00 / 17:00	17:00 / 18:00	18:00 / 19:00	Total
Automóvel	2C		738	570	495	480	494	473	724	345	340	587	635	560	6441
Ônibus	2C		22	10	6	8	14	6	13	7	7	7	11	12	123
Utilitário	2C		12	15	6	7	4	3	8	3	6	5	5	7	81
Caminhão	2C		12	17	25	16	23	9	13	10	18	23	24	6	196
	3C		6	6	6	6	5	1	6	6	6	3			51
	4C						1								1
Semi-reboque	251			1	1	2	1					2			7
	252										1				1
	253						1	1							2
	352														
	353		1		1		1								3
Reboque	2C2														
	2C3														
Total (Automóveis/Utilitários - Veículo leve)			6522			Total (Ônibus/ Reboque e Semi-reboque)				384					

CONTAGEM DE TRÁFEGO			Via: Avenida Tupi			Trecho:				Sentido: Centro - Bairro				Data: 04/10	
Tipologia	Classificação	Configuração	7:00 / 8:00	8:00 / 9:00	9:00 / 10:00	10:00 / 11:00	11:00 / 12:00	12:00 / 13:00	13:00 / 14:00	14:00 / 15:00	15:00 / 16:00	16:00 / 17:00	17:00 / 18:00	18:00 / 19:00	Total
Automóvel	2C		334	373	440	308	617	380	610	571	554	510	661	693	6451
Ônibus	2C		20	6	6	7	12	12	17	7	8	12	14	12	133
Utilitário	2C		5	6	4	11	9	2	7	5	8	8	13	3	81
Caminhão	2C		8	9	26	19	24	8	12	12	16	15	16	10	175
	3C		5	2	4	3	3	2	2	2	4	3	4	2	36
	4C													1	1
Semi-reboque	251														
	252						1		1					1	3
	253														
	352													1	1
	353			2			1			1	1	1			6
Reboque	2C2														0
	2C3														
Total (Automóveis/Utilitários - Veículo leve)			6532			Total (Ônibus/ Reboque e Semi-reboque)				355					

CONTAGEM DE TRÁFEGO		Via: Avenida Tupi				Trecho:				Sentido: Bairro - Centro				Data: 04/10	
Automóvel Tipo	Classificação	Configuração	7:00 / 8:00	8:00 / 9:00	9:00 / 10:00	10:00 / 11:00	11:00 / 12:00	12:00 / 13:00	13:00 / 14:00	14:00 / 15:00	15:00 / 16:00	16:00 / 17:00	17:00 / 18:00	18:00 / 19:00	Total
Automóvel	2C		673	540	458	418	434	512	783	544	432	454	551	637	6436
Ônibus	2C		14	13	6	4	10	10	14	8	7	5	11	20	122
Utilitário	2C		4	8	6	7	6	5	5	8	8	8	10	19	94
Cominhão	2C		19	10	21	19	10	13	17	11	15	24	15	3	177
	3C		5	2		2	6		4	1	2	2	3	2	29
	4C						1								1
Semi-reboque	2S1													1	1
	2S2											1	2	1	4
	2S3					1									1
	3S2														
	3S3		1								1			1	3
Reboque	2C2														
	2C3														
Total (Automóveis/Utilitários - Veículo leve)			6530			Total (Ônibus/ Reboque e Semi-reboque)						338			