

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

**ANÁLISE DE PARÂMETROS QUE AFETAM A AVALIAÇÃO SUBJETIVA  
DE PAVIMENTOS CICLOVIÁRIOS: UM ESTUDO DE CASO EM  
CICLOVIAS DO DISTRITO FEDERAL**

**CLARISSE ROCHA FERREIRA**

**ORIENTADOR: PROF. DR. RICARDO OLIVEIRA DE SOUZA**

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO EM TRANSPORTES**

**PUBLICAÇÃO:T-DM 003-A/2007**

**BRASÍLIA/DF: JULHO DE 2007**

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

**ANÁLISE DE PARÂMETROS QUE AFETAM A AVALIAÇÃO SUBJETIVA**  
**DE PAVIMENTOS CICLOVIÁRIOS: UM ESTUDO DE CASO EM**  
**CICLOVIAS DO DISTRITO FEDERAL**

**CLARISSE ROCHA FERREIRA**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO SUBMETIDA AO DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL DA FACULDADE DE TECNOLOGIA DA UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA, COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE.

**APROVADA POR:**

---

RICARDO OLIVEIRA DE SOUZA, Dr, (UnB)  
(orientador)

---

PASTOR WILLY GONZALES TACO, Dr, (UnB)  
(examinador interno)

---

SUELY DA PENHA SANCHES, Dra, (UFSCAR)  
(examinadora externa)

## FICHA CATALOGRÁFICA

FERREIRA, CLARISSE ROCHA

FXXXd Análise de parâmetros que afetam a avaliação subjetiva de pavimentos cicloviários: um estudo de caso em ciclovias do Distrito Federal / Clarisse Rocha Ferreira – Brasília, 2007.

2007, 125p, 210x297 mm (ENC/FT/UnB, Mestre, Transportes Urbanos, 2007 ).

Dissertação de Mestrado – Departamento de Engenharia Civil e Ambiental – Faculdade de Tecnologia – Universidade de Brasília, 2007.

Área: Transportes

Orientador: Prof. Dr. Ricardo Oliveira de Souza

- |                                |                           |
|--------------------------------|---------------------------|
| 1. Pavimentação                | 2. Gerência de Pavimentos |
| 3. Irregularidade Longitudinal | 4. Sistema Cicloviário    |

I. ENC/FT/UnB

II. Título (série)

## REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

FERREIRA, C.R. (2007). Análise de Parâmetros que Afetam a Avaliação Subjetiva de Pavimentos Cicloviários: Um estudo de Caso em Ciclovias do Distrito Federal Dissertação de Mestrado, Publicação T. DM-003A/2007, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília p.

## CESSÃO DE DIREITOS

NOME DO AUTOR: Clarisse Rocha Ferreira

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: Análise de parâmetros que afetam a avaliação subjetiva de pavimentos cicloviários: um estudo de caso em ciclovias do Distrito Federal

GRAU/ANO: Mestre / 2007.

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

---

Clarisse Rocha Ferreira

Endereço: Quadra 06 Conjunto E Casa 14.

73.025-065 Sobradinho – DF– Brasil.

Aos meus pais, Valderina e Afonso

A todos os meus amigos com muito carinho.

Aos meus professores, que me deram conselhos e  
incentivos, essenciais à minha realização profissional e  
humana.



## **AGRADECIMENTOS**

Este estudo resultou de um somatório de contribuições, todas úteis e bem vindas, as quais ajudaram a superar obstáculos de uma jornada que se mostrava difícil e, em alguns momentos, quase impossível. Diante disso, presto aqui homenagem aos incentivadores e colaboradores dessa dissertação.

Primeiramente a Deus, por tudo que me foi ofertado.

Aos meus pais, que sempre me deram tudo que preciso e pela paciência que tiveram, principalmente nesse final.

Ao meu irmão, pela colaboração.

Aos meus companheiros e chefe da CAIXA, pela compreensão.

Aos meus colegas de mestrado e amigos, pelo companheirismo e por tudo o que passamos juntos.

A minha amiga-irmã, Gabrielle dos Anjos Curcino, pelo apoio incondicional até o fim.

Aos meus professores do PPGT, que tanto contribuíram para minha formação.

Ao professor Ricardo Oliveira de Souza, pelo auxílio acadêmico, colaboração, incentivo e contribuições que sempre fez para este trabalho.

Aos professores Pastor e Suely, por aceitarem o convite em participar da banca examinadora.

## **RESUMO**

### **ANÁLISE DE PARÂMETROS QUE AFETAM A AVALIAÇÃO SUBJETIVA DE PAVIMENTOS CICLOVIÁRIOS: UM ESTUDO DE CASO EM CICLOVIAS DO DISTRITO FEDERAL**

Os pavimentos podem ser avaliados mediante levantamentos objetivos e/ou subjetivos, ou ainda por meio de uma combinação de ambos. Os levantamentos subjetivos, baseados na opinião de técnicos da área de pavimentação, constituem uma forma simples e barata para aferição da qualidade de rolamento (ou conforto) oferecido por um dado pavimento. Este trabalho apresenta um estudo de caso no qual analisa-se a qualidade de rolamento de alguns pavimentos cicloviários do Distrito Federal mediante levantamentos subjetivos. Foram selecionadas quatro ciclovias e em cada caso, identificados trechos com 50 metros de extensão, que apresentassem respectivamente revestimento em estado excelente, bom, regular e ruim. Em três casos, o revestimento era constituído por mistura asfáltica e na outra situação, o revestimento era formado por pedras regulares. Utilizando-se uma amostra contendo 26 ciclistas, instruiu-se os participantes a percorrem cada trecho selecionado à velocidades de 10 km/h, 15 km/h e 20 km/h, respectivamente. Além da velocidade, também avaliou-se a influência da pressão de inflação dos pneus (20 psi e 40 psi) e o tipo de pneu utilizado (fino ou largo). Após o deslocamento em cada trecho o participante preencheu um questionário informando numa escala de zero (péssimo) a cinco (excelente) sua percepção quanto ao conforto oferecido pelo pavimento e se aquele pavimento seria aceitável em termos de conforto oferecido ao usuário. Além disso, o questionário também coletou informações quanto às características do usuário (peso, altura, frequência com que pedala, propósito quando pedala e distância percorrida quando pedala, entre outros). A partir dessas informações foram desenvolvidas análises estatísticas a fim de identificar quais os parâmetros independentes apresentavam correlação estatística com a percepção de conforto dos participantes. Mediante análises de regressão múltipla, constatou-se que a velocidade foi a variável que mais contribuiu nos modelos determinados, sendo na maioria dos casos o parâmetro preponderante. A altura foi a segunda variável que mais contribuiu nos modelos estatísticos. O tipo de pneu e pressão de inflação também contribuíram em todos os modelos, porém em menor porcentagem.

## **ABSTRACT**

### **ANALYSIS OF PARAMETERS INFLUENCING SUBJECTIVE EVALUATION ON PAVEMENT CYCLEWAYS: A CASE STUDY ON CYCLEWAYS IN FEDERAL DISTRICT – BRAZIL**

The evaluation of pavements may be performed through objective, subjective or combining both types of measurement. The subjective measurements, based on the opinion of pavement technicians, constitute an easy and cheap procedure to check the ride quality (comfort) of pavements. This research presents a case study developed on selected cycleways located in Federal District - Brazil, where subjective measurements were accomplished. The study chose four cycleways and for each cycleway, some pavement stretches with a 50 meter length were selected. These pavement sections presented excellent, good, fair and poor surface condition, respectively. The pavement surface on three cycleways was built with asphalt mixture, whereas the other one, built with small paving-stone. Considering a sample with 26 cyclists, these participants were asked to ride over every stretch at a speed of 10 km/h, 15 km/h and 20 km/h, respectively. Further, besides the change of speed, the study evaluated the influence of tire inflation pressure (20 psi and 40 psi) as well as the type of tire used (slim or fat). After riding the pavement section, the participant filled a questionnaire informing in a scale ranging from zero (poor) to five (excellent) the ride comfort perceived during the ride as well as telling if that stretch would be acceptable in terms of comfort offered to user. The questionnaire also collected data about cyclist characteristics (weight, height, riding frequency, purpose when riding and distance traveled when riding). From these data, statistical analyses were accomplished in order to determine which independent parameters presented statistical correlation with the cyclists feeling of comfort. By means of analyses of multiple regression, one evidenced that the speed was the variable that more contributed in the determined models, being in the majority of the cases the preponderant parameter. The height was the second variable that more contributed in the statistical models. The type of tire and pressure of inflation had also contributed in all the models, however in lesser percentage.



# SUMÁRIO

|  |           |
|--|-----------|
| <b>1 – INTRODUÇÃO.....</b>   | <b>1</b>  |
| 1.1 – APRESENTAÇÃO.....  | 1         |
| 1.2 – CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA.....                                | 2         |
| 1.3 – JUSTIFICATIVA.....   | 4         |
| 1.4 – HIPÓTESE.....  | 5         |
| 1.5 – OBJETIVOS.....   | 6         |
| 1.6 – ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO.....                                  | 7         |
| <br>   |           |
| <b>2 – O SISTEMA CICLOVIÁRIO BRASILEIRO.....</b>                     | <b>9</b>  |
| 2.1 – HISTÓRICO.....   | 9         |
| 2.1.1 – O Uso da Bicicleta no Contexto Internacional e Nacional..... | 10        |
| 2.1.2 – Vias para Bicicletas.....                                    | 13        |
| 2.1.2.1 – Ciclovias.....   | 13        |
| 2.1.2.2 – Ciclofaixas.....   | 15        |
| 2.1.2.3 – Faixas Compartilhadas.....                                 | 16        |
| 2.1.2.4 – Ciclorotas ou Rotas para Bicicletas.....                   | 16        |
| 2.2 – PERCEPÇÃO DO CICLISTA.....                                     | 16        |
| 2.2.1 – Ciclistas.....   | 16        |
| 2.2.2 – Características do Ciclista.....                             | 17        |
| 2.2.2.1 – Sexo.....  | 18        |
| 2.2.2.2 – Idade.....   | 18        |
| 2.2.2.3 – Ocupação.....  | 18        |
| 2.2.3 – Fatores que Interferem no Percurso Cicloviário.....          | 18        |
| 2.2.3.1 – Segurança.....   | 19        |
| 2.2.3.2 – Aceitabilidade Social.....                                 | 19        |
| 2.2.3.3 – Clima e Condições Meteorológicas.....                      | 20        |
| 2.2.3.4 – Topografia.....  | 21        |
| 2.2.3.5 – Características da Infra-Estrutura para Bicicletas.....    | 21        |
| 2.3 – TÓPICOS CONCLUSIVOS.....                                       | 22        |
| <br>   |           |
| <b>3 – PAVIMENTOS CICLOVIÁRIOS.....</b>                              | <b>23</b> |
| 3.1 – PROJETO GEOMÉTRICO.....  | 23        |
| 3.2 – DIMENSÕES GEOMÉTRICAS DA CICLOVIA.....                         | 23        |
| 3.2.1 – Espaço Útil do Ciclista.....                                 | 24        |
| 3.2.2 – Ciclovias.....   | 24        |
| 3.2.3 – Característica das Ciclovias.....                            | 25        |
| 3.3 – PAVIMENTAÇÃO DE CICLOVIAS.....                                 | 27        |
| 3.3.1 – Tipos de Pavimentos Cicloviários.....                        | 30        |
| 3.3.1.1 – Pavimentos à Base de Concreto.....                         | 30        |
| 3.3.1.2 – Pavimentos Betuminosos.....                                | 33        |
| 3.3.1.3 – Rochas Rudimentares.....                                   | 34        |
| 3.3.1.4 – Outros tipos de Pavimentos.....                            | 36        |
| 3.4 – DEFEITOS EM PAVIMENTOS.....                                    | 36        |
| 3.4.1 – Trincas.....   | 37        |
| 3.4.2 – Afundamentos nas Trilhas de Roda.....                        | 39        |
| 3.4.3 – Panelas.....   | 40        |
| 3.4.4 – Remendos.....  | 40        |

|  |           |
|--|-----------|
| 3.4.5 – Desgaste.....  | 41        |
| 3.4.6 – Ondulação/Corrugação.....  | 41        |
| 3.4.7 – Escorregamento do Revestimento.....  | 41        |
| 3.4.8 – Exsudação.....   | 42        |
| 3.4.9 – Irregularidade Longitudinal.....   | 42        |
| 3.5 – GERÊNCIA DE PAVIMENTOS.....  | 47        |
| 3.6 – AVALIAÇÃO DE PAVIMENTOS.....   | 49        |
| 3.6.1 – Índices de Avaliação.....  | 50        |
| 3.6.1.1 – Avaliação Objetiva de Pavimentos.....  | 50        |
| 3.6.1.2 – Avaliação Subjetiva de Pavimentos.....   | 52        |
| 3.6.1.3 – Análise Subjetiva de Pavimentos Ciclovários.....   | 54        |
| 3.7 – TÓPICOS CONCLUSIVOS.....   | 57        |
| <br>   |           |
| <b>4 – METODOLOGIA PARA ANÁLISE DE PARÂMETROS QUE AFETAM A AVALIAÇÃO SUBJETIVA DE CICLISTAS.....</b> | <b>58</b> |
| 4.1 – INTRODUÇÃO.....  | 58        |
| 4.2 – ESTRUTURA METODOLÓGICA.....  | 59        |
| 4.3 – ETAPAS.....  | 61        |
| 4.3.1 – Contextualização e Caracterização dos Aspectos Físicos da Ciclovía...                        | 61        |
| 4.3.2 – Identificação dos Parâmetros Relevantes na Avaliação Subjetiva.....                          | 61        |
| 4.3.2.1 – Diagnóstico (identificação) dos Trechos de Teste.....                                      | 61        |
| 4.3.2.2 – Amostra de Ciclistas Voluntários.....  | 61        |
| 4.3.2.3 – Aplicação dos Testes.....  | 63        |
| 4.3.3 – Análise Estatística.....   | 64        |
| 4.4 – REGRESSÃO LINEAR.....  | 64        |
| 4.4.1 – Introdução.....  | 64        |
| 4.4.2 – Médias e Variâncias.....   | 67        |
| 4.4.3 – Modelização para Variáveis Não-Numéricas.....  | 68        |
| 4.4.4 – Multicolinearidade.....  | 68        |
| 4.4.5 – Coeficiente de Determinação ( $R^2$ ).....   | 69        |
| 4.5 – TÓPICOS CONCLUSIVOS.....   | 70        |
| <br>   |           |
| <b>5 – ESTUDO DE CASO APLICANDO A METODOLOGIA EM CICLOVIAS DO DISTRITO FEDERAL.....</b>              | <b>71</b> |
| 5.1 – CONTEXTUALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DO DISTRITO FEDERAL.....                                     | 71        |
| 5.1.1 – Programa Ciclovário do Distrito Federal.....   | 73        |
| 5.1.2 – Identificação das Ciclovias.....   | 76        |
| 5.1.2.1 – Ciclovía entre Taguatinga/Samambaia.....   | 76        |
| 5.1.2.2 – Ciclovía de Taguatinga – Avenida Hélio Prates.....   | 77        |
| 5.1.2.3 – Ciclovía de Taguatinga – Pistão Norte.....   | 78        |
| 5.1.2.4 – Ciclovía de Sobradinho.....  | 79        |
| 5.2 – LEVANTAMENTO DE INFORMAÇÕES POR MEIO DA APLICAÇÃO DOS TESTES DE CAMPO.....                     | 80        |
| 5.3 – CONSIDERAÇÕES FINAIS .....   | 82        |
| <br>   |           |
| <b>6 – ANÁLISE DE DADOS.....</b>   | <b>83</b> |
| 6.1 – INTRODUÇÃO.....  | 83        |
| 6.2 – TABULAÇÃO DOS DADOS.....   | 83        |

|  |            |
|--|------------|
| 6.3 – CLASSIFICAÇÃO DOS TRECHOS AVALIADOS A PARTIR DAS NOTAS ATRIBUÍDAS PELOS CICLISTAS.....                           | 84         |
| 6.4 – PADRONIZAÇÃO DAS VARIÁVEIS QUALITATIVAS.....   | 86         |
| 6.5 – ANÁLISE ESTATÍSTICA UTILIZANDO O SOFTWARE “XLSTAT”.....  | 87         |
| 6.5.1 – Determinação das Variáveis Significativas nos Modelos Estatísticos.....  | 87         |
| 6.5.2 – Determinação das Contribuições de Cada Variável Independente nos Melhores Modelos Estatísticos Calculados..... | 95         |
| 6.5.3 – Correlação entre Velocidades e Notas Atribuídas aos Pavimentos...  | 102        |
| 6.5.4 – Correlação entre Alturas dos Ciclistas e Notas Atribuídas aos Pavimentos.....                                  | 107        |
| 6.5.5 – Correlação entre Pesos dos Ciclistas e Notas Atribuídas aos Pavimentos.....                                    | 111        |
| 6.5.6 – Correlação entre Idades dos Ciclistas e Notas Atribuídas aos Pavimentos.....                                   | 113        |
| 6.6 – CONSIDERAÇÕES FINAIS .....   | 113        |
| <b>7 – CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....</b>   | <b>115</b> |
| <b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>   | <b>118</b> |
| <b>ANEXOS.....</b>   | <b>123</b> |

## LISTA DE FIGURAS

|  |    |
|--|----|
| Figura 1.1 – Estrutura da dissertação.....   | 7  |
| Figura 2.1 – Ciclovia separada da via adjacente.....   | 14 |
| Figura 2.2 – Ciclofaixa com visibilidade.....  | 15 |
| Figura 3.1 – Espaço útil do ciclista.....  | 24 |
| Figura 3.2 – Ciclovia Unidirecional adotada na Europa.....   | 25 |
| Figura 3.3 – Ciclovia Unidirecional com acréscimo de 0,50 m.....   | 26 |
| Figura 3.4 – Ciclovia Bidirecional utilizada no Brasil.....  | 26 |
| Figura 3.5 – Reforço da base do pavimento em área de cruzamento de veículos sobre a ciclovia em construção em Campo Grande/Rio de Janeiro..... | 28 |
| Figura 3.6 – Ciclovias construídas sobre leitos ferroviários na Espanha.....   | 29 |
| Figura 3.7 – Pavimento colorizado com oxalato de ferro em ciclovias de Bangu e Campo Grande/ Rio de Janeiro.....                               | 29 |
| Figura 3.8 – Pavimento à Base de Concreto.....   | 31 |
| Figura 3.9 – Pavimento de Concreto em Placas Pré-Moldadas.....   | 31 |
| Figura 3.10 – Pavimento em Blocos Pré-Moldados de Concreto.....  | 32 |
| Figura 3.11 - Pavimentos de ciclovias com Blocos Pré-Moldados em Volta Redonda/RJ e Teresina/PI.....   | 32 |
| Figura 3.12 – Tratamento Superficial Simples.....  | 33 |
| Figura 3.13 – Pré-misturado a frio.....  | 34 |
| Figura 3.14 – Aplicação de Pavimentos Betuminosos.....   | 34 |
| Figura 3.15 – Exemplo de Grés em Ciclovia de São Leopoldo/RS.....  | 35 |
| Figura 3.16 – Trincamento por fadiga.....  | 38 |
| Figura 3.17 – Trincamento em blocos.....   | 38 |
| Figura 3.18 – Trincamento longitudinal.....  | 38 |
| Figura 3.19 – Trincamento transversal.....   | 39 |
| Figura 3.20 – Trincamento na borda.....  | 39 |
| Figura 3.21 – Painéis.....   | 40 |
| Figura 3.22 – Remendos.....  | 41 |
| Figura 3.23 – Diferentes tipos de irregularidade longitudinal em altas e baixas velocidades.....   | 44 |
| Figura 3.24 – Maysmeter.....   | 46 |
| Figura 3.25 – Sistema Quarto de Carro.....   | 47 |
| Figura 4.1 – Fluxograma Metodológico.....  | 60 |
| Figura 4.2 – Histogramas de frequências.....   | 62 |
| Figura 4.3 – Correlação entre pesos e alturas dos participantes.....   | 62 |
| Figura 4.4 – Hábitos dos ciclistas participantes.....  | 63 |
| Figura 4.5 – Propósito das viagens por bicicleta.....  | 63 |
| Figura 4.6 – A variável preditora X é responsável por toda a variação nas observações $Y_i$ .....  | 69 |
| Figura 4.7 – A variável preditora X não ajuda na redução da variação de $Y_i$ com a Regressão Linear.....                                      | 70 |
| Figura 5.1 – Mapa do Distrito Federal.....   | 73 |
| Figura 5.2 – Ciclovia da DF-005 próximo ao Varjão (em andamento).....  | 74 |

|  |     |
|--|-----|
| Figura 5.3 – Mapa Cicloviário do Distrito Federal (ciclovias existentes e a serem implantadas).....  | 75  |
| Figura 5.4 – Ciclovia entre Taguatinga/Samambaia.....  | 76  |
| Figura 5.5 – Ciclovia de Taguatinga – Av. Hélio Prates.....  | 77  |
| Figura 5.6 – Ciclovia de Taguatinga – Av. Hélio Prates.....  | 78  |
| Figura 5.7 – Ciclovia de Taguatinga – Pistão Norte.....  | 78  |
| Figura 5.8 – Ciclovia de Taguatinga – Pistão Norte.....  | 79  |
| Figura 5.9 – Ciclovia de Sobradinho.....   | 79  |
| Figura 5.10 – Ciclovia de Sobradinho.....  | 80  |
| Figura 5.11 – Levantamento piloto.....   | 80  |
| Figura 5.12 – Levantamento piloto.....   | 81  |
|  |     |
| Figura 6.1 – Resumo das contribuições preponderantes (>15,00 %) para todas as seções concomitantemente, com revestimento asfáltico e com revestimento de pedras regulares..... | 104 |
| Figura 6.2 – Resumo das contribuições preponderantes (>15,00 %) para pavimentos com revestimentos asfálticos.....  | 105 |
| Figura 6.3 – Resumo das contribuições preponderantes (>15,00 %) para pavimentos com revestimento de pedras regulares.....  | 106 |
| Figura 6.4 – Histogramas de freqüências para as alturas dos participantes em pavimentos com revestimento asfáltico em estado excelente.....                                    | 110 |
| Figura 6.5 – Histogramas de freqüências para as alturas dos participantes em pavimentos com revestimento de pedras regulares em estado regular.....                            | 110 |
| Figura 6.6 – Histograma de freqüências para as alturas dos participantes considerando-se todas as seções em estudo à velocidade de $10,65 \pm 0,75$ km/h.....                  | 110 |
| Figura 6.7 – Histogramas de freqüências para os pesos dos participantes em pavimentos com revestimento asfáltico em estado ruim.....   | 112 |

## LISTA DE TABELAS

|  |    |
|--|----|
| Tabela 3.1 – Condição do pavimento quanto à irregularidade longitudinal em termos de Quociente de Irregularidade (QI).....                               | 46 |
| Tabela 3.2 – Condição do pavimento quanto à irregularidade longitudinal no Brasil...   | 47 |
| Tabela 3.3 – Valores dos fatores de ponderação para cálculo do IGG.....  | 51 |
| Tabela 3.4 – Classificação da condição do pavimento segundo o IGG.....   | 52 |
| Tabela 3.5 – Avaliação da Serventia Atual (PSR).....   | 53 |
| Tabela 3.6 – Valor da Serventia Atual (VSA).....   | 54 |
| <br>   |    |
| Tabela 4.1 – Variáveis binárias para três categorias.....  | 68 |
| <br>   |    |
| Tabela 5.1 – Regiões Administrativas do Distrito Federal.....  | 72 |
| <br>   |    |
| Tabela 6.1 – Classificação dos pavimentos com revestimento asfáltico.....  | 85 |
| Tabela 6.2 – Classificação do pavimento com revestimento de pedras regulares.....  | 85 |
| Tabela 6.3 – Determinação dos valores médios de rejeição do pavimento e do valor limite (gatilho) para desencadeamento de atividades de conservação..... | 86 |
| Tabela 6.4 – Variáveis versus coeficientes de determinação considerando-se todas as seções avaliadas concomitantemente.....                              | 88 |
| Tabela 6.5 – Variáveis versus coeficientes de determinação para todas as seções de pavimentos com revestimento asfáltico.....                            | 89 |
| Tabela 6.6 – Variáveis versus coeficientes de determinação para todas as seções com revestimento de pedras regulares.....                                | 90 |
| Tabela 6.7 – Variáveis versus coeficientes de determinação para pavimento com revestimento asfáltico em estado excelente.....                            | 91 |
| Tabela 6.8 – Variáveis versus coeficientes de determinação para pavimento com revestimento asfáltico em bom estado.....                                  | 91 |
| Tabela 6.9 – Variáveis versus coeficientes de determinação para pavimento com revestimento asfáltico em estado regular.....                              | 92 |
| Tabela 6.10 – Variáveis versus coeficientes de determinação para pavimento com revestimento asfáltico em estado ruim.....                                | 92 |
| Tabela 6.11 – Variáveis versus coeficientes de determinação para pavimento com revestimento de pedras regulares em estado excelente.....                 | 92 |
| Tabela 6.12 – Variáveis versus coeficientes de determinação para pavimento com revestimento de pedras regulares em bom estado.....                       | 93 |
| Tabela 6.13 – Variáveis versus coeficientes de determinação para pavimento com revestimento de pedras regulares em estado regular.....                   | 93 |
| Tabela 6.14 – Variáveis versus coeficientes de determinação para pavimento com revestimento de pedras regulares em estado ruim.....                      | 94 |
| Tabela 6.15 – Contribuição de cada variável considerando-se todas as seções avaliadas concomitantemente.....   | 95 |
| Tabela 6.16 – Contribuição de cada variável para todas as seções de pavimentos com revestimento asfáltico.....   | 96 |
| Tabela 6.17 – Contribuição de cada variável para pavimento com revestimento asfáltico em estado excelente.....   | 97 |
| Tabela 6.18 – Contribuição de cada variável para pavimento com revestimento asfáltico em bom estado.....   | 97 |
| Tabela 6.19 – Contribuição de cada variável para pavimento com revestimento  |    |

|   |     |
|---|-----|
| asfáltico em estado regular.....  | 98  |
| Tabela 6.20 – Contribuição de cada variável para pavimento com revestimento asfáltico em estado ruim.....   | 99  |
| Tabela 6.21 – Contribuição de cada variável para todas as seções de pavimento com revestimento de pedras regulares.....   | 99  |
| Tabela 6.22 – Contribuição de cada variável para pavimento com revestimento de pedras regulares em estado excelente.....  | 101 |
| Tabela 6.23 – Contribuição de cada variável para pavimento com revestimento de pedras regulares em bom estado.....  | 101 |
| Tabela 6.24 – Contribuição de cada variável para pavimento com revestimento de pedras regulares em estado regular.....  | 101 |
| Tabela 6.25 – Contribuição de cada variável para pavimento com revestimento de pedras regulares em estado ruim.....   | 102 |
| Tabela 6.26 – Resumo das contribuições preponderantes (>15,00 %) para todas as seções concomitantemente, com revestimento asfáltico e com revestimento de pedras regulares..... | 104 |
| Tabela 6.27 – Resumo das contribuições preponderantes (>15,00 %) para pavimentos com revestimentos asfálticos.....  | 105 |
| Tabela 6.28 – Resumo das contribuições preponderantes (>15,00 %) para pavimento com revestimento de pedras regulares.....   | 106 |
| Tabela 6.29 – Correlação entre velocidades e notas dos ciclistas quanto ao conforto oferecido pelo pavimento da ciclovia.....   | 107 |
| Tabela 6.30 – Correlação entre as alturas e as notas atribuídas ao conforto oferecido pelo pavimento.....   | 109 |
| Tabela 6.31 – Correlação entre classes de frequência (alturas) versus notas atribuídas pelos ciclistas.....   | 111 |
| Tabela 6.32 – Correlação entre os pesos e as notas atribuídas ao conforto oferecido pelo pavimento.....   | 112 |
| Tabela 6.33 – Correlação entre classes de frequência (pesos) versus notas atribuídas pelos ciclistas.....   | 113 |
| Tabela 6.34 – Correlação entre classes de frequência (pesos) versus notas atribuídas pelos ciclistas.....   | 113 |

## **LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS**

|        |  |
|--------|--|
| AASHO  | American Association of State Highway Officials                    |
| AASHTO | American Association of State Highway and Transportation Officials |
| ANTP   | Associação Nacional de Transportes Públicos                        |
| CET    | Companhia de Engenharia de Tráfego                                 |
| CTB    | Código de Trânsito Brasileiro                                      |
| DER    | Departamento de Estradas de Rodagem                                |
| DNER   | Departamento Nacional de Estradas de Rodagem                       |
| DNIT   | Departamento Nacional de Infra-Estrutura de Transportes            |
| FHWA   | Federal Highway Administration                                     |
| GDF    | Governo do Distrito Federal  |
| GEIPOT | Grupo Executivo de Integração da Política de Transportes           |
| IRI    | Índice de Irregularidade Longitudinal                              |
| NAPA   | National Asphalt Pavement Association                              |
| NBR    | Norma Brasileira Regulamentadora                                   |
| OMS    | Organização Mundial da Saúde                                       |
| QI     | Quociente de Irregularidade  |



# **1 – INTRODUÇÃO**

## **1.1 – APRESENTAÇÃO**

As cidades brasileiras crescem de forma não planejada, não havendo preocupação em distribuir as “facilidades urbanas” no território. Diante dessa situação, a ausência de ação do poder público local acaba por facilitar a criação de áreas e até bairros informais, sem serviços e equipamentos públicos (Ministério das Cidades, 2006).

Essas situações são comuns em áreas afastadas dos centros urbanos, onde o valor da terra é mais baixo, o que acaba por induzir a concentração da população de menor renda. A população por sua vez não tem acesso ao transporte público, o que faz da utilização do modo a pé, da bicicleta ou motocicleta, os meios disponíveis de locomoção para atender suas necessidades.

A mobilidade urbana se compõe da locomoção de pessoas e do transporte de bens. E neste setor cada usuário do sistema pode contribuir tanto forçando a aplicação de políticas públicas mais eficientes, quanto adotando alternativas para diminuir o fluxo de veículos automotivos nas vias de tráfego (Soares, 2003).

Dentro da mobilidade urbana das cidades, um dos pontos intrínsecos no planejamento urbano é a adequação da infra-estrutura e equipamentos necessários, tais como ruas, passeios, ciclovias, corredores de transporte e abrigos. Dentre estes, verifica-se que a ciclovia tem sido assunto peculiar nas cidades brasileiras que usam a bicicleta como forma de deslocamento.

O uso da bicicleta traz notáveis benefícios para o seu usuário, para a comunidade local e para a economia da cidade como um todo, abrindo as portas para um desenvolvimento urbano mais justo. Assim como traz contribuições que melhoram o fluxo de trânsito, tornando-o mais rápido, mais saudável, mais limpo, mais democrático e mais econômico.

A bicicleta é um veículo ideal para pequenas e médias distâncias, tendo uma velocidade média urbana entre 12 km/h e 18 km/h. No entanto, questões relacionadas à sua aceleração e manutenção de velocidade tornam incompatível o convívio do ciclista com o trânsito de vias expressas. Portanto, a utilização da bicicleta é recomendável em ciclovias ou faixas compartilhadas onde existe uma situação mais adequada ao seu uso.

Porém percebe-se que faltam investimentos para adequar a infra-estrutura cicloviária seja em pequenas ou grandes cidades brasileiras, onde a população encontra dificuldade de locomoção por bicicleta ao longo do percurso.

No entanto, observa-se que o uso da bicicleta vem crescendo nas áreas urbanas das cidades, independente da presença ou vontade dos Governos. Ela deixou de ser apenas um meio de lazer, esporte ou brinquedo e se tornou definitivamente uma opção de transporte, seja por questões de praticidade, economia ou deficiência do transporte público. Seu uso cresce independente da faixa etária, sexo, condição social, econômica e da ausência do Poder Público no implemento de melhorias e ordenamento garantido em Lei. Há uma imensa demanda reprimida de usuários de bicicleta, o que pode ser comprovado nos fins de semana, quando a frota de bicicletas nas ruas aumenta sensivelmente.

Desta forma, a necessidade de inserir a bicicleta no sistema de transporte por meio de uma infra-estrutura adequada, que garanta conforto e segurança para o usuário, ainda é tarefa a ser cumprida pelos planejadores e gerenciadores de transportes.

## **1.2 – CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA**

O investimento em estruturas e equipamentos para as formas de mobilidade não-motorizadas se insere nas políticas de inclusão social, pois com o encarecimento das tarifas de transporte público, poder deslocar-se a pé ou de bicicleta nos perímetros urbanos permite uma economia doméstica significativa.

A promoção do uso da bicicleta garantindo conforto e segurança requer estudos da condição do pavimento e das variáveis que afetam a infra-estrutura cicloviária após seu dimensionamento e execução.

Uma rede de pavimentos é constituída de milhares de projetos individuais ou concepções de projetos. Cada projeto individual exige processo contínuo de gerenciamento de uma série de atividades. A gerência de pavimentos é uma ferramenta de armazenamento e análise de dados que possibilita o estabelecimento de critérios para o diagnóstico dos pavimentos e a elaboração de estudos e planejamentos a partir dos mesmos.

À medida que os pavimentos envelhecem, surgem gradativamente falhas na sua superfície (irregularidade longitudinal, trincamentos, desgaste superficial, ondulações, afundamentos nas trilhas de roda, etc.). Dentre os defeitos mais daninhos, estudos realizados nas pistas rodoviárias experimentais da AASHO (1962) demonstraram que a irregularidade longitudinal é a falha preponderante quando se avaliam as condições de conforto e segurança ao tráfego. A irregularidade longitudinal surge a partir da diferença entre cotas teóricas e cotas reais do perfil longitudinal, sendo ocasionadas pelo processo construtivo ou pelo uso da rodovia, e em alguns casos por uma combinação de ambos os fatores mencionados (Rio, 1999). Estudos realizados em ciclovias também detectaram que a irregularidade longitudinal é o fator relevante quanto ao conforto oferecido pelo pavimento cicloviário (Cairney e King, 2003).

As falhas (ou defeitos) durante seu estágio inicial não influenciam significativamente a serventia (qualidade do rolamento e segurança). Porém, na ausência de medidas corretivas adequadas, o problema tende a agravar-se podendo no longo prazo, ocasionar o colapso do pavimento. Para prevenir tais situações extremas, os pavimentos devem ser monitorados periodicamente a fim de detectar-se a evolução do decréscimo da serventia e por meio de indicadores de desempenho programar o momento oportuno para intervenções de manutenção de maior porte. O monitoramento pode ser feito mediante medições ou levantamentos objetivos e/ou subjetivos. Os levantamentos objetivos consistem na quantificação dos defeitos existentes, enquanto os levantamentos subjetivos consideram apenas a percepção (aspecto qualitativo) dos usuários quanto às condições de conforto e segurança ao trafegar por um trecho de rodovia em um veículo de porte médio.

No caso de avaliação de pavimentos cicloviários, a utilização de levantamentos subjetivos pode ser extremamente útil tendo-se em vista a simplicidade (trafegar ao longo do

pavimento em uma bicicleta) e os custos relativamente baixos para sua execução. Porém, esse tipo de avaliação, baseada na opinião dos ciclistas, pode ser influenciada por algumas variáveis, por exemplo, idade, sexo, altura e peso, além de parâmetros relacionados à bicicleta (pressão de inflação dos pneus, velocidade de percurso, extensão do trecho analisado, tipo de pneu utilizado na bicicleta, tipo de bicicleta, entre outros). Desta forma, a identificação de correlações das variáveis apresentadas é sem dúvida um passo importante para o desenvolvimento de atividades de monitoramento e gerenciamento de malhas cicloviárias a baixo custo.

Assim a etapa de monitoramento e gerenciamento de ciclovias se faz emergente para a eficácia do tráfego cicloviário em geral, o que irá evitar possíveis subutilizações das vias incoerentes para os ciclistas. Por este motivo o problema apresentado neste trabalho faz referência à identificação de variáveis que podem afetar significativamente a percepção do conforto oferecido por ciclovias no decorrer da sua vida útil.

### **1.3 – JUSTIFICATIVA**

Segundo Leal (1999), o modo cicloviário se apresenta como uma alternativa (a ser utilizada em conjunto com outros modos não-motorizados e com o sistema de transporte público) bastante atraente para a implantação de uma política urbana e de transporte sustentável, uma vez que não polui o ambiente, não apresenta necessidade de importação de fontes de energia, apresenta menor distinção social em relação ao acesso, e apresenta maior possibilidade de se constituir em um sistema que possa durar um maior número de anos (que é um dos maiores problemas do sistema atual, cuja fonte de energia é baseada em combustíveis não-renováveis).

Assim, a bicicleta sendo um transporte não poluente, torna-se cada vez mais favorável à adoção dessa alternativa, diante do panorama atual do planeta, onde o efeito estufa, o buraco na camada de ozônio, os recursos energéticos limitados e outros problemas ecológicos demonstram que o investimento em meios de transporte não poluentes é cada vez mais importante, para não dizer essencial.

Todo pavimento, seja ele rodoviário, ferroviário, aeroportuário ou cicloviário, envelhece devido às intempéries e a ação das cargas do tráfego. Essa perda de qualidade deve ser monitorada periodicamente a fim de que medidas sejam tomadas para reduzir o impacto dos fatores supracitados quando alguns parâmetros (trincamentos, irregularidade longitudinal, entre outros) atingem certos limites.

No caso dos pavimentos cicloviários, quando são utilizados levantamentos subjetivos para avaliação do conforto e da segurança, a opinião dos ciclistas envolvidos é fundamental para a obtenção de um diagnóstico correto da condição presente do pavimento. Os ciclistas provavelmente apresentarão diferentes percepções quando avaliam um mesmo trecho de ciclovia, tendo em vista sua formação cultural, idade, sexo, peso, condições relativas à bicicleta, entre outros. Essas diferenças de opinião, resultantes dos fatores mencionados, podem ou não ser estatisticamente diferentes, além de ter ou não correlação estatística.

Desta forma, o grupo de avaliadores selecionado para realizar o levantamento subjetivo de um trecho de ciclovia deve ser constituído por pessoas que apresentem características que reproduzam amostras com altas correlações estatísticas entre seus participantes. Assim sendo, é necessário identificar quais os parâmetros relacionados aos usuários, à bicicleta e à ciclovia, apresentam alguma correlação.

#### **1.4 – HIPÓTESE**

Os pavimentos das ciclovias podem ser avaliadas mediante levantamentos subjetivos a partir da opinião de ciclistas. No entanto, essa avaliação pode ser influenciada pela idade, sexo, altura e peso do ciclista, além de fatores relacionados à bicicleta e à própria ciclovia. Em relação à bicicleta, tem-se pressão de inflação dos pneus, velocidade de percurso, tipo de pneu utilizado, e em relação à ciclovia, a condição do pavimento (excelente, bom, regular, ruim ou péssimo).

## **1.5 – OBJETIVOS**

O objetivo desta dissertação é analisar os parâmetros que afetam a avaliação subjetiva de pavimentos de ciclovias do Distrito Federal, servindo de contribuição aos demais estudos relacionados ao gerenciamento e monitoramento de pavimentos cicloviários no Brasil. Como objetivos específicos para atingir o objetivo principal pretende-se:

- Caracterizar e contextualizar a ciclovia quanto à geometria e vias;
- Identificar o tipo de pavimento;
- Identificar os defeitos no pavimento;
- Identificar que tipos de variáveis são relevantes na avaliação subjetiva de um ciclista em relação à percepção de conforto oferecida por uma ciclovia, e;
- Desenvolver análises estatísticas para detectar correlações entre as variáveis dependente e independentes.

## 1.6 – ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

Esta dissertação está dividida em 7 (sete) capítulos, conforme ilustra a Figura 1.1.

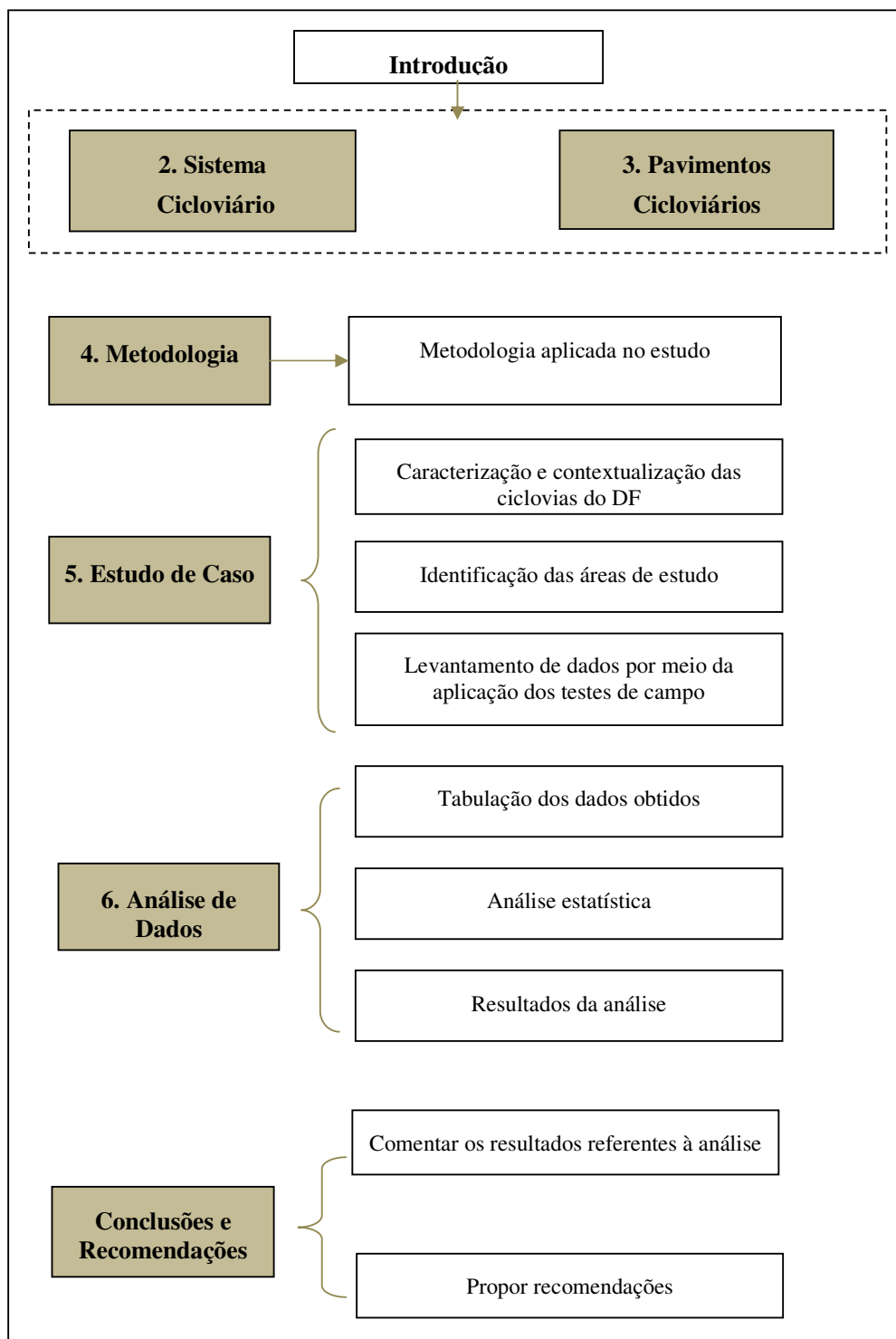


Figura 1.1 – Estrutura da dissertação

No capítulo 1 apresenta-se o tema, o problema, a justificativa, a hipótese, os objetivos e a organização da dissertação.

No capítulo 2 apresenta-se uma revisão bibliográfica do sistema cicloviário, abordando o histórico da bicicleta no Brasil e no mundo, evidenciando o perfil da bicicleta na legislação de trânsito, a percepção do ciclista frente o uso da ciclovia e do meio ambiente, bem como as definições de ciclovia, ciclofaixas e faixas compartilhadas.

O capítulo 3 aborda pavimentos cicloviários, apresentando a infra-estrutura cicloviária como um todo, desde as dimensões geométricas, tipo de pavimento cicloviário e seus defeitos inerentes a este tipo de pavimento.

No Capítulo 4 descreve-se a metodologia proposta para identificar os parâmetros que interferem na avaliação subjetiva de pavimentos cicloviários a partir da opinião dos ciclistas. Apresenta-se adicionalmente os fundamentos teóricos de análise mediante regressão linear.

O capítulo 5 apresenta o estudo de caso aplicando a metodologia proposta.

O capítulo 6 detalha as análises estatísticas desenvolvidas e os resultados advindos destas análises.

No capítulo 7 apresentam-se as conclusões e recomendações para pesquisas futuras.



## **2 – O SISTEMA CICLOVIÁRIO BRASILEIRO**

Este capítulo apresenta uma abordagem sobre o histórico da bicicleta e a sua utilização no Brasil e no mundo, bem como dos aspectos gerais de circulação: ciclovias, ciclofaixas e faixas compartilhadas. Serão feitas abordagens sobre a percepção do ciclista e os fatores que influenciam na escolha da bicicleta como modo de transporte, importantes para a compreensão do presente estudo.

### **2.1 – HISTÓRICO**

Desde o século XIX a bicicleta tem sido um modo de transporte eficiente e popular entre vários povos do mundo. Criada em 1790 pelo Conde francês Du Sivrac, a bicicleta era inicialmente chamada de celerífer ou celerípede, sofrendo anos mais tarde algumas modificações até tornar-se o veículo que conhecemos hoje em dia.

O aprimoramento da bicicleta se deu por volta de 1816 a 1855, respectivamente a origem do guidão e dos pedais, já que o modelo original consistia de um cavalo de madeira com duas rodas que se empurrava com um ou os dois pés. Anos mais tarde, houve a preocupação de utilizar a transmissão da força humana por corrente, com tração na roda traseira e o câmbio de marchas. No ano de 1862 as autoridades parisienses foram obrigadas a criar caminhos especiais para as bicicletas não se misturarem com charretes e carroças, surgindo, assim, as primeiras ciclovias (História da bicicleta, 2003).

A bicicleta apresenta baixo custo de aquisição e manutenção, assim pode ser considerada como o modo de transporte urbano mais barato, sendo acessível à praticamente todas as camadas sociais.

Como na sua origem aos dias atuais, a utilização da bicicleta não polui o meio ambiente, não utiliza combustível fóssil, preserva os espaços públicos, pois não exige a construção de grandes vias para tráfego nem grandes áreas de estacionamento e não provoca os incômodos que caracterizam a utilização dos veículos motorizados em áreas urbanas (FHWA, 1993).

Assim, segundo a Organização Mundial da Saúde (OMS, 1993) por definição, o ciclista é toda a pessoa que viaja sobre um veículo a pedal ou em um reboque ligado a esse veículo.

### **2.1.1 – O Uso da Bicicleta no Contexto Internacional e Nacional**

No mundo atual observa-se a utilização da bicicleta como modo de transporte bastante variável para viagens urbanas. Em diversos países estão sendo implementadas políticas de incentivo ao ciclismo, como estratégia para um transporte mais sustentável (Pusher *et al*, 1999). Países do norte da Europa, como Dinamarca, Alemanha, Suécia e Holanda, vêm registrando um aumento substancial na utilização da bicicleta, desde a década de 80.

Segundo a International Bicycle Fund (1999) os países do norte da Europa como a Holanda e a Dinamarca, apresentavam altos níveis de utilização da bicicleta, cerca de 30% e 20%, respectivamente.

O transporte por bicicleta também é muito utilizado em países da Ásia, tais como, China, Índia e Japão. Porém, após o ano de 1992, quando se iniciou a aproximação da China com o Ocidente, passou a haver uma maior utilização dos automóveis particulares e o número de bicicleta nas ruas começou a diminuir. No início da década de 90, na cidade de Pequim, 60% das viagens urbanas eram feitas por bicicletas. Este índice caiu para 40% em 2001. Embora tenha sido registrada essa diminuição, em algumas cidades chinesas como Shenyang e Tianjin, a proporção de uso ainda é superior a 65 %. Comparada a outros países, a China ainda mantém um índice elevado de utilização de bicicletas. Existem no país, aproximadamente 540 milhões de bicicletas, ou seja, uma para cada 2,2 habitantes (Kubota e Kidokoro, 1994 e ANTP, 2001). Por outro lado, no Japão, mais precisamente em Tóquio, a utilização da bicicleta em viagens urbanas está em torno de 25 %.

Segundo a International Bicycle Fund (1999) nos EUA e Canadá menos de 1% das viagens urbanas são realizadas de bicicleta. Porém observou-se no ano de 1977 até 1995 um aumento de 0,6% para 0,9% na sua utilização nos Estados Unidos (Pucher, 1999).

Anos mais tarde, muitos projetos de incentivo ao uso da bicicleta para viagens diárias tiveram início nos Estados Unidos. Na cidade de Portland, por exemplo, foi desenvolvido

em 1996, um Plano Ciclovitário com o objetivo de implantar redes de ciclovias e condições seguras de estacionamento, além da divulgação do uso da bicicleta por meio de campanhas promocionais (Bicycle Resources, 2000).

No Brasil, em 1976, a Empresa Brasileira de Planejamento de Transporte – GEIPOT iniciou um estudo sobre a importância do transporte por bicicleta e publicou o documento “Planejamento Ciclovitário – Uma Política para as Bicicletas”. O documento apresentava sugestões para uma política nacional a ser desenvolvida a fim de incentivar o uso da bicicleta, além de recomendações específicas às prefeituras.

Entre 1980 e 1984, foram elaboradas duas novas edições desse documento. Mais recentemente, em 2001, o GEIPOT retomou a questão do transporte por bicicleta e elaborou uma revisão do documento, publicando o relatório intitulado “Planejamento Ciclovitário: Diagnóstico Nacional”. Esta publicação reúne resultados de amplo levantamento da utilização das bicicletas no território nacional, totalizando 60 municípios brasileiros (GEIPOT, 2001 e Miranda, 2001b).

Apesar de a sociedade brasileira atribuir ao transporte por bicicleta um papel secundário, os dados indicam que este modo de transporte tem certa relevância no contexto das cidades brasileiras. As estatísticas indicam que a bicicleta tem um importante papel na produção industrial, como veículo de transporte e de lazer para a população brasileira. A frota de veículos motorizados no Brasil é de, aproximadamente 30 milhões de veículos e a frota de bicicletas, cerca de 45 milhões de unidades (Miranda, 2001a).

Constata-se ainda, de acordo com a Abraciclo (Associação Brasileira dos Fabricantes de Motocicletas, Ciclomotores, Motonetas e Bicicletas), que 45% das bicicletas mais vendidas no Brasil são utilizadas como meio de transporte (populares, tipo barra-forte), 30% são bicicletas infanto-juvenis e 25% são bicicletas esportivas, com mais de uma marcha (GEIPOT, 2001).

Em algumas cidades brasileiras, a bicicleta, como transporte utilitário, está sendo redescoberta. A Companhia de Engenharia de Tráfego (CET) de Santos – SP realizou uma pesquisa com 800 pessoas, entre motoristas e pedestres, para avaliar a opinião das pessoas

com relação às ciclovias. De acordo com a pesquisa 84,4% dos motoristas mostraram-se a favor das ciclovias, indicando como locais prioritários a praia (49,5%) e as principais avenidas (29,5%). Entre os pedestres, 88% aprovaram as ciclovias, sendo que 49% apontaram a praia como prioridade e 35%, as principais avenidas. É importante salientar que 4,2% dos pedestres informaram que usam a bicicleta para ir ao trabalho, 1,5% para ir a escola e 2,5% para lazer nos finais de semana (ANTP, 2000).

Em Governador Valadares - MG existe um índice de uma bicicleta para cada dois habitantes. Nesta cidade, mediante um programa de incentivo ao transporte, foi implantada uma rede cicloviária de 40 km. Após a construção das ciclovias, constatou-se uma significativa redução no índice de acidentes envolvendo ciclistas (ANTP, 2000).

A Secretaria Municipal de Meio Ambiente da cidade do Rio de Janeiro, em 1993, iniciou um projeto denominado “Ciclovias Cariocas”, com o objetivo de viabilizar o uso da bicicleta para os deslocamentos diários na cidade. Observou-se que a cidade do Rio de Janeiro possui aproximadamente 3 milhões de bicicletas para uma malha cicloviária de 100,3 km de extensão, isto é, mais que o dobro que a frota de automóveis. O projeto prevê a implantação de ciclovias, ciclofaixas, faixas compartilhadas, bicicletários, sinalização adequada, e a elaboração de normas, regras e campanhas educativas (Smac, 2002).

Segundo GEIPOT (2001) o município do Rio de Janeiro é um dos que mais investiram em infra-estrutura para bicicletas, sendo o que possui a maior rede cicloviária dentre os sessenta municípios pesquisados.

Segundo Rocha (2002) o Brasil tem cerca de 400 km de ciclovias, números insignificantes quando comparados à Holanda que, com um território que corresponde à metade da área do Estado de Santa Catarina, possui uma rede de 15 mil km de ciclovias interligando todo o país.

No Brasil, a classe trabalhadora utiliza a bicicleta como modo de transporte principalmente por ser um veículo de relativa facilidade de aquisição e que não gera a despesa mensal de um transporte coletivo ou individual motorizado.

Desta forma, a condição socioeconômica deve ser considerada no primeiro nível de determinação para a utilização da bicicleta. Trabalhadores de nível socioeconômico mais baixo utilizarão a bicicleta no seu deslocamento para o trabalho como forma de economia, frente aos baixos salários percebidos. Trabalhadores com melhores condições financeiras e de um nível socioeconômico mais alto utilizarão modos de transporte mais confortáveis e mais rápidos como ônibus, motocicletas e automóveis (Bacchieri, 2004).

Aliado à variável socioeconômica, têm-se as características demográficas. Estudos desenvolvidos demonstraram que a variável sexo relaciona o homem como principal usuário da bicicleta (FHWA, 1992a; Osberg, 1998). Além disso, questões culturais aliadas à faixa etária têm sido relacionadas a prováveis motivos para essa maior utilização (Grieco, 1994).

Segundo Bacchieri (2004) trabalhadores e estudantes jovens provavelmente utilizam mais a bicicleta em comparação aos mais velhos. Na Europa, a utilização da bicicleta como modo de transporte tem sido observada em diferentes faixas etárias, incluindo a população idosa (Tolley, 1995).

De acordo com o manual do GEIPOT (1983) a distância ideal para o transporte de bicicleta é de 800m a 3 km, sendo normal uma viagem de casa-trabalho de 5 a 6 km. Como grande parte das viagens realizadas em área urbana é para distâncias menores do que 3 km, elas poderiam ser realizadas por bicicleta, caso houvesse uma infra-estrutura que oferecesse segurança e conforto para o ciclista.

## **2.1.2 – Vias para Bicicletas**

As vias para bicicletas podem ser divididas em: ciclovias, ciclofaixas, faixas compartilhadas e ciclorotas (Leal, 1999).

### **2.1.2.1 – Ciclovias**

As ciclovias são vias totalmente segregadas das vias de automóveis, exceto nas interseções. São separadas fisicamente das faixas de tráfego, normalmente por um meio-fio ou canteiro e são exclusivas para a circulação de bicicletas, como mostra a Figura 2.1. Podem ser

unidirecionais ou bidirecionais. Por apresentarem menos obstáculos e mais segurança, muitas vezes transformam-se em vias de multiuso, sendo usadas também por pedestres (Gondim, 2001).

Ao menos em teoria, devem ter sempre prioridade de passagem do ciclista em relação aos demais modos de transportes (exceto em cruzamentos com vias de pedestres). Desta forma, a quantidade de cruzamentos com outros modos deve ser a mínima possível.

O Código de Trânsito Brasileiro define ciclovia como uma “pista própria destinada à circulação de ciclos, separada fisicamente do tráfego comum” (Brasil, 1997). A ciclovia é uma dentre várias opções técnicas relacionadas à segurança de trânsito, apresentando normalmente bons resultados. Porém é necessário ter em vista que, para cada situação específica há uma solução apropriada e a ciclovia pode ou não ser a melhor opção, principalmente no que se refere ao custo.

Em geral, as ciclovias são utilizadas como partes integrantes de grandes avenidas, ou são localizadas em áreas de interesse especial como em faixas litorâneas ou parques, com o intuito de lazer, transporte ou de atalho em relação ao restante do sistema viário, mediante a utilização de obstáculos físicos como calçadas, muretas ou meios-fios.



Figura 2.1 – Ciclovia separada da via adjacente

As ciclovias podem ser inseridas nas laterais das vias de alta velocidade ou grande volume de tráfego. Porém a segurança dos ciclistas é abalada em casos de ciclovias com interseções viárias como obstáculo principal. Havendo muitas interseções e sendo a via formada por duas pistas separadas por canteiro central, as ciclovias devem ser inseridas neste canteiro (Forester, 1994).

#### 2.1.2.2 – Ciclofaixas

Segundo Gondim (2001) as ciclofaixas são faixas exclusivas para tráfego de bicicletas nas pistas de rolamento, delimitadas por pintura e/ou sinalizadores no pavimento, sem a utilização de obstáculos físicos. Normalmente são unidirecionais, com os ciclistas trafegando na mesma direção dos veículos motorizados. Podem estar presentes em vias arteriais ou coletoras e, muitas vezes, são utilizadas de forma irregular para circulação de automóveis ou estacionamento. Elas também podem ser demarcadas sobre as calçadas.

As ciclofaixas têm a vantagem de manter a divisão do espaço de forma mais visível tanto para o ciclista quanto para o veículo, além de dar para o ciclista uma percepção de continuidade da rota, conforme ilustra a Figura 2.2. Neste caso, é mais comum a negociação do espaço da pista entre o ciclista e o motorista. Por este motivo, Forester (1994) enfatiza que as ciclofaixas ou faixas compartilhadas são mais seguras do que as ciclovias, além de ocuparem menor largura de faixa.



Figura 2.2 – Ciclofaixa com visibilidade

### 2.1.2.3 – Faixas Compartilhadas

Nesta situação bastante comum, o ciclista compartilha o uso de vias preexistentes para tráfego motorizado ou de pedestres, sem que seja atribuída prioridade ou espaço exclusivo para sua circulação (Leal, 1999). As faixas compartilhadas são aquelas para a circulação de dois ou mais modos de transporte (Gondim, 2001).

Segundo Hillman (1995) duas atribuições diferentes são utilizadas para faixas compartilhadas. No primeiro caso, são as faixas segregadas por obstáculo físico ou não, cujo uso é destinado tanto a bicicletas quanto a pedestres, ou bicicletas e veículos. No segundo caso, são as faixas da rede viária, em geral mais largas, destinadas ao tráfego de veículos motorizados e bicicletas, sem que haja nenhuma delimitação no piso.

### 2.1.2.4 – Ciclorotas ou Rotas para Bicicletas

As rotas para bicicletas são vias com pouco trânsito de veículos motorizados (com velocidades menores que 40 km/h e menos de 3.000 veículos por dia) e são identificadas por sinalização apropriada como uma rota adequada para ciclistas.

## **2.2 – PERCEPÇÃO DO CICLISTA**

A percepção do ciclista é importante para avaliar o espaço cicloviário e seus oponentes. Para tanto, os ciclistas serão classificados quanto a idade, sexo, peso e ocupação e quanto a suas habilidades na utilização de ciclovias. São abordados ainda os aspectos físicos e meteorológicos que na visão do ciclista são fatores que interferem na segurança e conforto no percurso cicloviário.

### **2.2.1 – Ciclistas**

Existem diferentes tipos de ciclistas. Os que fazem o itinerário, casa-trabalho-casa, diariamente; os que utilizam a bicicleta para serviços; os esportistas; os ciclistas de recreio; os que vão para a escola e para compras (Gondim, 2001).



De acordo com Mcclintock (1995), diferentes ciclistas apresentam prioridades diferentes que afetam suas decisões quanto a usar ou não as facilidades de uma ciclovia. Os ciclistas de hábitos mais antigos dão prioridade às rotas mais curtas, que representem menor tempo de percurso, mantendo seu nível de velocidade. Ao contrário, ciclistas de hábitos mais recentes estão mais dispostos para percorrer uma rota mais longa se ela representar maior segurança.

Os ciclistas podem ser classificados em três categorias, segundo sua habilidade pessoal de direção (Allen *et al.*, 1998; Sorton e Walsh, 1994):

- a) Ciclistas experientes: são aqueles que têm bastante habilidade e experiência com a bicicleta, sentem-se confortáveis e seguros, mesmo com tráfego pesado de veículos motorizados e tendem a usar a bicicleta para viagens utilitárias e longas.
- b) Ciclistas casuais: são ciclistas adultos que usam a bicicleta como atividade recreacional. São inexperientes, usam a bicicleta com pouca frequência, não têm confiança suficiente para circular em tráfego pesado, preferem velocidades baixas e ruas locais, com pequeno volume de tráfego.
- c) Crianças ciclistas: é a grande maioria dos usuários de bicicleta e, grande parte deles, utiliza a bicicleta para recreação. Em geral, têm pouco conhecimento da legislação de trânsito e preferem circular por ruas residenciais com pequeno volume de tráfego. Os ciclistas experientes são os maiores usuários da bicicleta para viagens utilitárias.

### **2.2.2 – Características do Ciclista**

As características do indivíduo, em termos de sexo, idade, ocupação, renda e responsabilidades familiares, são determinantes na escolha do modo de transporte, principalmente na opção pela bicicleta (Antonakos, 1995; Shafizadeh e Neimeier, 1997; Cynecki *et al.*, 1993).

#### 2.2.2.1 – Sexo

O sexo é um dos fatores mais correlacionados com o uso da bicicleta. Em geral, a maioria dos ciclistas é do sexo masculino (FHWA, 1992c; Antonakos, 1995).

#### 2.2.2.2 – Idade

Segundo a FHWA (1992c) e Moritz (1997), o uso da bicicleta diminui com o aumento da idade, onde as crianças (entre 7 e 11 anos) se constituem no grupo populacional que mais usa a bicicleta e que existe um declínio gradual em função da idade.

Pesquisas realizadas considerando viagens utilitárias (casa-trabalho-casa), demonstram que a bicicleta é mais utilizada na faixa etária entre 20 e 30 anos e que quase 90% dos ciclistas pertencem às faixas etárias abaixo de 55 anos. Em Boulder (EUA), cidade universitária, a faixa etária que mais utiliza a bicicleta para viagens utilitárias é justamente a faixa correspondente aos estudantes universitários. Em Seattle (EUA), que não se caracteriza como uma cidade universitária, a bicicleta é mais utilizada por outras faixas etárias (FHWA, 1992c; Moritz, 1997).

#### 2.2.2.3 – Ocupação

Os estudantes universitários se constituem em um dos grupos populacionais mais propensos a utilizar a bicicleta para suas viagens diárias. A grande maioria deles é jovem, saudável, mora a uma distância razoável do campus e pode se vestir de maneira informal. Em cidades do mesmo porte, aquelas com maior população universitária, são as que apresentam maior número de ciclistas. Outras ocupações, no entanto, como representantes comerciais e vendedores que precisam fazer muitas viagens durante o dia, têm dificuldades para utilização da bicicleta (FHWA, 1992b).

### **2.2.3 – Fatores que Interferem no Percorso Ciclovitário**

Nesta seção serão apresentados alguns fatores inerentes à percepção do ciclista para avaliar de forma subjetiva os motivos para a utilização ou não da bicicleta em vias cicláveis.

### 2.2.3.1 – Segurança

A preocupação com a segurança é um dos fatores mais citados como impedimento ao uso da bicicleta, tanto com relação à possibilidade de acidentes, quanto com relação à vulnerabilidade para assaltos e agressões (Gardner, 1994; FHWA, 1992b; Moritz, 1997).

No que se refere a acidentes envolvendo bicicletas e automóveis, já se verificou que treinamento e equipamento adequados podem reduzir o risco de acidentes. Ciclistas treinados, que obedecem às regras de circulação e usam equipamentos de segurança (capacetes, faróis e refletores à noite) diminuem os riscos de acidentes. Por outro lado, crianças e ciclistas adultos sem experiência estão expostos a risco consideravelmente maior (FHWA, 1993).

Segundo Moritz (1997), em pesquisa realizada em regiões dos Estados Unidos e Canadá, constatou que 30% dos acidentes envolvem somente o ciclista, 6% envolvem outro ciclista e 3% e 2%, respectivamente, envolvem pedestres e animais.

A restrição da velocidade do tráfego é uma das medidas que podem ser adotadas para aumentar a segurança dos usuários mais vulneráveis (pedestres e ciclistas). As medidas de moderação do tráfego (lombadas, platôs almofadas, sonorizadores, chicanas, etc.), que visam à redução da velocidade e/ou do volume de tráfego de veículos em determinadas áreas da cidade, podem ser utilizadas para favorecer a mobilidade e segurança de pedestres e ciclistas (Hanna, 1990).

### 2.2.3.2 – Aceitabilidade Social

A utilização de bicicleta para as viagens diárias ao trabalho ou escola é considerada uma atitude normal em países como a Holanda ou Dinamarca, onde jovens ou idosos, ricos ou pobres, estudantes ou executivos fazem suas viagens diárias por bicicleta. Nestes países, a tradição do ciclismo utilitário faz com que este modo de transporte seja considerado normal e os ciclistas sejam mais respeitados (Pucher *et al.*, 1999).

Por outro lado, na América do Sul, especificamente no Chile, verificou-se que, para muitos indivíduos, principalmente os de maior renda, a utilização de bicicleta para viagens utilitárias era considerado constrangedor (Ortúzar *et al.*, 1999).

No Brasil, pelo fato do automóvel ser um símbolo de status e prosperidade, a utilização da bicicleta em viagens utilitárias não é considerada uma opção adequada para alguns grupos sociais. Embora muitos possuam bicicletas, elas são utilizadas quase que exclusivamente para recreação.

#### 2.2.3.3 – Clima e Condições Meteorológicas

O clima é freqüentemente citado como fator que interfere na opção pela bicicleta como modo de transporte. Uma pesquisa realizada em diversas cidades norte-americanas não encontrou qualquer correlação entre a utilização da bicicleta e a temperatura média anual ou o número de dias com chuva (pelo menos 2,0 mm). Uma lista das dez cidades americanas onde a bicicleta é mais utilizada para as viagens com destino ao trabalho e à escola inclui Eugene, no Oregon (cidade chuvosa); Madison, em Winsconsin (cidade com inverno rigoroso) e Tempe (cidade muito quente no verão) (FHWA, 1992c).

A FHWA (1992b) observou que o clima pode ser apenas um fator de desestímulo, mas não um impedimento para o uso da bicicleta. Temperaturas médias muito baixas no inverno, calor, umidade e chuvas torrenciais no verão são, inegavelmente, condições que dificultam o ciclismo. No entanto, o que os dados obtidos das pesquisas sugerem é que estes fatores não impedem o uso da bicicleta, apenas restringem o número de dias no ano em que as mesmas são utilizadas.

A cidade considerada ideal para o ciclismo é aquela que tem a média das temperaturas máximas entre 18°C e 28°C e menos de 60 dias de precipitação mensurável durante o ano (FHWA, 1992b).

Os estudos de Ashley e Banister (1989) nos Estados Unidos e Nankervis (1999) na Austrália encontraram que as condições meteorológicas, principalmente a ocorrência de chuva, efetivamente desestimulam a realização de viagens por bicicleta. No entanto,

Hanson e Hanson (1997) constataram em pesquisas realizadas na Suécia, que as viagens para trabalho e escola, por serem obrigatórias, são realizadas mesmo em condições meteorológicas adversas, enquanto que as viagens opcionais (sociais e para lazer), por serem mais flexíveis em termos de horário, são as que mais deixam de ser realizadas por bicicleta em condições climáticas desfavoráveis.

#### 2.2.3.4 – Topografia

A topografia acidentada é, inegavelmente, um dos fatores que mais desestimula o uso da bicicleta nas cidades. Subir ladeiras é muito mais cansativo que pedalar em terreno plano, exige maior condicionamento físico e faz com que o ciclista transpire mais, fazendo com que o ciclismo seja mais rejeitado nestas condições.

Ashley e Banister (1989), encontraram uma forte correlação negativa entre a topografia acidentada e o uso da bicicleta em cidades da Inglaterra e do País de Gales. Em cidades americanas com topografia mais plana (como Davis) são as que apresentam maior porcentagem de utilização da bicicleta, para viagens por motivo de trabalho e estudo. Em cidades de topografia muito acidentada (como Seattle) a bicicleta é pouco utilizada (FHWA, 1992b).

#### 2.2.3.5 – Características da Infra-Estrutura para Bicicletas

Os fatores relacionados à infra-estrutura, que influenciam a utilização da bicicleta, são a existência de vias em bom estado de conservação para ciclistas, a acessibilidade e continuidade das rotas, e a existência de facilidades no destino (chuveiro, armário, estacionamento).

## **2.3 – TÓPICOS CONCLUSIVOS**

Dentro do contexto sistema cicloviário, foi possível verificar o desenvolvimento histórico da bicicleta, mostrando a importância do uso da bicicleta no Brasil e no mundo. Também mostrou-se que o sistema cicloviário é composto de dois atores principais: os tipos de circulação de bicicletas e os ciclistas. Essa relação somada à definição dos mesmos e à percepção do ciclista é fator ímpar para a compreensão das variáveis que envolvem o ambiente ciclável.

Dentre os fatores que influenciam na decisão do ciclista quanto o uso da bicicleta, estão as condições de infra-estrutura cicloviária, onde a partir do próximo capítulo terá exclusividade na abordagem mais técnica e precisa, quanto as dimensões geométricas e as condições dos pavimentos.

### **3 – PAVIMENTOS CICLOVIÁRIOS**

Neste capítulo o enfoque é o perfil dos pavimentos cicloviários brasileiros. Torna-se importante conhecer primeiramente as dimensões geométricas de projeto cicloviário, aonde o tipo de pavimento irá se estabelecer e por fim, os devidos serviços de gerenciamento, o qual é de fundamental importância para o referido estudo.

A partir do conhecimento do tipo de pavimento cicloviário, procura-se identificar os defeitos habituais ocorrentes, ratificando a necessidade de gerenciar a serventia dos pavimentos cicloviários baseados nas avaliações objetivas e, em especial, nas subjetivas, para proporcionar um melhor desempenho operacional, no que tange a segurança e o conforto para o ciclista.

#### **3.1 – PROJETO GEOMÉTRICO**

Dentro da diversidade do espaço cicloviário de circulação para bicicletas, o presente trabalho pretende restringir o estudo do projeto geométrico às ciclovias, já que os conceitos dos diferentes sistemas de circulação no contexto viário foram abordados no Capítulo 2.

Um dos pontos inerentes para que a execução de um pavimento seja adequada é a correta execução do projeto cicloviário. Isto é, para que o pavimento se desenvolva ao longo do projeto geométrico, se faz necessário utilizar normas de geometria específica, que facilitarão a escolha ideal do pavimento.

#### **3.2 – DIMENSÕES GEOMÉTRICAS DA CICLOVIA**

A bicicleta como meio de transporte requisita pouco espaço do sistema viário. O movimento necessitaria apenas de uma faixa mínima de 1,10m de largura. Entretanto, devido às oscilações que geralmente ocorrem ao pedalar uma bicicleta, é necessário destinar faixas mais largas para sua circulação (GEIPOT, 2001).

### 3.2.1 – Espaço Útil do Ciclista

Como visto no Capítulo 2, a bicicleta sofreu muitas modificações em seu design. Porém, apesar de tais mudanças, a bicicleta não sofreu alteração em suas dimensões básicas, permanecendo a maioria dos modelos com a dimensão longitudinal próxima de 1,75m, conservando as normas de dimensionamento previstos no primeiro manual da GEIPOT. A Figura 3.1 ilustra o espaço utilizado pelo ciclista.

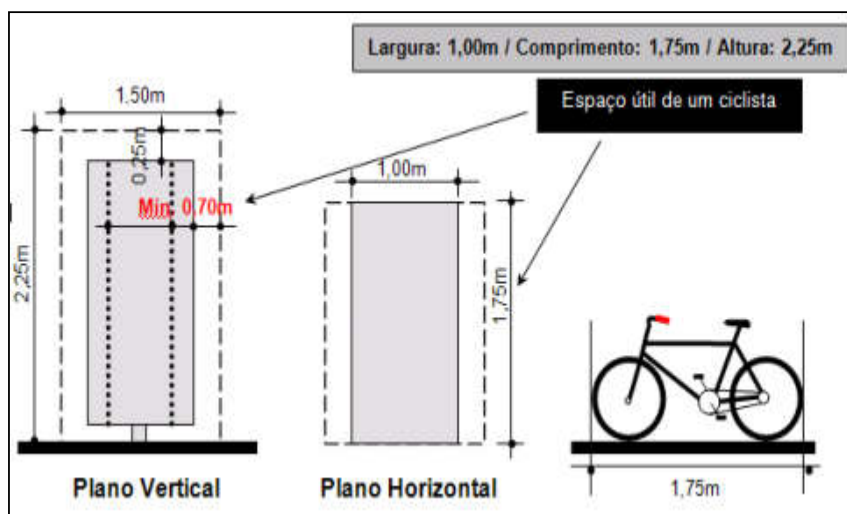


Figura 3.1 – Espaço útil do ciclista (GEIPOT, 2001)

A largura de 1,00m resulta da largura do guidom (0,60m), acrescida do espaço necessário ao movimento dos braços e das pernas (0,20m para cada lado). O gabarito a adotar, entretanto, por medida de segurança, deve ser superior em 0,25m na altura e para cada lado, tendo em vista o pedalar irregular dos ciclistas. Cabe observar que as bicicletas *mountain bike* atuais têm largura de guidom em torno de 0,50m, resultando na condução dos ciclistas com os braços praticamente estendidos.

### 3.2.2 – Ciclovias

O Capítulo 2 já caracterizou a ciclovia. No entanto, os conceitos apresentados foram de ordem geral, não definindo tecnicamente essa estrutura.



As ciclovias são espaços viários destinados à circulação exclusiva de bicicletas, separado da pista de rolamento de veículos automotores por terrapleno, com mínimo de 0,20m de largura, sendo, habitualmente, mais elevada do que a pista de veículos motorizados. A ciclovia também pode assumir traçado totalmente independente da malha viária urbana ou rodoviária. Nesses casos, deverá ter controle de acesso em todos seus cruzamentos com outras estruturas viárias.

### 3.2.3 – Características das Ciclovias

De uma maneira geral, os parâmetros técnicos referentes à infra-estrutura de pedestres e bicicletas encontrados nos manuais de transportes, são extraídos a partir dos estudos desenvolvidos para o transporte motorizado. As indicações são normalmente incipientes, sem referência a hierarquia das vias, carecendo de subsídios suficientes para o dimensionamento das larguras das calçadas, nem para a inserção da infra-estrutura cicloviária na malha disponível para a circulação do tráfego urbano (Gondim, 2001).

Muitas são as dimensões encontradas nos projetos de ciclovias no território brasileiro, pois mesmo tendo o GEIPOT editado no primeiro Manual Cicloviário em 1976, poucos técnicos acessaram este documento e, portanto, não houve uma padronização dos projetos. Porém o Manual Cicloviário GEIPOT em 2001 apresenta requisitos básicos e atuais, contrastando com alguns exemplos europeus e brasileiros.

Por exemplo, a largura mínima adotada na França e na Holanda para a pista unidirecional (com sentido único) é de 2,00m, o que corresponde à largura efetiva da ciclovia. Porém, quando se têm bordas desniveladas em mais de 0,10m, conforme apresentado nas Figuras 3.2 e 3.3, há necessidade do acréscimo de 0,50m na ciclovia (GEIPOT, 2001).

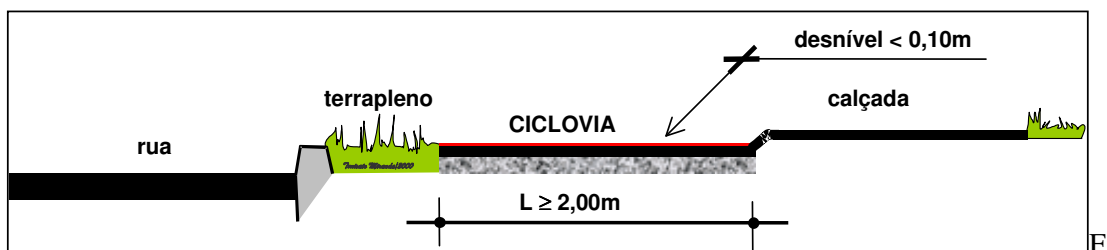


Figura 3.2 – Ciclovia Unidirecional adotada na Europa (GEIPOT, 2001)

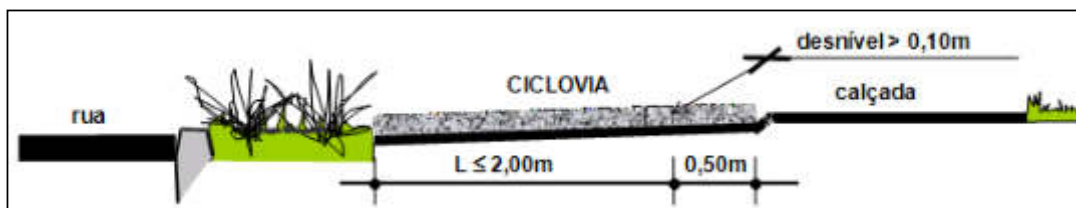


Figura 3.3 – Ciclovia Unidirecional com acréscimo de 0,50 m (GEIPOT, 2001)

O manual menciona ainda que as pistas unidirecionais constituem exceções, sendo seu uso mais difundido na Europa, tanto em áreas urbanas quanto em rodovias com tráfego automotor caracterizado por volumes baixos a médios e tendo a função de permitir a ligação entre bairros residenciais e zonas de grande atração de ciclistas, como áreas industriais, centros estudantis, etc.

A ciclovia bidirecional tem largo uso no Brasil, variando sua adoção de acordo com o porte das cidades brasileiras e é normalmente empregada nos grandes centros urbanos com o objetivo de lazer e, no interior do país, como ciclovia funcional.

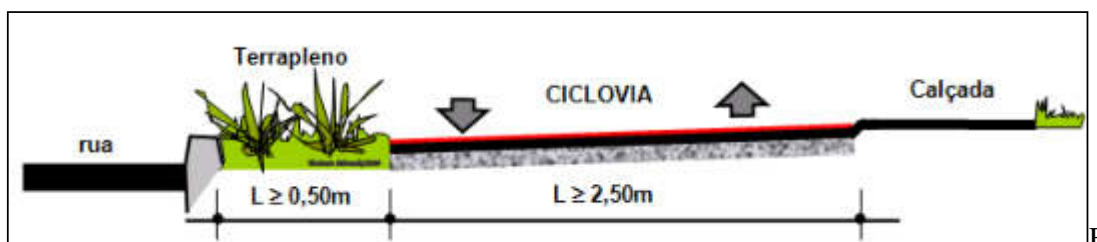


Figura 3.4 – Ciclovia Bidirecional utilizada no Brasil (GEIPOT, 2001)

A ciclovia bidirecional tem como largura ideal 3,00m, mas é aceitável dimensioná-la até o mínimo de 2,50m. No caso de desnível lateral superior a 0,10m (calçada, terrapleno, etc.), é imprescindível adotar um acréscimo de 0,50m na largura, a exemplo daquela apresentada nas pistas unidirecionais. Por outro lado, assim como as pistas unidirecionais, a largura recomendável de uma pista bidirecional varia em função do volume de bicicletas em circulação numa determinada rota.

### 3.3 – PAVIMENTAÇÃO DE CICLOVIAS

A pavimentação, como fator intrínseco para um projeto, contribui para o melhor desempenho do ciclista na ciclovia. É por isso que se faz necessário restringir cada vez mais o estudo de pavimentos quanto aos conceitos, características e funções, para então aplicar avaliações de desempenho no pavimento.

O conceito de pavimento segundo Pinto & Preussler (2001) é definido como uma estrutura constituída por uma ou mais camadas, com características para receber as cargas aplicadas na superfície e distribuí-las, de modo que as tensões resultantes fiquem abaixo das tensões admissíveis dos materiais que constituem a estrutura.

Os pavimentos podem ser classificados em flexíveis e rígidos. Os pavimentos flexíveis são constituídos por um revestimento betuminoso sobre uma base granular ou de solo estabilizado granulometricamente. Por outro lado, pavimentos constituídos por placas de concreto assentes sobre o solo de fundação ou sobre uma sub-base intermediária são chamados de rígidos.

Por outro lado, a norma NBR 7207/82 determina quais são as funções de um pavimento, ou seja, resistir e distribuir ao subleito os esforços verticais produzidos pelo tráfego; melhorar as condições de rolamento quanto à comodidade e segurança; e, resistir os esforços horizontais que nela atuam, tornando mais durável a superfície de rolamento.

Cada tipo de superfície tem vantagens e desvantagens. Materiais de superfície macios têm baixo custo inicial, mas requerem manutenção significativa e não são satisfatórios para muitas atividades recreativas às quais os pavimentos de hoje estão submetidos. Materiais de superfície duros mantêm as qualidades por muitos anos de serviço com baixa manutenção. Uma vantagem específica de pavimentos de asfalto é que eles podem ser construídos depressa e economicamente. Normalmente, o orçamento é o fator mais significativo durante a seleção do tipo de pavimento apropriado.

Segundo a NAPA (2002), a preferência do usuário também influencia na qualidade do pavimento. Pavimentos de asfalto contínuo com superfície de manutenção lisa são os que

possuem maior sensação de suavidade e são preferidos para o ciclismo. Os pedestres também preferem os pavimentos de asfalto de superfície mais lisa.

O pavimento da ciclovia, em especial, necessita de requisitos básicos segundo a Empresa Brasileira de Planejamento de Transportes – Geipot, e são os seguintes: a superfície de rolamento deverá ser regular, impermeável, antiderrapante e, se possível, de aspecto agradável.

Os materiais a serem utilizados na superfície de pavimentos cicloviários devem ser selecionados em função do tipo e intensidade de uso do pavimento, terreno, clima, manutenção, custo, e disponibilidade destes. Materiais de superfície macios incluem terra, grama, madeira lascada e pedra granular. Materiais de superfície duros incluem paralelepípedo, tijolo, concreto e asfalto. Materiais de superfície duros são preferidos para compartilhar o uso de pavimentos cicloviários (NAPA, 2002).

As ciclovias não são submetidas a grandes esforços, não necessitando de estrutura maior do que a utilizada para vias de pedestres. No entanto, ocorre de seus traçados cortarem áreas de acesso a garagens, estacionamentos fechados e outros locais destinados à guarda de veículos motorizados. Nesses casos, é sugerida a adoção de reforço de base, com armação em malha em ferro sob camada de concreto magro, a exemplo na Figura 3.5.



Figura 3.5 – Reforço da base do pavimento em área de cruzamento de veículos sobre a ciclovia em construção em Campo Grande/Rio de Janeiro (GEIPOT, 2001)

Algumas ciclovias, por terem características de pistas destinadas à prática do cicloturismo ou ao lazer eventual de parte da comunidade de uma região ou cidade, ou, ainda, por sua

localização em área rural, podem ter seus pisos em chão batido. Nesses casos, é necessário que o leito da ciclovia seja desempenado e constantemente regularizado, para evitar a formação de poças d'água em período chuvoso e para impedir deformações com a ação da água.

Segundo GEIPOT (2001) algumas ciclovias em países da Europa, destinadas ao cicloturismo, foram construídas em leitos de ramais ferroviários erradicados. Alguns desses ramais tiveram os trilhos e dormentes removidos, regularizados os lastros da via com terra, sendo depois plantada grama, como visto na Figura 3.6.



Figura 3.6 – Ciclovias construídas sobre leitos ferroviários na Espanha (GEIPOT, 2001)

Recomenda-se ainda uma diferenciação visual na pavimentação, entre a ciclovia e as vias adjacentes, como recurso auxiliar de sinalização. A exemplo, na cidade do Rio de Janeiro, a maioria das ciclovias tem seu pavimento colorizado, mediante adição de oxalato de ferro ao concreto magro, no momento da usinagem. Dependendo da quantidade de oxalato de ferro, haverá diferentes tonalidades de vermelho no pavimento final (Figura 3.7).



Figura 3.7 – Pavimento colorizado com oxalato de ferro em ciclovias de Bangu e Campo Grande/ Rio de Janeiro (GEIPOT, 2001)

Enquanto que a experiência francesa na execução desse tipo de via está relacionada principalmente aos revestimentos betuminosos sobre bases estabilizadas, os revestimentos mais usados são: concreto asfáltico, com agregado miúdo sobre base estabilizada ou base tratada com cal ou cimento, e tratamento superficial duplo, normalmente usando o produto betuminoso em cor. Em locais próximos a siderúrgicas, são aproveitadas escórias de alto forno para execução da base.

Hoje, no sul do Brasil, têm sido realizadas experiências com pneus usados, que são reciclados e aplicados em bases de pavimentos com baixa exigência de esforços mecânicos. Tais pavimentos poderiam ser aproveitados com sucesso em ciclovias, por poderem ser colorizados, visto que esse tipo de via é submetido a baixos esforços (GEIPOT, 2001).

Os tipos de pavimentos possíveis de serem utilizados no Brasil são o concreto, os materiais betuminosos e algumas rochas rudimentares (termo que caracteriza o estado bruto das rochas, sem lapidação, apenas cortadas por aparelho).

### **3.3.1 – Tipos de Pavimentos Cicloviários**

Nesta seção serão apresentados alguns tipos de pavimentos de baixo custo, utilizando os materiais anteriormente mencionados. Para maiores esclarecimentos, serão apresentadas também as vantagens e desvantagens referenciadas segundo o Manual da GEIPOT (2001).

#### **3.3.1.1 – Pavimentos à Base de Concreto**

Os pavimentos à base de concreto podem ser divididos em: Concreto Moldado no local, Concreto em Placas Pré-moldadas e Blocos Pré-moldados de Concreto.

Concreto Moldado no Local: poderá ter junta seca ou preenchida com material betuminoso, e executado sobre o terreno compactado (Figura 3.8).

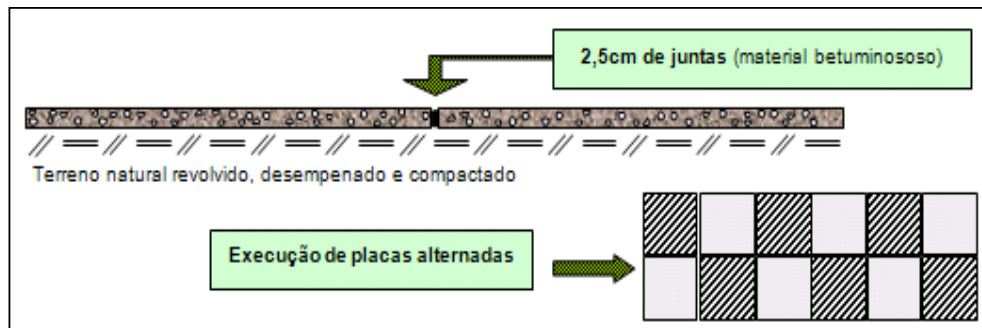


Figura 3.8 – Pavimento à Base de Concreto (GEIPOT, 2001)

Tem como vantagens a facilidade de execução; não há necessidade de retirada de material para base; maleabilidade do equipamento e baixo custo em relação a outros tipos de pavimento. Por outro lado as desvantagens estão relacionadas com o aspecto estético não muito agradável; possibilidade de confundir com o pavimento comumente utilizado em calçadas de pedestres e dificuldade para reposição de placas, no caso de reparo de redes subterrâneas.

Concreto em Placas Pré-moldadas: assentadas sobre o terreno compactado, com junta seca ou com material betuminoso (Figura 3.9).



Figura 3.9 – Pavimento de Concreto em Placas Pré-Moldadas (GEIPOT, 2001)

A facilidade de execução deste tipo de pavimento é uma vantagem, assim como a utilização do próprio terreno como base; poderá ser executado em cor, distinguindo-o das calçadas de pedestres e facilidade de substituição ao se necessitar de escavação para reparos de redes subterrâneas. Por outro lado, tem como desvantagem a falta de uniformidade da superfície de rolamento, aparecendo ressaltos no caso de má execução, podendo haver também desnivelamento entre placas vizinhas.



Blocos Pré-moldados de Concreto: tipo *Paviés* ou *Blokret*, assentados em camada de areia sobre base compactada (Figura 3.10).

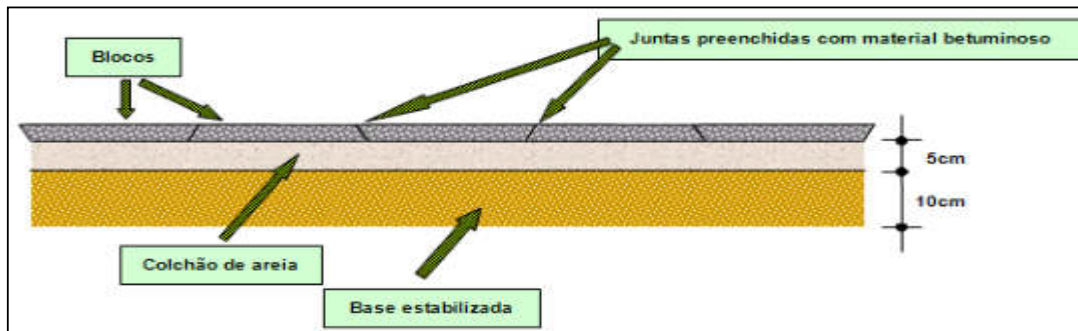


Figura 3.10- Pavimento em Blocos Pré-Moldados de Concreto (GEIPOT, 2001)

As vantagens para este tipo de pavimento são devidas ao fato de o mesmo poder ser colorido, dando um bom aspecto visual; além da facilidade para execução e reposição no caso de reparos. As desvantagens encontram-se na superfície de rolamento não-uniforme; há necessidade de assentamento sobre colchão de areia, encarecendo o pavimento, uma vez que, para atingir uma superfície uniforme, devem ser executados por empresas detentoras de especialização na implantação de tal pavimento, fato que poderá elevar o custo em relação aos demais pavimentos de concreto. A Figura 3.11 mostra a utilização desse tipo de pavimento em diferentes lugares no Brasil.



Figura 3.11 – Pavimentos de ciclovias com Blocos Pré-Moldados em Volta Redonda/RJ e Teresina/PI (GEIPOT, 2001)



### 3.3.1.2 – Pavimentos Betuminosos

Os pavimentos betuminosos descritos a seguir são muito utilizados em acostamentos de rodovias. Aconselham-se dois tipos principais: tratamento superficial simples e pré-misturado a frio em usinas móveis.

#### Tratamento Superficial Simples

O tratamento superficial simples consiste essencialmente em se dar um banho de ligante asfáltico sobre a base, previamente imprimida (impregnada com asfalto diluído) caso a mesma seja coesiva, ou após pintura de ligação (aplicação de emulsão asfáltica) caso a base seja coesiva) (Figura 3.12). Sobre o banho de ligante asfáltico, espalha-se uma camada de agregado, que é em seguida comprimida. Ao se comprimir o agregado, o ligante penetra-o para cima, constituindo-se o tratamento superficial simples por penetração invertida, cuja espessura máxima é de 2,5 cm (Santana, 1993).

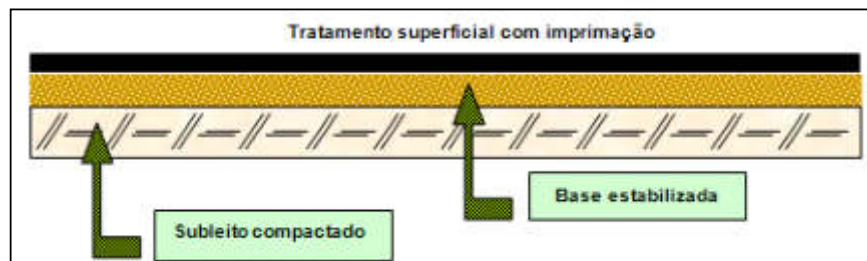


Figura 3.12 – Tratamento Superficial Simples (GEIPOT, 2001)

#### Pré-Misturado a Frio em Usinas Móveis, com emprego de Emulsão ou com Asfalto Diluído

As misturas a frio que são executadas utilizam asfalto diluído ou emulsão asfáltica, podendo ser misturadas à temperatura ambiente ou com leve aquecimento ( $\approx 60^{\circ}\text{C}$ ), e espalhadas e compactadas na temperatura ambiente (Santana, 1993) (Figura 3.13).

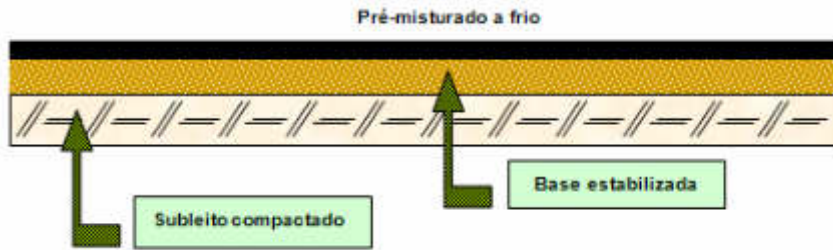


Figura 3.13 – Pré-misturado a frio (GEIPOT, 2001)

Esses dois tipos de pavimento betuminoso apresentam vantagens semelhantes, como o baixo custo, a utilização de tecnologia de execução comum, o uso de cor como recurso auxiliar na sinalização horizontal e detém de boa superfície de rolamento facilitando a execução manual. Porém apresentam algumas desvantagens como: são pavimentos mais apropriados para rodovia, tendo em vista o manejo em relação à largura da pista e à quantidade de aplicação. Em caso de reparos de redes subterrâneas, apresentam dificuldades de reconstrução, não dando homogeneidade ao conjunto.

Na Figura 3.14 são apresentados alguns exemplos de pavimentos betuminosos em Arapongas/PR, Nova Iguaçu/RJ e Campo Bom/RS, respectivamente.



Figura 3.14 – Aplicação de Pavimentos Betuminosos (GEIPOT, 2001)

### 3.3.1.3 – Rochas Rudimentares

Algumas rochas naturais, em suas formas rudimentares, considerando suas características de formação e corte, podem ser opção no pavimento de pistas cicláveis. São exemplos de rochas aproveitáveis como piso de ciclovias: a ardósia; a pedra de Pirenópolis; e o grés

rosa adotado em ciclovia construída no canteiro central de uma avenida em São Leopoldo (RS) (Figura 3.15).

Sua aplicação deve ocorrer à semelhança dos blocos pré-moldados de concreto. As pedras, cortadas em peças não muito largas (cerca de 0,30m na sua maior dimensão) e devidamente aparadas, devem ser assentadas sobre base de areia compactada. É importante que sobre esse tipo de piso não incidam muitos esforços, como a passagem de veículos motorizados, uma vez que o mesmo pode facilmente sofrer fraturas diante de compressões médias.

Consta como vantagens o uso de tecnologia de execução bastante conhecida; a boa superfície de rolamento; facilidade na execução, podendo ser feito manualmente; bom aspecto visual e facilidade de reposição no caso de reparos.

Porém tem como desvantagem o elevado custo das pedras, havendo necessidade de assentamento sobre colchão de areia o que encarece mais ainda o pavimento. Além disso, também impedem a utilização de pintura de sinalização de solo, muito necessária nos cruzamentos.



Figura 3.15 – Exemplo de Grés em Ciclovia de São Leopoldo/RS (GEIPOT, 2001)

### **3.3.1.4 – Outros Tipos de Pavimento**

Os revestimentos que utilizam asfalto usinado à quente não são aconselhados para esse fim, pois necessitam de equipamento pesado para sua confecção e espalhamento. Apresentam também como desvantagem o elevado custo, sendo sua utilização justificada somente quando forem previstos maiores esforços a suportar.

Nas calçadas de Curitiba é muito utilizado o paralelepípedo (pedras graníticas com corte de 0,15m x 0,15m x 0,25m) e a "lousinha" (pedra granítica com 0,06m x 0,15m x 0,15m). Embora utilizadas para calçadas, podem servir de pavimento cicloviário, porém com grandes desvantagens. Tal afirmação está referenciada tanto à superfície irregular do pavimento, provocando desconforto no trajeto, como pelo relativo custo do material empregado, somente justificável em grandes áreas. No entanto, é de fácil colocação e pode ser assentada sobre superfícies de areia confinada com técnica conhecida em todas as regiões do país.

Em terrenos de boa capacidade de suporte, como nos arenosos, podem-se obter soluções de custo muito baixo, bastando confinar o material arenoso de subleito e lançar a camada superficial do pavimento.

Um aspecto importante a ser lembrado é a drenagem nas ciclovias para o escoamento das águas pluviais. Esta deve ser analisada cuidadosamente para que não traga problemas tanto à segurança dos ciclistas quanto a conservação do pavimento cicloviário.

## **3.4 – DEFEITOS EM PAVIMENTOS**

O pavimento ao longo de sua vida útil recebe cargas pesadas muitas vezes inadequadas ao seu serviço. Com isso aparecem diferentes defeitos ao longo do trajeto que se tornam comuns merecendo manutenção adequada.

Diante disso, nesta seção serão abordados os defeitos que se apresentam com o decorrer do tempo em pavimentos flexíveis e rígidos. Haas *et al.* (1994) classifica como parâmetros empregados para avaliação do desempenho os seguintes defeitos:

- Irregularidade longitudinal;
- Defeitos de superfície:
- Trincas longitudinais e transversais: curtas (menores que 1m) e longas, interligadas, couro de jacaré e trinca de bloco, sem erosão em bordas e com erosão em bordas; afundamentos de trilha de roda, corrugação, escorregamento, exsudação, desgaste, panelas e remendos.
- Atrito;
- Deflexões;
- Propriedades dos materiais das camadas.

A seguir detalha-se de forma sucinta, os principais defeitos dos pavimentos asfálticos, destacando-se a irregularidade longitudinal, que é a variável mais correlacionada ao conforto percebido pelos usuários durante o rolamento sobre um dado pavimento.

### **3.4.1 – Trincas**

Os trincamentos são o primeiro aviso de um pavimento com problemas. É o sinal de que as tensões superaram os limites de resistência do pavimento ou há problemas com o subleito, devido às condições climáticas ou às cargas do tráfego (Rio, 1997). Os trincamentos são caracterizados por duas fases de desenvolvimento. Na primeira fase os defeitos ainda não podem ser visualizados na superfície e na segunda fase os defeitos desenvolvem-se progressivamente em termos de extensão, severidade e visualização (DNER, 1998).

Segundo Domingues (1993), o trincamento por fadiga (couro de jacaré ou pele de crocodilo) é um conjunto de trincas irregulares causadas pela diminuição gradual da resistência da superfície do revestimento asfáltico, sob ação repetida das cargas do tráfego, conforme ilustra a Figura 3.16.

O trincamento em blocos (Figura 3.17) é um conjunto de trincas de formato aproximadamente retangular, formando blocos de vários tamanhos. As áreas desses blocos variam de 0,1 m<sup>2</sup> (aproximadamente 30 cm de lado) a 10 m<sup>2</sup> (aproximadamente 3 m de lado). Normalmente o trincamento da superfície em grandes blocos é classificado como trincamento longitudinal e transversal (Domingues, 1993).

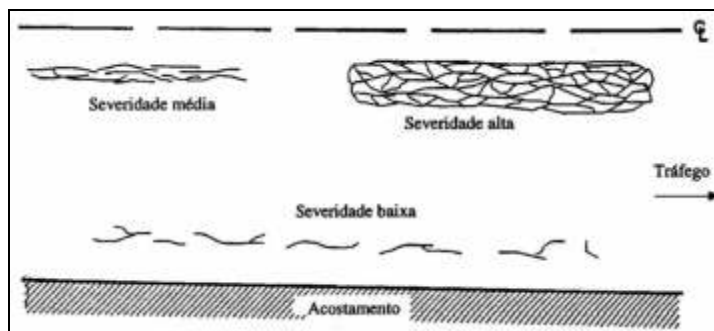


Figura 3.16 – Trincamento por fadiga (DNER, 1998)

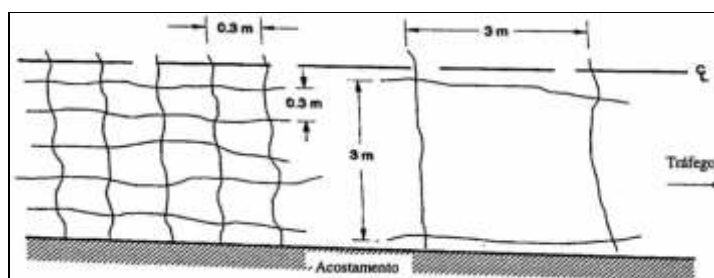


Figura 3.17 – Trincamento em blocos (DNER, 1998)

O trincamento longitudinal (Figura 3.18) é um conjunto de trincas paralelas ao eixo da pista de rolamento, enquanto que o trincamento transversal (Figura 3.19) é um conjunto de trincas perpendiculares ao eixo da pista (DNER, 1998).

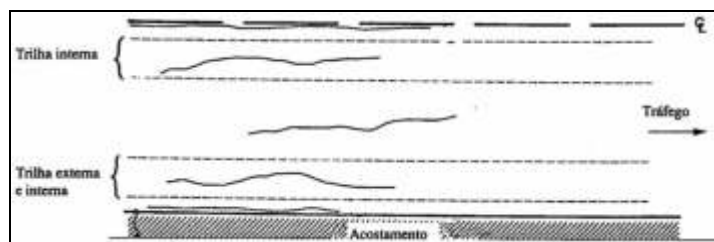


Figura 3.18 – Trincamento longitudinal (DNER, 1998)

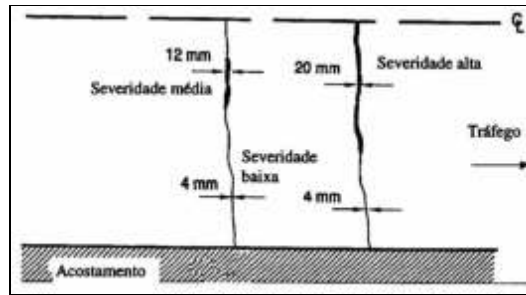


Figura 3.19 – Trincamento transversal (DNER, 1998)

O trincamento na borda (Figura 3.20) é uma ruptura, normalmente situada ao longo de uma faixa de 30 a 60 cm da borda do pavimento ou da junção onde o pavimento sofre alargamento. Caracteriza-se por uma trinca retilínea ou por uma área trincada que ocorre próximo da junção entre a pista e o acostamento, ou o alargamento. O trincamento de borda pode ser acompanhado por desintegração ou desagregação ao longo da borda (Domingues, 1993).



Figura 3.20 – Trincamento na borda (DNER, 1998)

Finalmente, o trincamento parabólico caracteriza-se pela formação de trincas em forma de meia lua ou quarto crescente, geralmente, com ambas as pontas indicando a direção do tráfego (Domingues, 1993).

### 3.4.2 – Afundamentos nas Trilhas de Roda

Os afundamentos de trilha de roda são depressões formadas nas trilhas devido à erosão provocada pelos veículos e pela deformação do pavimento. A magnitude dos afundamentos depende da intensidade, peso e velocidade do tráfego, além do material empregado no

revestimento. Tem-se como consequência uma redução da segurança, devido ao aumento do risco de hidroplanagem durante a ocorrência de precipitação (Rio, 1997).

Segundo o DNER (1998), os afundamentos nas trilhas de roda podem ser classificados em dois tipos: afundamentos por consolidação e afundamentos plásticos. Os afundamentos por consolidação são depressões do revestimento que se formam apenas na região onde se dá a passagem das cargas. O afundamento plástico é uma depressão formada nas trilhas de roda caracterizada por um afundamento na região solicitada aliado a um solevamento lateral.

### 3.4.3 – Panelas

As panelas (Figura 3.21) são cavidades formadas inicialmente no revestimento do pavimento e que possuem dimensões e profundidades variadas, influenciando a irregularidade longitudinal, a segurança do tráfego e o custo do transporte. Além disso, permitem o acesso das águas superficiais ao interior da estrutura, afetando a estrutura do pavimento (DNER, 1998).

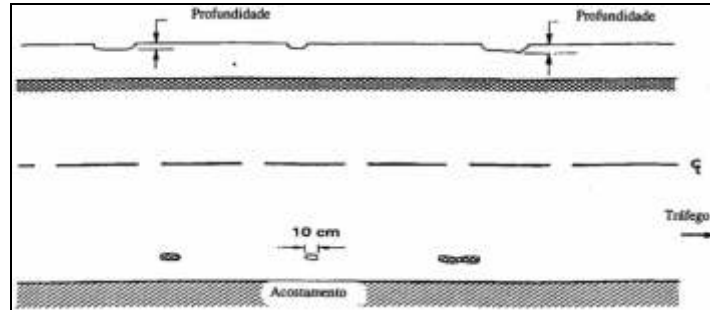


Figura 3.21 – Panelas (DNER, 1998)

### 3.4.4 – Remendos

Os remendos (Figura 3.22) são porções do revestimento onde o material original foi removido e substituído por outro material similar ou diferente. O remendo pode ser considerado uma falha, pois reflete o mau comportamento da estrutura original (DNER, 1998). No entanto, Vasconcellos (1994) considera que um remendo é uma cicatriz do pavimento, devendo ser considerado defeito somente quando mal executado (com depressões ou ressaltos).



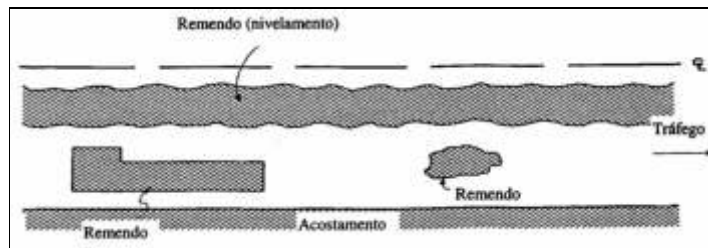


Figura 3.22 – Remendos (DNER, 1998)

### 3.4.5 – Desgaste

O desgaste é o arrancamento progressivo do agregado do pavimento, caracterizado por aspereza superficial e provocado por esforços tangenciais do tráfego (DNER, 1998).

### 3.4.6 – Ondulação/Corrugação

A ondulação/corrugação é uma falha caracterizada por ondulações transversais, de caráter plástico e permanente, no revestimento asfáltico (DNIT, 2006). É uma ocorrência ocasionada pela ruptura por cisalhamento no revestimento ou na interface entre o revestimento e o material de base, ocasionado pelas cargas de tráfego. Normalmente apresentam-se nas regiões de aceleração ou de frenagem dos veículos. Podem ocorrer em qualquer região da superfície, porém, com maior gravidade nas proximidades das trilhas de rodas.

### 3.4.7 – Escorregamento do revestimento

O escorregamento é um movimento horizontal do revestimento ocasionado pelos esforços tangenciais transmitidos pelos eixos dos veículos (frenagem e aceleração) e que produzem uma ondulação curta e abrupta na superfície do pavimento em forma de meia lua (DNIT, 2006).

### **3.4.8 – Exsudação**

A exsudação é uma ocorrência ocasionada pela formação de uma película ou filme de material betuminoso na superfície do pavimento e se caracteriza por manchas de variadas dimensões. Estas manchas resultantes comprometem seriamente a aderência do revestimento aos pneumáticos, principalmente sob tempo chuvoso, caracterizando um sério problema funcional (DNIT, 2006).

### **3.4.9 – Irregularidade Longitudinal**

Uma das principais finalidades de um pavimento é proporcionar uma superfície de rolamento confortável e segura para que os veículos trafeguem em alta velocidade. O julgamento da qualidade de uma rodovia pelos usuários depende fortemente do conforto experimentado durante o uso de seus veículos.

A principal utilidade do levantamento de perfis longitudinais é fornecer as informações necessárias à avaliação do conforto ao rolamento. Este conforto está relacionado não apenas às características geométricas do perfil, mas também às características do veículo (pneus e amortecimento) e à velocidade de deslocamento.

A determinação da irregularidade longitudinal de um pavimento é uma característica que influi na interação da superfície da via com os veículos, gerando efeito sobre os próprios veículos, sobre os passageiros e motorista, e sobre a carga transportada. Ela afeta a dinâmica dos veículos, tem influência sobre o custo operacional dos mesmos e ainda aumenta o seu desgaste.

Define-se a irregularidade longitudinal como sendo o conjunto de desvios da superfície da rodovia em relação a um plano de referência. Segundo a AASHO (1962), a irregularidade longitudinal é a grandeza física preponderante quando comparada aos afundamentos de trilha de roda, trincamentos e remendos.

A irregularidade longitudinal de um pavimento é apresentada sob a forma de ondas de diferentes comprimentos devido às deformações do pavimento sob tráfego ou a

deformações no subleito. Essas irregularidades afetam a comodidade do usuário pelas vibrações produzidas, ocasionando maior desgaste, maior consumo de combustível e afetando a estabilidade dos veículos.

Os comprimentos de onda que provocam desconforto nos passageiros dos veículos variam entre 0,5 e 50 metros. Esses comprimentos de onda podem ser divididos em três classes. As irregularidades de grande comprimento de onda (15 a 50 m) produzem maiores efeitos sob os veículos que trafegam em altas velocidades, pois influem na estabilidade do veículo e no conforto do usuário. Os comprimentos de ondas médios (5 a 15 m) e ondas curtas (0,5 a 5 m), com amplitudes elevadas podem ocasionar a perda de contato entre o pneu e o pavimento, inclusive em superfície seca, produzindo oscilações das cargas transportadas e aumentando o consumo de combustível (Patiño e Anguas, 1998).

A Figura 3.23 mostra como o passageiro do veículo reage aos três comprimentos de onda que afetam a irregularidade longitudinal em altas e baixas velocidades. Em cada caso, a figura ilustra a trajetória espacial de um ponto do corpo do veículo e de um ponto do eixo traseiro.

Quando predominam os comprimentos de onda longos no perfil (Figura 3.23, item “a”), o eixo do veículo acompanha em certa medida o contorno do perfil. Os comprimentos de onda longos são percebidos como as elevações e declives presentes quando o greide do pavimento não foi corretamente executado, ou quando grandes áreas das camadas de base, sub-base ou subleito apresentaram pequena consolidação ou adensamento. Em altas velocidades, o corpo do veículo pode responder em excesso às variações do perfil, de forma que as variações verticais do pavimento são amplificadas devido à ressonância mecânica do veículo. Em baixas velocidades, o corpo do veículo meramente segue os contornos do perfil à medida que ele eleva-se gradualmente e cai (Sayers e Gillespie, 1983).

Esse tipo de pavimento aparentaria ser irregular em altas velocidades, apesar do revestimento da superfície ter sido corretamente executado; ou aparentar ser muito suave em baixas velocidades. A resposta obtida neste caso é fortemente dependente do peso do

veículo, da rigidez da suspensão e das propriedades de amortecimento (Sayers e Gillespie, 1983).

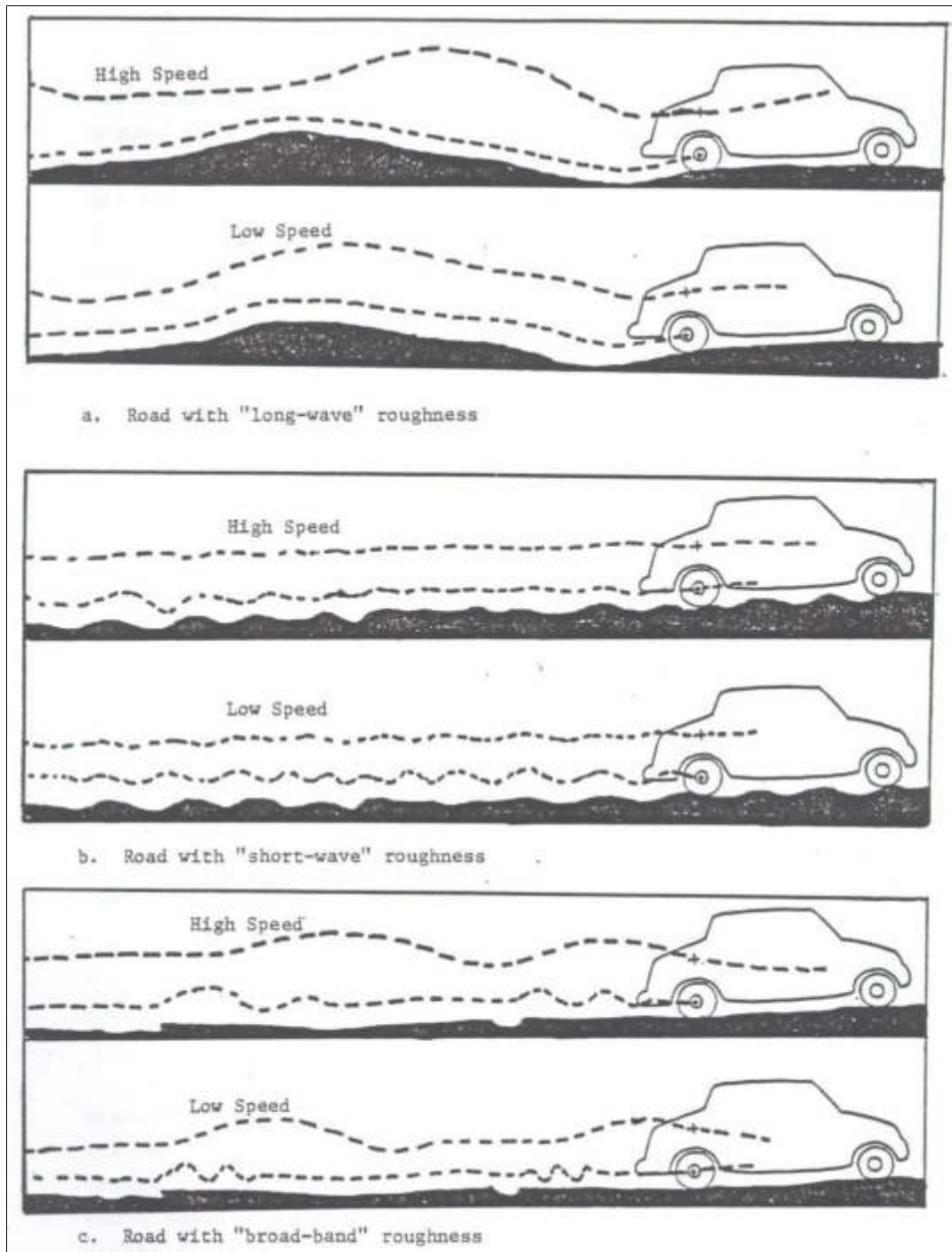


Figura 3.23 – Diferentes tipos de irregularidade longitudinal em altas e baixas velocidades (Sayers e Gillespie, 1983)

Quando o pavimento apresenta comprimentos de onda curtos predominantes (Figura 3.23, item “b”), o corpo do veículo não acompanha às variações do perfil, porque a suspensão isola-o parcialmente por meio da transmissão de uma pequena fração do movimento do eixo. Em baixas velocidades, o eixo acompanha e provavelmente amplifica o perfil, enquanto que em altas velocidades os pneus podem absorver a maioria das variações, transmitindo apenas uma fração da variação do perfil ao eixo. Esses comprimentos de onda curtos são típicos de rodovias não pavimentadas e de rodovias pavimentadas com grandes áreas constituídas por pequenos defeitos superficiais (Sayers e Gillespie, 1983).

Na maioria dos casos, o perfil rodoviário contém uma ampla faixa de comprimentos de onda significativos. O item “c” da Figura 3.23 mostra que através dos solavancos do veículo, as discontinuidades (juntas e painéis, entre outros), resultam em respostas do veículo associadas por comprimentos de onda longos e curtos. Desconsiderando a velocidade, a resposta de vibração inclui os movimentos tanto do corpo quanto do eixo do veículo. Neste caso, a irregularidade longitudinal percebida aumenta com a velocidade, apesar desse crescimento não ser tão rápido como no caso das irregularidades com comprimentos de onda longos (Sayers e Gillespie, 1983).

Adota-se como escala padrão de irregularidade no Brasil o Quociente de Irregularidade (QI), expresso em contagens/Km. Ultimamente também tem sido utilizado o Índice Internacional de Irregularidade (IRI), recomendado pelo Banco Mundial e que apresenta elevada correlação com o QI.

Segundo o procedimento DNER-PRO 176/83, o Quociente de Irregularidade (QI) é um índice que representa o somatório dos deslocamentos verticais relativos do eixo traseiro de um veículo medidor de irregularidade (maysmeter, Figura 3.24) dividido pela distância percorrida, tendo como unidade contagens/quilômetro. A classificação do pavimento segundo o QI é apresentada na Tabela 3.1.

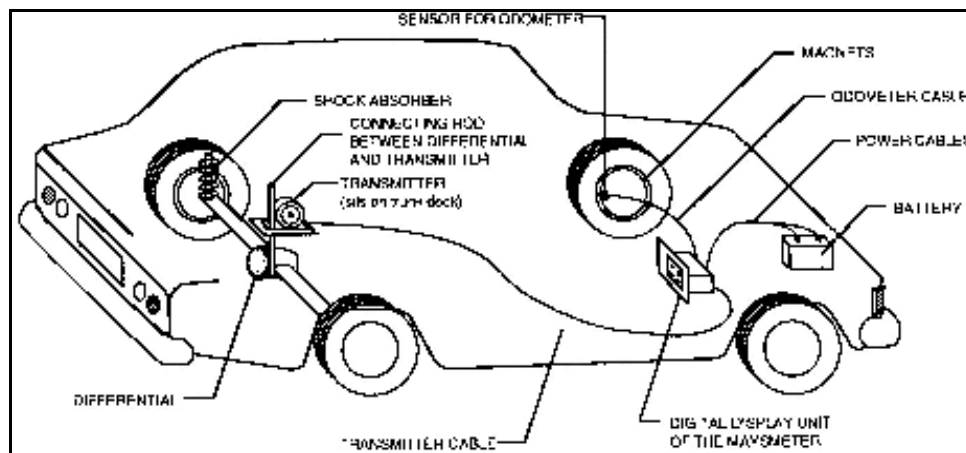


Figura 3.24 – Maysmeter (Haas *et al.*, 1994)

Tabela 3.1 – Condição do pavimento quanto à irregularidade longitudinal em termos de Quociente de Irregularidade (QI)

| Condição  | QI (contagens/km) |
|-----------|-------------------|
| Excelente | 13 – 25           |
| Bom       | 25 – 35           |
| Regular   | 35 – 45           |
| Ruim      | 45 – 60           |
| Péssima   | > 60              |

Fonte: Pinto e Preussler modificado (2001)

Por outro lado, o Índice Internacional de Irregularidade (IRI) é uma estatística do perfil longitudinal para uma trilha de roda, definido pela simulação matemática do Sistema Quarto de Carro. O Sistema Quarto de Carro, conforme ilustra a Figura 3.25, é um modelo computacional constituído por uma massa suspensa ( $m_s$ ), representando o chassi do veículo (onde o usuário está sentado); e a outra é uma massa fixa ( $m_u$ ) apoiada sobre a superfície do pavimento e representando a roda, pneu e metade do eixo/suspensão. A massa suspensa está conectada à massa fixa por um sistema de suspensão, representada por um amortecedor ( $C_s$ ) e uma mola ( $k_s$ ). A massa fixa está conectada ao pavimento por meio da roda, cujo pneu é descrito por outra mola ( $k_u$ ). Esse modelo computacional percorre o perfil longitudinal medido na trilha de roda à velocidade de 80 km/h. O somatório da diferença de elevação entre a carroceria e o eixo do veículo, como resposta ao perfil longitudinal da rodovia representa o Índice de Irregularidade Internacional (Sayers, 1995).

A condição de um dado pavimento em função desse índice pode ser determinada a partir da Tabela 3.2.

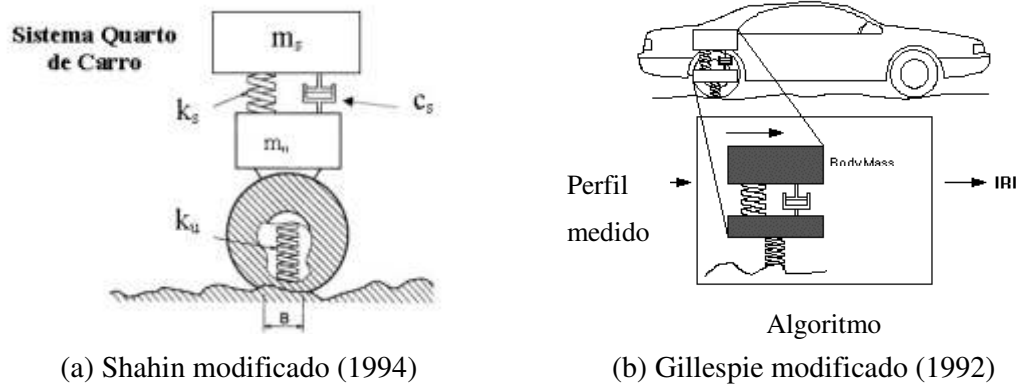


Figura 3.25 – Sistema Quarto de Carro.

Tabela 3.2 – Condição do pavimento quanto à irregularidade longitudinal no Brasil

| Condição  | IRI (m/km) |
|-----------|------------|
| Excelente | 1,0 - 1,9  |
| Bom       | 1,9 - 2,7  |
| Regular   | 2,7 - 3,5  |
| Ruim      | 3,5 - 4,6  |
| Péssima   | > 4,6      |

Fonte: Pinto e Preussler modificado (2001).

### 3.5 – GERÊNCIA DE PAVIMENTOS

As intervenções operacionais em apoio ao uso de bicicletas têm a função de viabilizar deslocamentos seguros e eficientes para os ciclistas. Para isso, são esperados pavimentos adequados quanto ao projeto e manutenção, o que poderá garantir a segurança e o conforto nos deslocamentos cicloviários.

Hoje em dia as atividades de manutenção e preservação da superfície dos pavimentos existentes são tão importantes quanto à construção de novas vias. No passado, os órgãos rodoviários não realizavam manutenção preventiva porque queriam minimizar a exposição

dos usuários a operações parciais de tráfego. Além disto, considerando-se especificamente o tráfego motorizado, os tratamentos disponíveis para tais atividades eram inadequados para os elevados volumes existentes à época (Johnson, 2000).

A manutenção rodoviária pode ser definida como o conjunto de atividades corretamente programadas e executadas que asseguram ou estendem a vida do pavimento até que a deterioração das diferentes camadas e materiais alcance um nível mínimo aceitável e/ou custo-benefício maior que o necessário para reabilitar o pavimento (TAC, 1997).

Johnson (2000) vai além quando sugere a divisão da manutenção em três atividades, onde ficam assim estabelecidas:

- **Manutenção Preventiva:** é aquela executada para melhorar ou estender a vida funcional do pavimento. São estratégias e operações realizadas na tentativa de retardar a progressão dos defeitos e reduzir a necessidade de manutenção e serviços de rotina. Estima-se que seu custo seja seis a dez vezes inferior quando comparado à estratégia de não se fazer nada.
- **Manutenção Corretiva:** é aquela executada após a ocorrência da deficiência no pavimento, por exemplo, perda de atrito ou profundidade de trilha de roda moderada a severa. Inclui-se nessa etapa atividades como recapeamento e fresagem-recapamento.
- **Manutenção de Emergência:** é aquela executada durante uma situação crítica, por exemplo, panelas severas, que necessitam de reparos imediatamente. São tratamentos temporários para manter a coesão da superfície até que reparos permanentes possam ser executados.

Considerando o caso dos pavimentos cicloviários, o crescimento da utilização de bicicletas demanda do órgão gestor maior atenção quanto as atividades de conservação destas. Segundo Cairney (1985), em Victoria – Austrália, procurou-se uma distribuição racional dos fundos governamentais para manutenção em lugar da construção de novas ciclovias. Essa otimização da utilização dos fundos deveria ser acompanhada por procedimentos de



avaliação objetiva da superfície cicloviária, de forma a traduzir a opinião do usuário quanto à qualidade da superfície do pavimento cicloviário.

### **3.6 – AVALIAÇÃO DE PAVIMENTOS**

Os pavimentos não são concebidos para durarem eternamente, mas apenas um determinado período. Durante um período ou ciclo de vida, o pavimento sofre deteriorações que levam à redução do seu desempenho. A deterioração é um fenômeno que rege a mudança da condição do pavimento, enquanto que o desempenho está relacionado ao decréscimo da serventia ao longo do tempo (DNER, 1998).

Denomina-se serventia a habilidade de um dado pavimento servir ao tráfego que o utiliza (TAC, 1997). Esse conceito pode ser traduzido pelo binômio conforto e segurança. Pavimentos bem projetados e construídos apresentam aos usuários elevado grau de serventia logo após sua conclusão. Porém, com o passar do tempo devido ao efeito do tráfego e das intempéries ocorre uma progressiva diminuição do grau de serventia devido ao surgimento de trincas, panelas, remendos e deformações nos perfis longitudinal e transversal (Pinto e Preussler, 2001). O clima e o tráfego alteram as propriedades dos materiais que compõem a mistura do revestimento do pavimento, diminuindo de forma crescente o seu grau de serventia.

A avaliação sistemática de pavimentos é necessária para que atividades de manutenção sejam corretamente programadas e executadas. Segundo Haas *et al.* (1994) a avaliação de pavimentos pode ser dividida em:

- a) avaliação de serventia (comportamento funcional);
- b) avaliação da adequação estrutural (avaliação mecânica);
- c) avaliação dos defeitos de superfície; e,
- d) avaliação da segurança (hidroplanagem e deslizamento potencial).

### 3.6.1 – Índices de Avaliação

Existem diferentes índices destinados a avaliar a serventia e a capacidade estrutural de um pavimento. A avaliação da serventia de um pavimento pode ser feita de forma objetiva e/ou subjetiva.

#### 3.6.1.1 – Avaliação Objetiva de Pavimentos

A avaliação objetiva é baseada no trabalho de técnicos que inspecionam o pavimento com equipamentos de precisão que possibilitam avaliar a via em adequada ou não, à circulação de veículos e pedestres. A American Association of State Highways and Transportation Officials (AASHTO) utiliza o Índice de Serventia Atual (Present Serviciability Index, PSI) para avaliações objetivas. Este índice relaciona a avaliação subjetiva obtida por meio de um grupo de avaliadores com a variância das inclinações longitudinais, afundamento de trilha de roda, área trincada e área remendada (AASHO, 1962).

O Índice de Serventia Atual (PSI), ilustrado pela Equação 3.1, foi definido a partir da correlação entre a variância das declividades (SV) da superfície do pavimento, o afundamento de trilha de roda (RD) e as áreas trincada e remendada (C+P) versus a avaliação subjetiva obtida por meio do índice denominado Avaliação da Serventia Atual (PSR) (AASHO, 1962).

$$PSI = 5,03 - 1,91 \cdot LOG(1 + SV) - 1,38 \cdot RD^2 - 0,01 \cdot (C + P)^{1/2} \quad (3.1)$$

Onde:

*PSI* = Índice de Serventia Atual (Present Serviciability Index);

*SV* = Variância das declividades (Slope Variance) ( $\times 10^{-6}$ );

*RD* = Profundidade ou afundamento de trilha de roda (polegadas);

*C* = Área trincada ( $pe^2/1000 pe^2$ );

*P* = Área remendada ( $pe^2/1000 pe^2$ ).

No Brasil, a avaliação objetiva é realizada segundo o DNIT 006/2003-PRO. Este procedimento define o Índice de Gravidade Global (IGG) correspondente à soma dos Índices individuais (IGI's), traduzindo a severidade dos defeitos verificados. O IGG é igual a zero para pavimentos em perfeito estado e superior a 160 para pavimentos em péssimo estado de conservação.

A partir do inventário das condições superficiais observadas em campo pode-se calcular as frequências absolutas e relativas de ocorrência de cada tipo de defeito detectado, bem como a média aritmética e a variância das flechas transversais nas trilhas de roda. A cada tipo de defeito ou parâmetro estatístico (no caso das flechas), é atribuído um peso ou fator de ponderação para expressar a maior ou menor importância relativa em termos de serventia, conforme mostra a Tabela 3.3. O produto entre cada frequência relativa e o respectivo fator de ponderação determina o Índice de Gravidade Individual (IGI). O somatório dos IGI's representa o Índice de Gravidade Global (IGG). A partir desse valor, pode-se então classificar o pavimento segundo sua condição, conforme apresenta a Tabela 3.4.

Tabela 3.3 – Valores dos fatores de ponderação para cálculo do IGG

| NATUREZA DO DEFEITO   |       | FATOR DE PONDERAÇÃO |
|---|-------|---------------------|
| FC-1 (FI, TTC, TTL, TLC, TLL e TRR)   |       | 0,2                 |
| FC-2 (J e TB)   |       | 0,5                 |
| FC-3 (JE e TBE)   |       | 0,8                 |
| Afundamentos locais devido a fluência plástica  | ALP   | 0,9                 |
| Afundamentos nas trilhas de rodas devido a fluência plástica  | ATP   |                     |
| Ondulações transversais e/ou Panelas  | O e P | 1,0                 |
| Exsudação   | EX    | 0,5                 |
| Desgaste  | D     | 0,3                 |
| Remendos  | R     | 0,6                 |
| Média aritmética dos valores médios das flechas medidas em milímetros nas trilhas de roda interna e trilhas de roda externa |       | *4/3                |
| Média aritmética das variâncias das flechas medidas nas trilhas internas e externas   |       | *1,0                |

Legenda: FC – 1, FC – 2 e FC – 3: Trincas no pavimento

Fonte: DNIT (1994).

Os valores apresentados na Tabela 3.3 em asterisco indicam que se a média aritmética dos valores médios das flechas medidas em milímetros, em ambas as trilhas de roda, for igual ou inferior a trinta, então o fator de ponderação é igual 4/3. Senão, assume-se o Índice de Gravidade Individual (IGI) igual a quarenta.

Quando a média aritmética das variâncias das flechas medidas em milímetros em ambas as trilhas for igual ou superior a cinqüenta, o fator de ponderação é igual a 1 (um). Senão, assume-se o Índice de Gravidade Individual (IGI) igual a cinqüenta.

Tabela 3.4 – Classificação da condição do pavimento segundo o IGG

| Conceito | Limites do IGG |
|----------|----------------|
| Ótimo    | 0 – 20         |
| Bom      | 20 – 40        |
| Regular  | 40 – 80        |
| Ruim     | 80 – 160       |
| Péssimo  | > 160          |

Fonte: DNIT (1994).

### 3.6.1.2 – Avaliação Subjetiva de Pavimentos

Entende-se como avaliação subjetiva de um trecho de pavimento aquela baseada exclusivamente na opinião de um grupo de usuários ou pessoas que percorrem um determinado segmento, a fim de avaliar a qualidade do pavimento, especialmente em termos de conforto. Assim, a AASHTO desenvolveu o índice Avaliação da Serventia Atual (Present Serviceability Rating, PSR), que em síntese, constitui-se de uma nota de comportamento atribuída ao pavimento num dado momento de sua vida (AASHO, 1962). No Brasil, a avaliação subjetiva dos pavimentos é realizada por meio do Valor da Serventia Atual (VSA).

#### Avaliação da Serventia Atual (Present Serviceability Rating, PSR)

Este índice foi desenvolvido durante os ensaios realizados nas pistas experimentais da AASHTO. O procedimento consiste em reunir cinco avaliadores, previamente treinados,

que percorrem um certo trecho da rodovia em um veículo de passeio médio. Esse veículo deve deslocar-se a velocidades próximas da velocidade permitida para aquela rodovia. Ao final do trajeto, cada avaliador atribui uma nota ao pavimento. Essa nota pretende traduzir a opinião do usuário quanto ao conforto oferecido por aquele segmento rodoviário, independente de eventuais falhas de projeto geométrico, sinalização, entre outros. Essa nota pode variar de zero a cinco, conforme ilustra a Tabela 3.5. O valor médio dessas cinco notas atribuídas representa a Avaliação da Serventia Atual (PSR).

Tabela 3.5 – Avaliação da Serventia Atual (PSR)

| Nota  | Conceito  |
|-------|-----------|
| 4 a 5 | Excelente |
| 3 a 4 | Bom       |
| 2 a 3 | Regular   |
| 1 a 2 | Ruim      |
| 0 a 1 | Péssimo   |

Fonte: AASHTO (1962).

#### Valor da Serventia Atual (VSA)

No Brasil, a avaliação subjetiva pode ser feita por meio do procedimento DNIT 009/2003 - PRO. Inicialmente são selecionados trechos homogêneos (de características semelhantes) com extensão inferior a 2 km. Logo, um grupo de cinco avaliadores percorre cada trecho em um veículo de passeio médio a velocidades próximas da velocidade limite da via. Ao final do trecho cada avaliador atribui uma nota (de zero a cinco), sendo o valor médio dessas cinco notas definido como Valor da Serventia Atual (VSA). A Tabela 3.6 mostra as faixas de valores e os respectivos conceitos.

Tabela 3.6 – Valor da Serventia Atual (VSA)

| Conceito | VSA   |
|----------|-------|
| Ótimo    | 4 a 5 |
| Bom      | 3 a 4 |
| Regular  | 2 a 3 |
| Ruim     | 1 a 2 |
| Péssimo  | 0 a 1 |

Fonte: DNIT 009/2003 -PRO.

### 3.6.1.3 – Avaliação Subjetiva de Pavimentos Ciclovíarios

A qualidade dos pavimentos ciclovíarios também pode ser avaliada a partir da opinião dos usuários dessas vias. Na Austrália, Cairney (2003) selecionou para testes dois trechos de ciclovias. O circuito Yarra, no centro de Melbourne, e o circuito Werribee, no estado de Victoria. O estudo utilizou uma amostra contendo 23 participantes, dentre os quais, três com menos de 20 anos; sete com idades entre 20 e 30 anos; oito entre 31 e 50 anos; e cinco acima de 50 anos. Foram analisados trechos com revestimento em concreto de cimento Portland e revestimento em concreto asfáltico, respectivamente. O objetivo principal do estudo era correlacionar estatisticamente a avaliação subjetiva dos ciclistas quanto ao conforto oferecido pelo pavimento versus as condições físicas de cada seção, determinadas por meio de levantamentos ou medições objetivas da irregularidade longitudinal, textura, resistência ao deslizamento e declividade transversal das seções.

Cairney (2003) observou que, nas seções de concreto asfáltico, as avaliações subjetivas dos ciclistas apresentaram elevada dispersão. Adicionalmente, a correlação entre opiniões versus irregularidade longitudinal também apresentou baixa correlação ( $R^2 = 0,19$ ). No entanto, ao se eliminar algumas seções com características anormais, obteve-se uma melhoria significativa na correlação ( $R^2 = 0,57$ ). Para as seções de concreto de cimento Portland constatou-se que apesar de as avaliações subjetivas não apresentarem dispersão, obteve-se novamente baixa correlação entre as opiniões dos ciclistas e os levantamentos de irregularidade longitudinal. Desta forma, concluiu-se que o aparelho utilizado (ARRB Walking Profiler) para medição da irregularidade não pode traduzir o conforto ou desconforto percebido pelos ciclistas. Cabe destacar que a irregularidade longitudinal

medida pelo aparelho utilizado considerou durante o cálculo os parâmetros tradicionais empregados para veículos rodoviários.

A irregularidade longitudinal está fortemente associada às vibrações resultantes da ausência de uniformidade da superfície de rolamento. Ainda no âmbito ciclovitário, Wigan e Cairney (1985) realizaram medições das vibrações em bicicletas. A pesquisa teve por objetivo o desenvolvimento de métodos de avaliação para a superfície de pavimentos ciclovitários, assim como desenvolver e testar um sistema acelerômetro-bicicleta para medir a irregularidade longitudinal do pavimento. Também procurou-se explorar os efeitos da utilização de tipos diferentes de bicicletas e pneus em avaliações da condição de superfície.

As vibrações medidas a partir de um acelerômetro instalado na bicicleta foram correlacionadas com as opiniões dos ciclistas quanto ao conforto percebido durante o deslocamento. Os trechos percorridos pela bicicleta também foram percorridos por um aparelho medidor de irregularidade longitudinal, deslocando-se a 20 km/h e a 80 km/h, respectivamente, a fim de determinar-se a irregularidade longitudinal de cada trecho. Quanto a opinião dos ciclistas, dois procedimentos foram considerados:

- O valor comum das avaliações de qualidade de passeio avaliado pelos ciclistas (nível de serventia) e;
- A porcentagem dos ciclistas que classificou a seção como "aceitável" (nível tolerância).

Os levantamentos foram realizados por 12 pessoas, incluindo ciclistas regulares e ocasionais. Foram coletadas informações sobre hábitos pessoais em relação à atividade de pedalar, conhecimento dos voluntários das vias locais, etc. A amostra usada não pôde representar a população de ciclistas regulares. A faixa etária da amostra variou entre 30 e 43 anos de idade. O domínio de ciclistas masculinos também é razoavelmente representativo, isto porque a participação feminina australiana apresenta uma taxa em ciclismo tipicamente mais baixa que a masculina.

Os ensaios foram executados utilizando-se duas bicicletas que radicalmente diferiram em design e em qualidade de rolamento na via. A primeira delas era uma *touring bike* convencional com um base de roda de 1,05 m e com pneus finos inflados a uma pressão de

580 Kpa (84 psi), e a segunda uma Peugeot *mountain bike* com um base de roda de 1,12 m e pneus largos inflados a 210 Kpa (30 psi). Uma engrenagem satisfatória foi selecionada no começo do levantamento, e a mesma engrenagem foi usada por todos os ciclistas e em todas os percursos. A *touring bike* era provida de um velocímetro multifunção eletrônico que permitiu monitorar a velocidade durante a corrida nas seções de teste.

Quanto às acelerações verticais, foi desenvolvido um acelerômetro firmemente preso na armação da bicicleta que registrava o acúmulo de deslocamento relativo entre o eixo traseiro e o corpo da bicicleta ao percorrer um trecho da ciclovia.

Os levantamentos de campo foram realizados em quatro seções de ciclovias apresentando diferentes condições de superfície assim como tipos de revestimento para os pavimentos. Seções com pavimentos de baixíssima irregularidade longitudinal foram utilizados como seções de referência.

Os fabricantes de automóvel se preocupam em melhorar os níveis de conforto do ocupante dentro de um veículo, e como resultado, a relação entre a própria superfície da estrada e o corpo de veículo onde é projetado para reduzir a transmissão de irregularidades da estrada aos ocupantes. O único sistema de suspensão entre uma superfície de pavimento cicloviário e um ciclista é o pneu. A armação de bicicleta convencional e os garfos são caracterizados pela baixa torção e rigidez à deflexão, mas os níveis de flexibilidade do pneu geralmente têm uma ordem de grandeza maior comparado à esses elementos estruturais. Podem ser utilizadas as pressões especificadas pelo fabricante para diferentes tipos de pneus de bicicleta, e então ter-se-á um efeito significativo no conforto do ciclista.

Os participantes foram instruídos a percorrerem os trechos em velocidades habituais de deslocamento. Observou-se que para ambas as bicicletas, considerando-se todas as seções avaliadas, a velocidade média oscilou entre 17,6 Km/h e 22,5 Km/h. Considerando-se as bicicletas individualmente, registraram-se velocidades médias na *mountain bike* iguais a 19,8 Km/h e a 19,7 Km/h na *touring bike*. Desta forma, especificou-se uma velocidade padrão de 20 Km/h para os testes de coleta de dados com o acelerômetro.



A medição das acelerações verticais mostrou-se bastante sensível em descobrir variações na condição de superfície, o que é característico das ciclovias, e discriminar os níveis de conforto do ciclista dos diferentes tipos de bicicleta utilizadas. Quando perguntou-se aos participantes quanto à grau de precisão das respostas emitidas por cada um, constatou-se que em geral, a confiança nas avaliações de aceitabilidade quando utilizada a *mountain bike* era mais alto que com a *touring bike*, e havia menos reclamações de pequenas ondulações contínuas, como poderia ser esperado dos pneus maiores e mais macios existentes na *mountain bike*.

Os resultados dos levantamentos de campo demonstraram que das quatro seções avaliadas, três apresentaram avaliação da seção significativamente melhor quando se utilizou a *mountain bike* (30psi) em lugar da *touring bike* (84 psi).

### **3.7 – TÓPICOS CONCLUSIVOS**

Este capítulo identificou os tipos de pavimentos cicloviários, os defeitos que se estabelecem ao longo da sua vida útil e como avaliar a degradação da serventia a partir de levantamentos objetivos e subjetivos.

## **4 – METODOLOGIA PARA ANÁLISE DE PARÂMETROS QUE AFETAM A AVALIAÇÃO SUBJETIVA DE CICLISTAS**

### **4.1 – INTRODUÇÃO**

As infra-estruturas cicloviárias no Brasil se propagam, a partir do momento que se apresenta a necessidade de atender um ator fragilizado no trânsito brasileiro, e para que isso ocorra de forma adequada, o governo local deverá estimular o uso da bicicleta oferecendo condições adequadas de segurança e conforto em suas ciclovias.

Desta forma, apresenta-se uma metodologia para análise dos parâmetros que afetam a avaliação subjetiva de ciclistas, contemplando apenas o conforto e a segurança oferecida pelo rolamento.

No desenvolvimento da metodologia do trabalho, como base conceitual para direcionar e referendar o estudo, foram abordados os seguintes focos: Sistema Cicloviário e Pavimentos Cicloviários.

O estudo pode ser dito como *descritivo*, pois busca as características que estão relacionadas ao fenômeno dos parâmetros que interferem na avaliação subjetiva de pavimentos cicloviários, assim como na infra-estrutura cicloviária e, em especial, o comportamento do usuário. Isso implica em dizer que o estudo descritivo no presente trabalho utiliza características de pesquisa de opinião, por meio de entrevistas com os usuários das ciclovias em estudo.

Juntamente a esta parte inicial, adotou-se a pesquisa participante, utilizando métodos de coleta de dados por meio da observação e entrevista com ciclistas pré-selecionados, para assim poder conhecer, registrar e descrever as variáveis que interferem na avaliação do pavimento das ciclovias em estudo.

Foram selecionadas algumas ciclovias do Distrito Federal para o estudo de caso, pela facilidade de coleta de dados e por se tratar de uma cidade que está começando a desenvolver infra-estruturas cicloviárias.

Assim, a partir das opiniões de ciclistas quanto à qualidade de rolamento do pavimento, serão desenvolvidas análises estatísticas para detectar correlações e contribuições entre diferentes variáveis relacionadas a fatores humanos, fatores relativos à bicicleta e ao pavimento cicloviário.

Este capítulo apresenta as bases metodológicas para análise dos parâmetros que podem afetar a avaliação subjetiva dos usuários de ciclovias de tal forma que sirva de contribuição ao gerenciamento e monitoramento de pavimentos cicloviários no Brasil.

#### **4.2 – ESTRUTURA METODOLÓGICA**

Assim, levando em consideração que se deseja contribuir para o gerenciamento e monitoramento dos pavimentos cicloviários, alguns passos devem ser adotados para atingir tal objetivo. A Figura 4.1 apresenta a seqüência de atividades a serem realizadas.

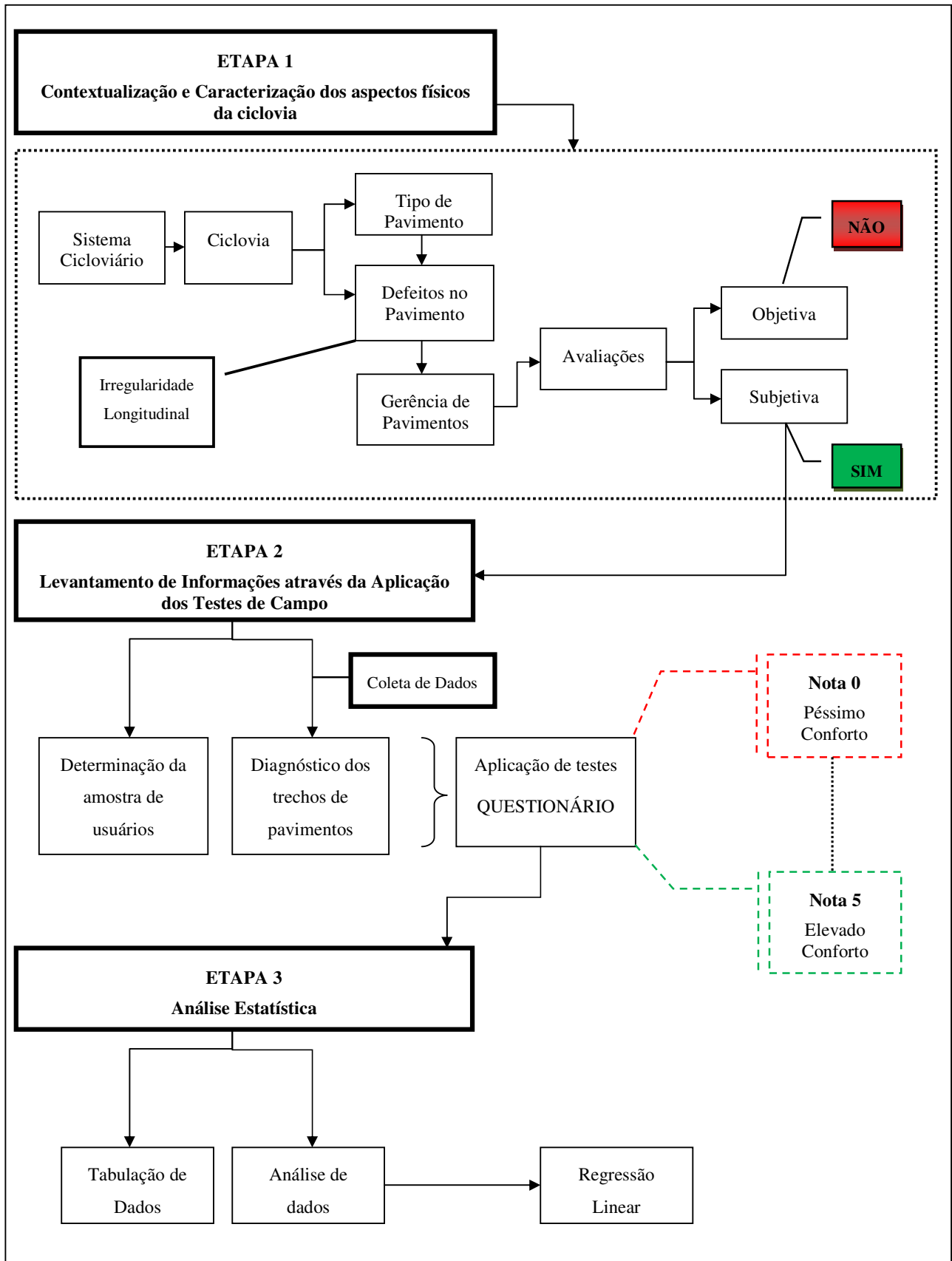


Figura 4.1 – Fluxograma Metodológico

### **4.3 – ETAPAS**

A seguir serão explicadas cada uma das etapas apresentadas no fluxograma metodológico da Figura 4.1.

#### **4.3.1 – Contextualização e Caracterização dos Aspectos Físicos da Ciclovía**

Esta etapa consiste em uma pesquisa bibliográfica em livros e artigos científicos para fixação de conceitos e definições relacionados com pavimentação e gerência de pavimentos, avaliação de pavimentos, irregularidade longitudinal e sistema ciclovário. O resultado desta pesquisa foi apresentado nos capítulos 2 e 3 da presente dissertação.

#### **4.3.2 – Identificação dos Parâmetros Relevantes na Avaliação Subjetiva**

Pretende-se coletar dados em campo, mediante as seguintes etapas:

##### **4.3.2.1 – Diagnóstico (identificação) dos Trechos de Teste**

Partindo do levantamento da tipologia e das características das ciclovias existentes no Distrito Federal, foi feito um estudo para a determinação dos locais nos quais realizou-se os testes de campo com os ciclistas, tendo em vista alguns aspectos como: localização e acessibilidade das ciclovias e ciclofaixas, estado de conservação, fluxo de tráfego e suas características no local (tráfego segregado ou compartilhado) etc.

##### **4.3.2.2 – Amostra de Ciclistas Voluntários**

Esta pesquisa contou com a participação de 26 ciclistas voluntários, sendo 10 homens e 16 mulheres. A faixa etária desses participantes variou entre 11 e 59 anos de idade, tendo-se em média uma idade igual a 27 anos. A Figura 4.2a apresenta um histograma de frequência para as idades, percebendo-se que há uma frequência relativa significativa para idades variando entre 10 e 30 anos.

O peso dos ciclistas variou entre 34 e 97 kg, tendo-se um peso médio igual a 64,5 kg. A Figura 4.2b ilustra a distribuição de frequências para os pesos. Percebe-se que a maior

freqüência relativa ocorreu para pesos entre 57,2 kg e 70,8 kg. Quanto a altura dos participantes, observou-se (Figura 4.2c) que a maior freqüência relativa foi registrada para alturas variando entre 1,58 e 1,68 m.

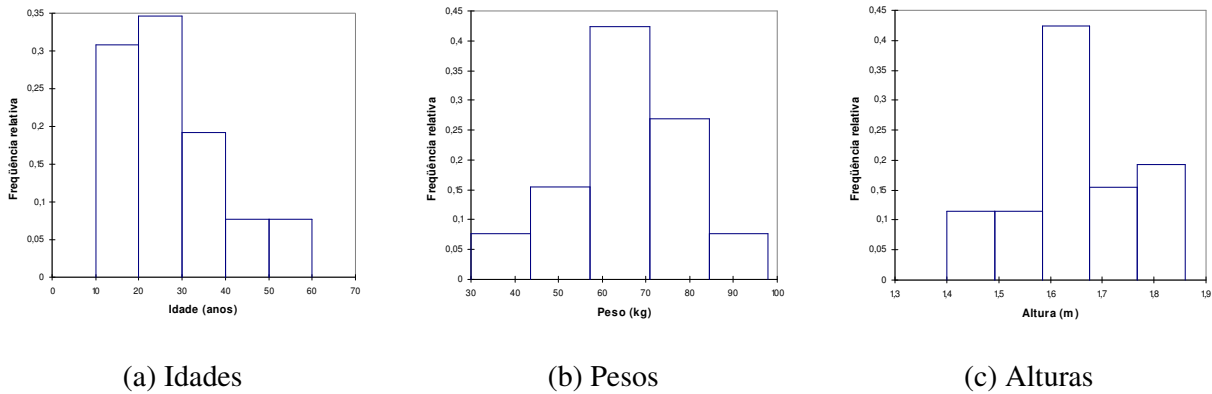


Figura 4.2 – Histogramas de freqüências

Correlacionando-se pesos e alturas, encontrou-se correlação estatística significativa entre ambas variáveis (valor  $p < 0,05$ ) e alto coeficiente de determinação ( $R^2$ ), conforme ilustra Figura 4.3.

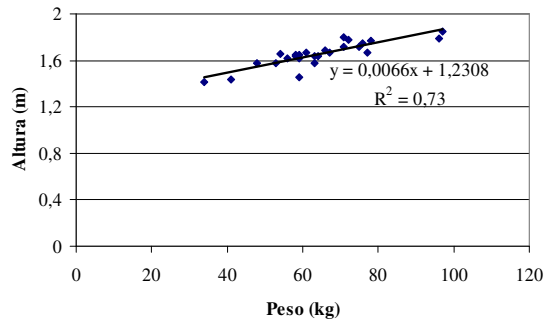


Figura 4.3 – Correlação entre pesos e alturas dos participantes

A partir das informações obtidas junto aos participantes, constatou-se que a maioria dos ciclistas voluntários não utilizam a bicicleta diariamente, e quando o fazem percorrem menos de 5 quilômetros. Além disso, essas viagens por bicicleta são realizadas por motivos recreativos ou esportivos, conforme ilustram as Figuras 4.4 e 4.5. Desta forma, percebe-se que a amostra utilizada tem limitações. O recrutamento de voluntários não foi tarefa simples, motivo pelo qual limita-se a extrapolação das conclusões obtidas neste trabalho.

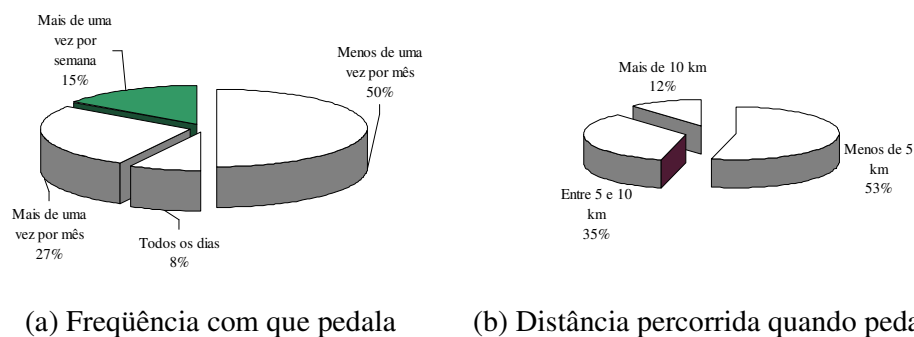


Figura 4.4 – Hábitos dos ciclistas participantes

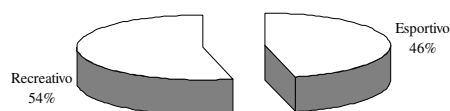


Figura 4.5 – Propósito das viagens por bicicleta

#### 4.3.2.3 – Aplicação dos Testes

Inicialmente foram selecionados trechos de pavimentos que apresentavam diferentes condições de conservação da superfície, em especial, quanto à irregularidade longitudinal (pavimentos variando de estado excelente a péssimo em termos dessa variável). Essa irregularidade longitudinal deveria ser uniforme ao longo de um dado comprimento. Cada trecho analisado apresentou 50 metros de extensão, a fim de permitir que os ciclistas pudessem ter uma distância suficiente para avaliar as condições de conforto ao trafegar pelo mesmo. Adotou-se essa distância a partir das limitações de comprimento das seções que atendiam os requisitos necessários à realização dos levantamentos de campo.

A partir dos trechos selecionados foram efetuadas avaliações dessas seções considerando-se as diferenças físicas entre os ciclistas (altura, peso e idade), além de diferenças nas velocidades de percurso ( $\pm 10$  km/h,  $\pm 15$  km/h e  $\pm 20$  km/h), na pressão de inflação dos pneus (20 psi e 40 psi), no tipo de pneu utilizado (fino e largo). As velocidades utilizadas

neste trabalho procuram refletir as velocidades médias de deslocamento em ciclovias urbanas, enquanto que a pressão de inflação igual a 40 psi encontra-se na faixa de pressão recomendada pelo fabricante da bicicleta. Também levantou-se o perfil dos participantes quanto aos hábitos em relação à utilização da bicicleta (frequência com que pedala, distância percorrida quando pedala e propósito quando pedala). Os ciclistas percorreram os trechos selecionados e em cada medição, preencheram um questionário (apresentado no Anexo 1) no qual atribuíram uma nota (entre 0 (zero) e 5 (cinco)) relacionada ao conforto oferecido pelo pavimento, sendo 0 (zero) um pavimento apresentando péssimas condições de conforto e 5 (cinco) um pavimento oferecendo elevado conforto.

Cabe ressaltar que todos os levantamentos de campo foram realizados utilizando-se sempre uma bicicleta mountain bike, de dimensões intermediárias (aro 24 polegadas).

#### **4.3.3 – Análise Estatística**

A partir dos dados coletados e posteriormente tabulados, foram realizadas análises estatísticas utilizando regressão linear, de forma a identificar correlações e contribuições entre os diferentes parâmetros envolvidos, quanto ao conforto oferecido pelo pavimento.

### **4.4 – REGRESSÃO LINEAR**

#### **4.4.1 – Introdução**

A análise de regressão é uma metodologia estatística que utiliza a relação entre duas ou mais variáveis quantitativas (ou qualitativas) de tal forma que uma variável pode ser predita a partir da outra ou outras.

A análise de regressão, assim como a Análise de Variância (ANOVA), também representa os dados por meio de um modelo linear aditivo, onde o modelo inclui um componente sistemático e um aleatório.



A regressão nasce da tentativa de relacionar um conjunto de observações de certas variáveis, designadas genericamente por  $X_k$  ( $k=1..p$ ), com as leituras de uma certa grandeza  $Y$ . No caso da regressão linear, está subjacente uma relação do tipo:

$$Y = a + b_1 X_1 + b_2 X_2 + \dots + b_p X_p \quad (4.1)$$

Onde:

$Y$ : variável dependente;

$a, b_1, b_2, \dots, b_p$ : parâmetros da relação linear procurada;

$X_1, X_2, \dots, X_p$ : variáveis independentes.

O objetivo pode ser explicativo (demonstrar uma relação matemática que pode indicar, mas não prova, uma relação de causa-efeito) ou preditivo (obter uma relação que permita, perante futuras observações das variáveis  $X_k$ , prever o correspondente valor de  $Y$ , sem necessidade de o medir). Independentemente dos objetivos, as variáveis  $X_k$  são muitas vezes designadas por variáveis explicativas, uma vez que tentam explicar as razões da variação de  $Y$ .

Supondo que se dispõe de  $n$  conjuntos de medidas com as correspondentes observações, a utilização do modelo incluirá sempre uma parcela de erro. Utilizando o índice  $i$  ( $i=1..n$ ) para indicar cada conjunto, ter-se-á:

$$y_i = a + b_1 x_{i1} + b_2 x_{i2} + \dots + b_p x_{ip} + e_i \quad i=1..n \quad (4.2)$$

Independentemente das motivações, a versão da regressão linear que aqui se apresenta consiste em estimar os valores dos parâmetros  $a, b_1, b_2, \dots, b_p$ , através da minimização da soma dos quadrados dos desvios. Daí o nome “método dos mínimos quadrados” que às vezes se utiliza nomeadamente para a regressão simples ( $p=1$ ). O termo multi-regressão é usado para explicitar o caso  $p>1$ .

Neste ponto, é conveniente definir:

|  |   |
|--|---|
| $\mathbf{y} = [y_1 y_2 \dots y_n]'$  | vetor das leituras  |
| $\mathbf{x}_k = [x_{1k} x_{2k} \dots x_{nk}]'$                             | vetor das observações de cada variável $X_k$                      |
| $\mathbf{X} = [\mathbf{x}_1 \mathbf{x}_2 \dots \mathbf{x}_p]$              | matriz de observações (elementos $x_{ik}$ , $i=1..n$ , $k=1..p$ ) |
| $\mathbf{b} = [a \mathbf{b}_0]' = [a b_1 b_2 \dots b_p]'$                  | vetor dos parâmetros  |
| $\mathbf{e} = [e_1 e_2 \dots e_n]'$  | vetor dos erros   |
| $\mathbf{1} = [1 \dots 1]'$  | vetor unitário de dimensão $n$                                    |
| $\mathbf{X}_a = [\mathbf{1} \mathbf{x}_1 \mathbf{x}_2 \dots \mathbf{x}_p]$ | matriz ampliada de observações ( $i=0..n$ , $k=0..p$ )            |

Com estas definições, é possível reescrever a Equação 4.2 de forma compacta:

$$\mathbf{y} = \mathbf{a} \cdot \mathbf{1} + \mathbf{X} \cdot \mathbf{b}_0 + \mathbf{e} \quad (4.3)$$

Ou

$$\mathbf{y} = \mathbf{X}_a \cdot \mathbf{b} + \mathbf{e} \quad (4.4)$$

Escrevendo em forma de função, tem-se:

$$Y = f(X) + \varepsilon \quad (4.5)$$

Onde:

Y: variável resposta ou dependente;

f: descreve a relação entre X e Y;

X: variável independente, concomitante, covariável ou variável preditora;

$\varepsilon$ : erro aleatório.

O caso mais simples de regressão é quando tem-se duas variáveis e a relação entre elas pode ser representada por uma linha reta. É a chamada regressão linear simples.

Para a construção de um modelo de regressão, devem-se seguir três etapas, que são:

I) Seleção das variáveis preditoras;

- II) Escolha do modelo de regressão;
- III) Abrangência do modelo.

O problema, em estudos observacionais, é escolher um conjunto de variáveis que podem ou devem ser incluídas no modelo. Pode-se usar um modelo teórico, neste caso, deve-se usar aproximações por modelos polinomiais. Geralmente é necessário restringir a abrangência do modelo para alguns valores ou região da(s) variável(is) preditor(a)s).

Para além de pressupostos gerais acerca da correta especificação do modelo e da medição sem erros das variáveis observadas, um pressuposto importante para todo o desenvolvimento é de que os erros do modelo têm média nula, não estão correlacionados e têm variância constante. Se estes pressupostos não forem verificados, muitas das regressões podem deixar de fazer sentido, pois foram deduzidas a partir dessa hipótese.

Uma condição adicional para os erros do modelo é de que estejam normalmente distribuídos. Não sendo essencial para a derivação das expressões de cálculo das estimativas dos parâmetros, este pressuposto é indispensável para todas as hipóteses e derivação de intervalos de confiança e, em geral, para toda a validação estatística dos resultados.

#### 4.4.2 – Médias e Variâncias

Define-se a média de uma variável segundo:

$$\bar{X}_K = \frac{\sum_{i=1}^n x_{ik}}{n} (\text{observações}) \quad (4.6)$$

Ou

$$\bar{Y} = \frac{\sum_{i=1}^n Y_i}{n} (\text{leituras}) \quad (4.7)$$

Por outro lado, definindo a soma dos quadrados dos desvios em relação à média de  $X_k$ , a estimativa não tendenciosa da variância de  $X_k$  será dada por:

$$d_k^2 = \sum_{i=1}^n (x_{ik} - \bar{X}_k)^2 \quad (4.8)$$

$$s_k^2 = \frac{d_k^2}{n-1} = \frac{\sum_{i=1}^n (x_{ik} - \bar{X}_k)^2}{n-1} \quad (4.9)$$

De forma análoga se calcularia a estimativa da variância de Y.

#### 4.4.3 – Modelização para Variáveis Não-Numéricas

A inclusão de categorias não-numéricas no modelo de regressão deve fazer-se recorrendo a variáveis binárias. No caso mais simples, em que há duas categorias (A e B), cria-se uma variável  $X_1$  (“variável dummy”), com dois valores possíveis, correspondendo cada um a uma das categorias. Os dois valores costumam ser 0 e 1, mas pode ser usado qualquer par de números. Se houver “c” categorias, deverão criar-se as variáveis binárias necessárias para definir todas as categorias. O número de variáveis a criar é o inteiro imediatamente superior (ou igual) a  $\log_2 c$ . Por exemplo, para três categorias A, B e C, poderão criar-se 2 variáveis  $X_1$  e  $X_2$ , definidas conforme ilustrado na Tabela 4.1:

Tabela 4.1 – Variáveis binárias para três categorias

|       | A | B | C |
|-------|---|---|---|
| $X_1$ | 1 | 0 | 0 |
| $X_2$ | 0 | 1 | 0 |
| $X_3$ | 0 | 0 | 1 |

Um erro freqüente consiste em usar variáveis com mais de dois valores, o que institui uma ordem a priori e uma relação fixa entre classes. No caso do exemplo, seria errado usar apenas uma variável que tomasse os valores (0, 1, 2) para as três classes.

#### 4.4.4 – Multicolinearidade

Se existir dependência linear entre pelo menos dois vetores  $\mathbf{x}_u$  e  $\mathbf{x}_v$ , o processo de regressão não é possível tecnicamente, dado que  $\mathbf{X}'_a \mathbf{X}_a$  é singular. Evidencia-se que tal caso corresponde a redundância na informação e a eliminação de variáveis resolve o problema.

Porém, podem surgir situações de dependência linear aproximada, ou seja, existe pelo menos um  $\mathbf{c} \neq \mathbf{0}$  para o qual  $\mathbf{X} \cdot \mathbf{c} \approx \mathbf{0}$ . Esta situação designa-se por multicolinearidade e tem efeitos nocivos nos modelos, nomeadamente pela perturbação da ligação entre os fenómenos estudados e os valores matemáticos dos parâmetros.

Podem surgir, por exemplo, modelos alternativos de qualidade de ajuste semelhante, mas com valores completamente díspares (até no sinal) nos parâmetros das mesmas variáveis. Os valores das estatísticas usadas nos testes tendem a baixar, podendo levar à eliminação de variáveis importantes não-colineares (como solução, sugere-se subir o nível de confiança para 0.25). A extrapolação pode, na situação geral de multicolinearidade, ser desastrosa. Uma vez detectada a multicolinearidade, podem seguir-se duas estratégias: eliminação de variáveis redundantes, ou regressões tendenciosas que eliminam os efeitos da redundância, sem eliminar variáveis.

#### 4.4.5 – Coeficiente de Determinação ( $R^2$ )

O coeficiente de determinação  $R^2$  representa o quanto da variabilidade total dos dados é explicada pelo método da regressão. Quanto maior o  $R^2$ , mais a variação total de Y é reduzida pela introdução da variável independente X no modelo.

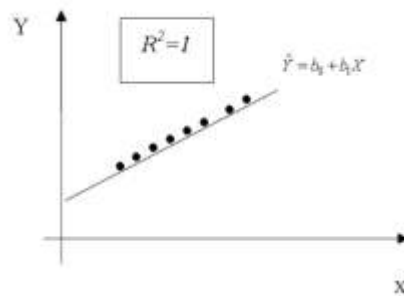


Figura 4.6 – A variável preditora X é responsável por toda a variação nas observações  $Y_i$

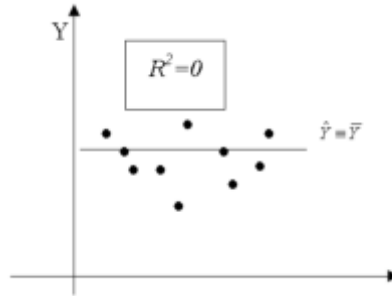


Figura 4.7 – A variável preditora X não ajuda na redução da variação de Yi com a Regressão Linear

#### 4.5 – TÓPICOS CONCLUSIVOS

Neste capítulo apresentou-se a metodologia a ser utilizada nos levantamentos de campo, foram caracterizadas as variáveis independentes que serão consideradas no estudo, bem como o procedimento de análise estatística a ser empregado para análise dos dados coletados em campo.

## **5 – ESTUDO DE CASO APLICANDO A METODOLOGIA EM CICLOVIAS DO DISTRITO FEDERAL**

Para alcançar os objetivos e validar a hipótese inicialmente proposta, busca-se aplicar a metodologia de análise de parâmetros que afetam a avaliação subjetiva em ciclovias do Distrito Federal.

O Estudo de Caso está dividido em três etapas. Primeiramente caracteriza-se o Distrito Federal, mostrando sua segmentação em regiões administrativas, apresentando o programa cicloviário do Distrito Federal, que vem sendo implantado para aumentar a malha cicloviária do DF, e melhorar às condições das ciclovias já existentes, por meio de sinalização horizontal e vertical. Também descreve-se as ciclovias do Distrito Federal selecionadas para a realização dos testes em campo, devido às suas características favoráveis, que se adequaram ao estudo. Finalmente, apresenta-se um resumo do levantamento piloto realizado.

### **5.1 – CONTEXTUALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DO DISTRITO FEDERAL**

O Distrito Federal possui uma área total de 5.789,16 Km<sup>2</sup>, com densidade populacional de 354,3 hab./Km<sup>2</sup>. Está dividido em 19 regiões administrativas, conforme descrição apresentada na Tabela 5.1, e possui uma população total de 2.051.146 habitantes. Segundo dados do Departamento de Estradas de Rodagem (DER, 2007), dessa população, cerca de 400 mil pessoas utilizam a bicicleta como meio de transporte.

A Figura 5.1 ilustra o Distrito Federal, onde se pode visualizar a distribuição espacial das regiões administrativas, as rodovias e vias de trânsito que cortam o território.

Tabela 5.1 – Regiões Administrativas do Distrito Federal

| Regiões Administrativas | Área total (km <sup>2</sup> ) | População*       | Densidade Demográfica<br>(hab/km <sup>2</sup> ) |
|-------------------------|-------------------------------|------------------|---|
| RA 1 Brasília           | 472,12 (8,1%)                 | 198.422 (9,6%)   | 420   |
| RA 2 Gama               | 276,34 (4,7%)                 | 130.580 (6,3%)   | 472,5   |
| RA 3 Taguatinga         | 121,55 (2%)                   | 243.575 (11,8%)  | 2.003,9   |
| RA 4 Brazlândia         | 474,83 (8,2%)                 | 52.698 (2,5%)    | 110,9   |
| RA 5 Sobradinho         | 572,59 (9,8%)                 | 128.789 (6,2%)   | 224,9   |
| RA 6 Planaltina         | 1.534,69 (26,5%)              | 147.114 (7,1%)   | 95,8  |
| RA 7 Paranoá            | 853,33 (14,7%)                | 54.902 (2,6%)    | 64,3  |
| RA 8 Núcleo Bandeirante | 80,43 (1,3%)                  | 36.472 (1,7%)    | 453,4   |
| RA 9 Ceilândia          | 230,33 (3,9%)                 | 344.039 (16,7%)  | 1.493,6   |
| RA 10 Guará             | 45,46 (0,7%)                  | 115.385 (5,6%)   | 2.538,1   |
| RA 11 Cruzeiro          | 8,9 (0,15%)                   | 63.883 (3,1%)    | 7.177,8   |
| RA 12 Samambaia         | 105,7 (1,8%)                  | 164.319 (8,0%)   | 1.554,5   |
| RA 13 Santa Maria       | 215,86 (3,7%)                 | 98.679 (4,8%)    | 457,1   |
| RA 14 São Sebastião     | 383,71 (6,6%)                 | 64.322 (3,1%)    | 167,6   |
| RA 15 Recanto das Emas  | 101,22 (1,7%)                 | 93.287 (4,5%)    | 921,6   |
| RA 16 Lago Sul          | 183,39 (3,1%)                 | 28.137 (1,3%)    | 153,4   |
| RA 17 Riacho Fundo      | 56,02 (0,9%)                  | 41.404 (2,0%)    | 739   |
| RA 18 Lago Norte        | 66,08 (1,1%)                  | 29.505 (1,4%)    | 446,5   |
| RA 19 Candangolândia    | 6,61 (0,1%)                   | 15.634 (0,7%)    | 2.365,2   |
| Distrito Federal        | 5.789,16 (100%)               | 2.051.146 (100%) | 354,3   |

Fontes:

-Companhia Energética de Brasília – CEB

-Conselho Nacional de Política Fazendária – CONFAZ

-Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE

-Secretaria de Estado de Desenvolvimento Urbano e Habitação – SEDUH / GDF



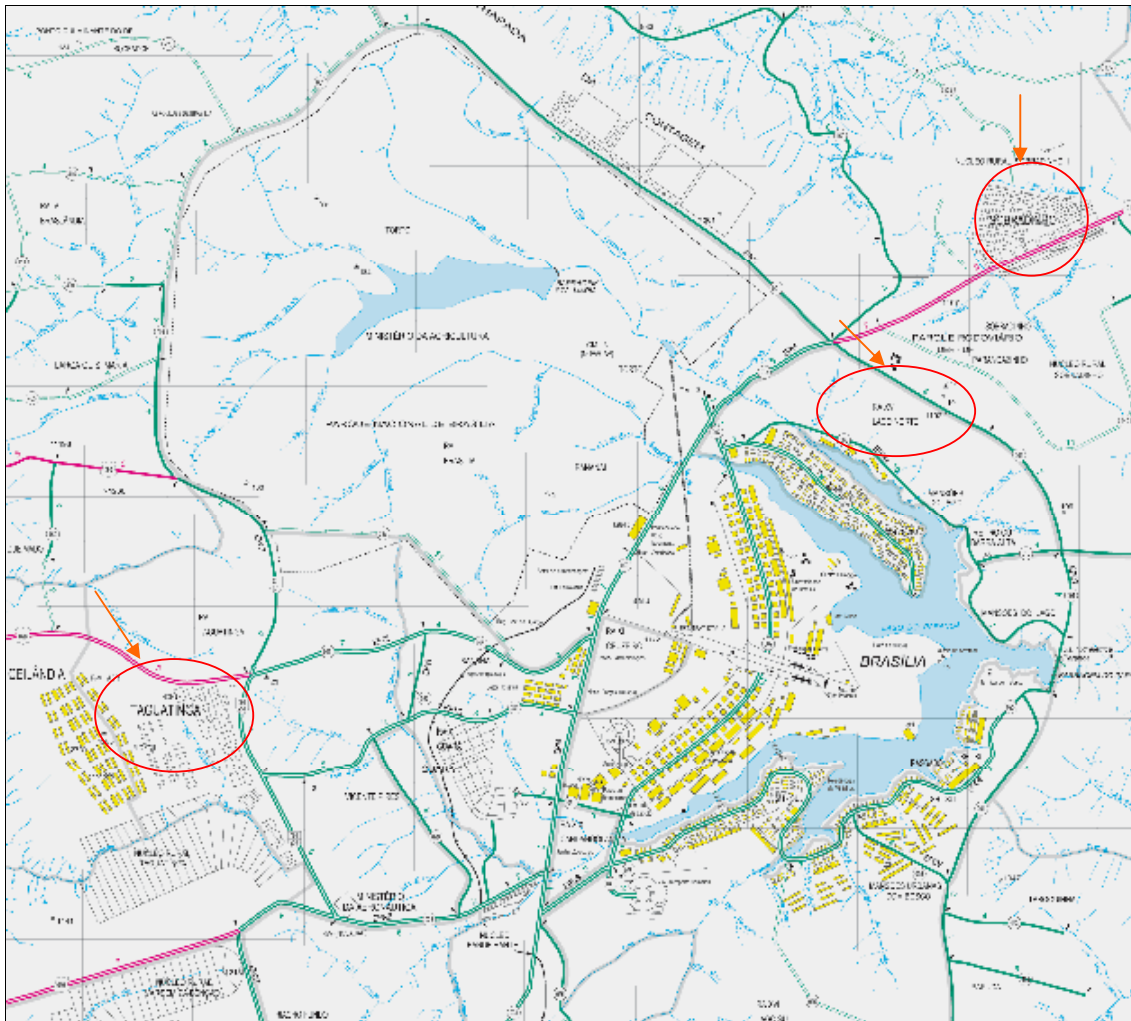


Figura 5.1 – Mapa do Distrito Federal

As áreas destacadas no mapa são as regiões administrativas do Lago Norte, Taguatinga e Sobradinho, onde foram realizados os testes de campo.

### 5.1.1 – Programa Ciclovitário do Distrito Federal

O governo do Distrito Federal tem um Programa Ciclovitário para construir e sinalizar seis ciclovias e quatro rotas cicláveis em regiões administrativas, totalizando 127 km de extensão, que contempla a Primeira Etapa do Programa Ciclovitário. O investimento é de R\$ 7,5 milhões. Quando o projeto estiver concluído, acredita-se que Brasília estará entre as cidades brasileiras com maior quilometragem de ciclovias.

A primeira ciclovia a ser inaugurada, com 12,5 km, será a da rodovia DF-005, via que liga o Varjão ao Paranoá, cujas obras já estão em andamento (Figura 5.2). Esta ciclovia, que passa entre o Varjão e o Lago Norte, atenderá a grande demanda atual de trabalhadores e estudantes. No Paranoá, a ciclovia vai até o Lago Sul e também tem ligação com o Itapoã.



Figura 5.2 – Ciclovia da DF-005 próximo ao Varjão (em andamento)

Na seqüência serão construídas as ciclovias de Samambaia (projeto integrado com as estações do Metrô), do Itapoã, da ligação São Sebastião/Jardim Botânico e do primeiro trecho entre a Ceilândia e o Paranoá. Na Ceilândia, as principais avenidas da cidade também serão conectadas às estações do metrô. A ciclovia de São Sebastião irá até os condomínios do Jardim Botânico e é a próxima a entrar em licitação. No Setor de Mansões Dom Bosco, está prevista a ligação dos condomínios do Jardim Botânico ao Lago Sul (Figura 5.3).

O Lago Sul e o Lago Norte serão contemplados com rotas cicláveis. No Lago Sul será feita a sinalização na Estrada Parque Dom Bosco e no acesso à Ponte JK. Essas rotas serão implantadas no acostamento das vias principais dos lagos, equipadas com sinalização vertical e horizontal, advertindo os usuários ao longo de todo o percurso sobre os pontos de conflitos.

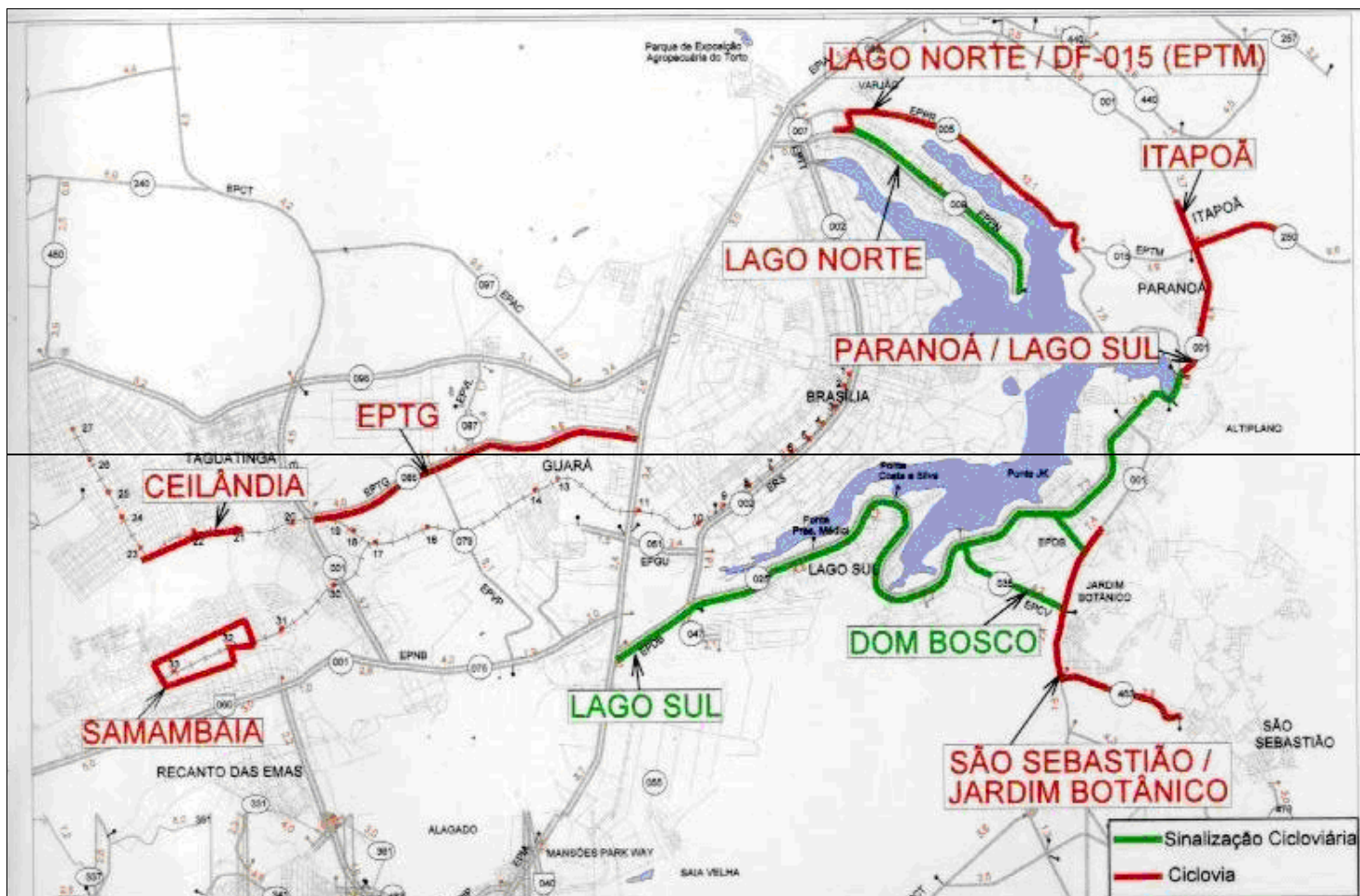


Figura 5.3 – Mapa Ciclovitário do Distrito Federal (ciclovias existentes e a serem implantadas)

## 5.1.2 – Identificação das Ciclovias

Das ciclovias já existentes no Distrito Federal, várias foram visitadas com o intuito de se determinar quais possuiriam características que se adequassem ao presente estudo. Descrevem-se a seguir as ciclovias que foram visitadas e utilizadas para a realização dos testes.

### 5.1.2.1 – Ciclovias entre Taguatinga/Samambaia

Esta ciclovias encontra-se entre os limites de Taguatinga Sul e Samambaia, ao lado do posto policial. Possui intenso movimento de ciclistas durante a semana, que utilizam a ciclovias para deslocar-se para o trabalho ou escola. Foi construída no local justamente para abrigar esse intenso tráfego, e existe um projeto para sua ampliação em médio prazo. Em sua grande extensão, é constituída por pavimento com revestimento asfáltico e apresenta estados de superfície entre excelente e bom, existindo alguns trechos que se encontram mais desgastados, provavelmente por serem mais antigos. Devido à ausência de trechos em condições ruins e péssimas, foram selecionados apenas dois segmentos de 50 metros nesta ciclovias para a realização dos testes.



(a)

(b)

Figura 5.4 – Ciclovias entre Taguatinga/Samambaia

### 5.1.2.2 – Ciclovía de Taguatinga – Avenida Hélio Prates

Esta ciclovía localiza-se entre as cidades de Taguatinga e Ceilândia. A parte localizada em Taguatinga Norte é paralela a Avenida Hélio Prates, situando-se entre as quadras QND, QNJ e QNL. Possui uma extensão de 4 Km, revestimento asfáltico e, dentre todas as ciclovias visitadas, foi a que apresentou maior variação nos níveis de conservação e irregularidade longitudinal dos trechos. Alguns segmentos estão substancialmente deteriorados, apresentando material solto na superfície ou não possuindo mais revestimento, além de trechos invadidos pelo comércio local. Devido a esses fatores, sua utilização está restrita a poucos pedestres e a quase nenhum ciclista (Figuras 5.5a, 5.5b, 5.6a e 5.6b).



(a)



(b)

Figura 5.5 – Ciclovía de Taguatinga – Av. Hélio Prates





(a)

(b)

Figura 5.6 – Ciclovía de Taguatinga – Av. Hélio Prates

#### 5.1.2.3 – Ciclovía de Taguatinga – Pistão Norte

A ciclovía de Taguatinga – Pistão Norte possui aproximadamente 6 Km de extensão e é paralela a via denominada Pistão Norte, em Taguatinga Norte. Está localizada entre as quadras QNA e QND. Na verdade, trata-se de um calçamento de pedras regulares, utilizado pelos moradores como pista para caminhada e também como ciclovía (Figuras 5.7a, 5.7b, 5.8a e 5.8b). Possui trechos em bom e em mau estado de conservação.



(a)

(b)

Figura 5.7 – Ciclovía de Taguatinga – Pistão Norte



(a)



(b)

Figura 5.8 – Ciclovía de Taguatinga – Pistão Norte

#### 5.1.2.4 – Ciclovía de Sobradinho

A ciclovía de Sobradinho possui aproximadamente 3 Km de extensão. Localiza-se entre as quadras 5, 7, 9 e 13 de Sobradinho I. Esta ciclovía, construída com revestimento asfáltico, também apresentou grande variação no estado de conservação e na irregularidade longitudinal dos trechos. Além disso, foi escolhida devido ao fato de estar próxima da residência da maioria dos voluntários (Figuras 5.9a, 5.9b, 5.10a e 5.10b).



(a)



(b)

Figura 5.9 – Ciclovía de Sobradinho



(a)



(b)

Figura 5.10 – Ciclovía de Sobradinho

## 5.2 – LEVANTAMENTO DE DADOS POR MEIO DA APLICAÇÃO DOS TESTES DE CAMPO

Prévio à realização dos levantamentos de campo envolvendo todos os voluntários, realizou-se um levantamento piloto em uma ciclovía para aferir-se o questionário (ver apêndice 1) que seria utilizado nas pesquisas, assim como do tempo que seria necessário para a realização destas em campo.

O levantamento piloto contou com a colaboração de uma participante. Foram delimitados quatro trechos de 50 metros de extensão. Os trechos foram escolhidos de acordo com o estado de conservação do revestimento, em especial, quanto à irregularidade longitudinal apresentada (bom, regular, ruim/péssimo).



(a) Trecho 1



(b) Trecho 2

Figura 5.11 – Levantamento piloto





(a) Trecho 3



(b) Trecho 4

Figura 5.12 – Levantamento piloto

De acordo com o teste, a participante gastou, em média, 10 minutos para percorrer cada trecho com as três velocidades solicitadas, incluindo o tempo para preenchimento do questionário (ilustrado no Anexo 1), gastando um total de 40 minutos na ciclovia.

O modelo de questionário utilizado no levantamento piloto mostrou-se simples e prático. Desta forma, o mesmo foi utilizado nos demais testes.

Os levantamentos foram realizados entre 03 de março e 27 de maio de 2007, durante fins de semana, sendo que em cada fim de semana escolhia-se uma ciclovia para a realização dos ensaios, e estes eram feitos em dois (2) dias, no sábado e domingo, respectivamente.

Assim como no levantamento piloto, os ciclistas percorreram cada trecho de 50 metros a aproximadamente 10 Km/h, 15 Km/h e 20 Km/h, respectivamente, com a pressão de inflação dos pneus da bicicleta em 40 psi, utilizando-se uma bicicleta *mountain bike*, aro 24 polegadas. As velocidades de deslocamento eram aferidas por um computador de bordo instalado na bicicleta e a pressão determinada com um medidor de pressão digital.

Na seqüência, diminuía-se a pressão de inflação dos pneus para 20 psi, e percorria-se novamente os trechos à velocidades próximas a 10 Km/h, 15 Km/h e 20 Km/h, respectivamente.

Numa primeira etapa, todos os levantamentos foram realizados com pneu fino (1,75 polegadas). Posteriormente, esses pneus foram substituídos por pneus largos (1,95 polegadas) e os levantamentos refeitos em cada ciclovia.

Desta forma, obteve-se a nota dos avaliadores para cada trecho com três velocidades diferentes, dois tipos de pressão e dois tipos de pneus.

### **5.3 – CONSIDERAÇÕES FINAIS**

A pesquisa foi realizada nas Ciclovias do Distrito Federal, pela facilidade da coleta de dados e por se tratar de uma cidade que está começando a desenvolver infra-estruturas cicloviárias.

Foram selecionados 26 avaliadores de diferentes idades e pesos, onde as avaliações das seções foram efetuadas considerando as diferenças nas velocidades de percurso, na pressão de inflação dos pneus e no tipo de pneu utilizado. O questionário utilizado coletou informações sobre os voluntários, seus hábitos em relação à bicicleta, e quanto ao conforto percebido ao trafegar sobre cada trecho de pavimento. Após a realização da pesquisa foi feita a tabulação desses dados em planilhas eletrônicas do software Excel, para então serem tratados estatisticamente mediante Regressão Linear.

## **6 – ANÁLISE DE DADOS**

Neste capítulo, será feita a análise estatística dos dados coletados em campo durante o estudo de caso.

### **6.1 – INTRODUÇÃO**

A análise de dados foi realizada mediante regressão linear a fim de identificar-se correlações e contribuições entre os diferentes parâmetros envolvidos durante a avaliação subjetiva do conforto oferecido pelo pavimento. As análises incluíram fatores humanos, fatores relativos à bicicleta e fatores relativos às ciclovias.

Dentre os fatores humanos tentou-se captar a influência de alguns parâmetros na avaliação do conforto oferecido pelo pavimento cicloviário tais como: idade do usuário; peso; sexo; frequência com que o ciclista pedala, propósito quando pedala e distância percorrida quando pedala.

Considerando a bicicleta, avaliou-se a influência da velocidade média de percurso ( $\pm 10$  km/h,  $\pm 15$  km/h e  $\pm 20$  km/h), a pressão de inflação dos pneus (20 psi e 40 psi) e o tipo de pneu utilizado (fino e largo).

Quanto aos fatores relativos aos pavimentos cicloviários, foram considerados o estado de conservação, em especial, a irregularidade longitudinal em cada trecho e o tipo de revestimento em cada caso (revestimento asfáltico ou constituído por pedras regulares).

### **6.2 – TABULAÇÃO DE DADOS**

Todos os dados coletados em campo a partir do preenchimento do respectivo questionário foram transcritos em uma planilha eletrônica do software *Excel*. Nesta planilha constam:

- a) Fatores Humanos:
  - Nome do avaliador;

- Peso do avaliador;
- Altura do avaliador;
- Idade do avaliador;
- Sexo do avaliador;
- Frequência com que pedala;
- Propósito quando pedala;
- Distância que percorre quando pedala;

b) Fatores Relativos à Bicicleta:

- Tipo de pneu (fino e largo);
- Pressão de inflação dos pneus (20 psi e 40 psi, sendo 40 psi a pressão recomendada pelo fabricante da bicicleta);
- Velocidade média (10 km/h, 15 km/h e 20 km/h);
- Aceitabilidade do trecho percorrido (trecho aceitável ou rejeitável);

c) Fatores Relativos ao Pavimento:

- Conforto oferecido pelo pavimento (excelente, bom, regular, ruim/péssimo);
- Nota quanto ao conforto oferecido pelo pavimento (entre zero e cinco, sendo zero para péssimo conforto e cinco para excelente conforto);
- Designação da ciclovia e seu respectivo tipo de pavimento.

Os dados tabulados foram aferidos para evitar-se erros de digitação e/ou equívocos dos participantes durante o preenchimento dos questionários. Após a depuração dos dados, a planilha final apresentou 2862 linhas com avaliações disponíveis para análise.

### **6.3 – CLASSIFICAÇÃO DOS TRECHOS AVALIADOS A PARTIR DAS NOTAS ATRIBUÍDAS PELOS CICLISTAS**

Os levantamentos de campo foram realizados em dez seções de pavimentos com revestimento asfáltico, sendo essas seções classificadas segundo seu estado de conservação: três seções em estado excelente; três seções em bom estado; duas seções em estado regular e duas seções em estado ruim. Também foram efetuados levantamentos em quatro seções de pavimento com revestimento de pedras regulares, sendo essas seções

divididas quanto ao estado de conservação do revestimento: uma seção em estado excelente; uma seção em bom estado; uma seção em estado regular e uma seção em estado ruim.

Considerando os dados depurados disponíveis, foram selecionadas as avaliações correspondentes para cada tipo e condição de conservação dos trechos analisados. Determinou-se então o valor médio e o desvio-padrão para cada caso, obtendo-se desta forma a classificação dos segmentos a partir da opinião dos ciclistas. Essa classificação é apresentada nas Tabelas 6.1 e 6.2.

Tabela 6.1 – Classificação dos pavimentos com revestimento asfáltico

| Condição do pavimento quanto ao conforto oferecido | Intervalos das notas atribuídas |
|--|---------------------------------|
| Excelente  | 3,60 – 5,00                     |
| Bom  | 2,60 – 3,50                     |
| Regular  | 1,70 – 2,50                     |
| Ruim a Péssimo                                     | 0 – 1,60                        |

Tabela 6.2 – Classificação do pavimento com revestimento de pedras regulares

| Condição do pavimento quanto ao conforto oferecido | Intervalos das notas atribuídas |
|--|---------------------------------|
| Excelente  | 3,60 – 5,00                     |
| Bom  | 2,70 – 3,50                     |
| Regular  | 1,90 – 2,60                     |
| Ruim a Péssimo                                     | 0 – 1,80                        |

Dentre as avaliações obtidas, constatou-se que 390 classificaram os pavimentos analisados como regulares e passíveis de rejeição, apresentando notas entre 1,70 e 2,50 para pavimentos com revestimento asfáltico, e entre 1,90 e 2,60 para pavimentos com revestimento de pedras regulares. Desta forma, a partir da sub-amostra envolvida, procurou-se identificar qual seria a nota média de rejeição do revestimento e qual o limite que poderia ser usado como gatilho (ou alerta) durante as atividades de avaliação e gerenciamento. Mediante análises estatísticas, determinou-se a média e o desvio-padrão

para cada caso, conforme ilustra a Tabela 6.3. Observou-se que para pavimentos com revestimento asfáltico, o valor médio de rejeição foi igual a 2,1 e o gatilho para desencadear serviços de manutenção igual a 2,3. Por outro lado, para pavimentos com revestimento de pedras regulares, constatou-se que o valor médio de rejeição foi igual a 2,05 e o gatilho igual a 2,2. Logo, apesar da diferença entre os revestimentos dos pavimentos, os valores médios de rejeição e gatilho apresentaram valores com a mesma ordem de grandeza.

Tabela 6.3 – Determinação dos valores médios de rejeição do pavimento e do valor limite (gatilho) para desencadeamento de atividades de conservação

| Tipo de revestimento do pavimento | Valor médio para rejeição do revestimento | Valor limite (gatilho) para iniciar obras de conservação |
|-----------------------------------|---|--|
| Asfáltico                         | 2,1 ± 0,2                                 | 2,3  |
| Pedras regulares                  | 2,05 ± 0,15                               | 2,2  |

#### 6.4 – PADRONIZAÇÃO DAS VARIÁVEIS QUALITATIVAS

Prévio as análises de regressão, foi necessário converter-se todas as variáveis qualitativas (frequência que pedala, propósito quando pedala, distância que percorre quando pedala, tipo de pneu e sexo) para variáveis quantitativas (ou variáveis dummy), codificadas por 0 (zero) e 1 (um), respectivamente.

#### 6.5 – ANÁLISE ESTATÍSTICA UTILIZANDO O SOFTWARE “XLSTAT”

Os dados tabulados foram tratados empregando-se a técnica de análise de regressão múltipla, tipo “Stepwise”, utilizando-se o sub-programa “regression”, componente do software XLSTAT — Versão 2007.5.

Neste trabalho, o objetivo principal era isolar o efeito da variável dependente (Y) na presença de outras variáveis independentes, e a técnica tipo “stepwise” mostrou-se a mais indicada. Sumariamente, esta técnica consiste em selecionar a variável independente mais correlacionada com Y e encontrar a equação de regressão linear de primeira ordem entre Y

e esta variável independente. Em seguida seleciona-se a segunda variável independente para entrar no modelo baseando-se no coeficiente de correlação parcial; esta variável será aquela que apresentar o maior coeficiente de correlação parcial com a variável dependente (Y). Obtém-se uma equação de Y como sendo função destas duas variáveis. Como próxima etapa, examina-se a contribuição da primeira variável selecionada como se ela tivesse entrado no modelo após a inclusão da segunda variável. Caso seja significativa em um determinado nível, ela é mantida no modelo. Dando prosseguimento, seleciona-se a terceira variável mais correlacionada com a variável dependente, dada a condição de que duas variáveis já estão no modelo. Novo teste é feito para a primeira variável selecionada visando determinar se ela permanece no modelo, considerando que a segunda e a terceira já estão nele. O mesmo é feito para a segunda variável selecionada admitindo que a primeira e a terceira já pertencem ao modelo. Qualquer variável que apresente uma contribuição não significativa é removida dele. O processo é continuado até que mais nenhuma variável seja admitida ou rejeitada.

As análises de regressão múltipla desenvolvidas consideraram como variável dependente (Y) a nota atribuída pelos ciclistas e como variáveis independentes o sexo, a altura, o peso e a idade dos participantes; além da frequência com que os participantes pedalam, o propósito quando pedalam e a respectiva distância percorrida.

### **6.5.1 – Determinação das Variáveis Significativas nos Modelos Estatísticos**

Esta pesquisa avaliou inicialmente os dois tipos de revestimento dos pavimentos interagindo concomitantemente. Posteriormente, avaliou-se separadamente os pavimentos com revestimento asfáltico e os pavimentos com revestimento constituído por pedras regulares.

A análise de regressão múltipla para ambos os pavimentos demonstrou que à medida que as variáveis independentes eram adicionadas (IN), os modelos estatísticos gerados apresentaram coeficientes de determinação ( $R^2$ ) crescentes. Além disso, todas as variáveis incluídas progressivamente, permaneceram nos modelos estatísticos até a última iteração. A Tabela 6.4 ilustra o acréscimo no coeficiente de determinação à medida que as variáveis independentes eram adicionadas.

Tabela 6.4 – Variáveis versus coeficientes de determinação considerando-se todas as seções avaliadas concomitantemente

| No. de variáveis | Variáveis  | Variável IN/OUT | Status | R <sup>2</sup> |
|------------------|--|-----------------|--------|----------------|
| 1                | Vel  | Vel             | IN     | 0,034          |
| 2                | Vel / Altura   | Altura          | IN     | 0,064          |
| 3                | Vel / Altura / Pneu                                      | Pneu-1          | IN     | 0,086          |
| 4                | Vel / Altura / Pneu / Pressão                            | Pressão-1       | IN     | 0,106          |
| 5                | Vel / Altura / Distperc1 / Pneu / Pressão                | Distperc1-0     | IN     | 0,112          |
| 6                | Vel / Altura / Fqp3 / Distperc1 / Pneu / Pressão         | Fqp3-0          | IN     | 0,115          |
| 7                | Vel / Altura / Idade / Fqp3 / Distperc1 / Pneu / Pressão | Idade           | IN     | 0,117          |

Fqp3-0 = ciclista pedala menos de uma vez por mês; Pneu-1 = pneu fino; Pressão-1 = 40 psi; Distperc1-0 = entre 5 e 10 km; Vel = Velocidade

Analisando-se apenas os pavimentos com revestimento asfáltico, à medida que as variáveis independentes eram adicionadas (IN), os modelos estatísticos gerados também apresentaram coeficientes de determinação (R<sup>2</sup>) crescentes. Observou-se que o melhor modelo estatístico foi obtido retirando-se na penúltima iteração, uma das classes de distância percorrida (inicialmente presente no modelo) e posteriormente na última iteração, uma das classes da frequência com que pedala. Os resultados obtidos são apresentados na Tabela 6.5.

Considerando-se apenas os pavimentos com revestimento de pedra regular, à medida que as variáveis independentes eram adicionadas (IN), os modelos estatísticos gerados novamente apresentaram coeficientes de determinação (R<sup>2</sup>) crescentes. Constatou-se que todas as variáveis incluídas em cada iteração permaneceram no modelo até a última iteração, conforme ilustrado pela Tabela 6.6.



Tabela 6.5 – Variáveis versus coeficientes de determinação para todas as seções de pavimentos com revestimento asfáltico

| No. de variáveis | Variáveis   | Variável IN/OUT | Status | R <sup>2</sup> |
|------------------|---|-----------------|--------|----------------|
| 1                | Vel   | Vel             | IN     | 0,034          |
| 2                | Vel/ Altura   | Altura          | IN     | 0,061          |
| 3                | Vel / Altura / Pneu                                     | Pneu-1          | IN     | 0,083          |
| 4                | Vel / Altura / Pneu / Pressão                           | Pressão-1       | IN     | 0,101          |
| 5                | Vel / Altura / Distperc1 / Pneu / Pressão               | Distperc1-0     | IN     | 0,108          |
| 6                | Vel / Altura / Fqp1 / Distperc1 / Pneu / Pressão        | Fqp1-1          | IN     | 0,110          |
| 7                | Vel / Altura / Fqp1 / Fqp2 / Distperc1 / Pneu / Pressão | Fqp2-1          | IN     | 0,113          |
| 8                | Vel / Altura / Fqp1 / Fqp2 / Pneu / Pressão             | Distperc1-0     | OUT    | 0,112          |
| 9                | Vel / Altura / Fqp1 / Fqp2 / Fqp3 / Pneu / Pressão      | Fqp3-1          | OUT    | 0,114          |

Fqp1-1 = ciclista pedala todos os dias; Fqp2-1 = ciclista pedala mais de uma vez por semana; Fqp3-1 = ciclista pedala mais de uma vez por mês; Pneu-1 = pneu fino; Pressão-1 = 40 psi; Distperc1-0 = mais de 10 km; Vel = Velocidade

Tabela 6.6 – Variáveis versus coeficientes de determinação para todas as seções com revestimento de pedras regulares

| No. de variáveis | Variáveis   | Variável IN/OUT | Status | R <sup>2</sup> |
|------------------|---|-----------------|--------|----------------|
| 1                | Vel   | Vel             | IN     | 0,036          |
| 2                | Vel / Altura  | Altura          | IN     | 0,073          |
| 3                | Vel / Altura / Pressão                              | Pressão-1       | IN     | 0,101          |
| 4                | Vel / Altura / Pneu / Pressão                       | Pneu-1          | IN     | 0,124          |
| 5                | Vel / Altura / Fqp2 / Pneu / Pressão                | Fqp2-0          | IN     | 0,134          |
| 6                | Vel / Altura / Idade / Fqp2 / Pneu / Pressão        | Idade           | IN     | 0,140          |
| 7                | Vel / Altura / Idade / Fqp1 / Fqp2 / Pneu / Pressão | Fqp1-1          | IN     | 0,146          |

Fqp1-1 = ciclista pedala todos os dias; Fqp2-0 = ciclista pedala menos de uma vez por semana; Pneu-1 = pneu fino; Pressão-1 = 40 psi; Vel = Velocidade

A análise da inclusão das variáveis significativas nos modelos estatísticos também foi realizada para cada tipo de pavimento (revestimento asfáltico e revestimento com pedras regulares) considerando-se isoladamente a condição ou estado de conservação destes. Também constatou-se (Tabelas 6.7 a 6.14) que à medida que as variáveis independentes foram adicionadas (IN), os modelos estatísticos gerados apresentaram coeficientes de determinação (R<sup>2</sup>) crescentes. Observou-se que em apenas um caso, uma variável foi retirada (OUT) do modelo estatístico previamente calculado, conforme ilustrado pela Tabela 6.12.

Tabela 6.7 – Variáveis versus coeficientes de determinação para pavimento com revestimento asfáltico em estado excelente

| No. de variáveis | Variáveis                                   | Variável IN/OUT | Status | R <sup>2</sup> |
|------------------|---|-----------------|--------|----------------|
| 1                | Vel   | Vel             | IN     | 0,092          |
| 2                | Vel / Pneu                                  | Pneu-0          | IN     | 0,143          |
| 3                | Vel / Altura / Pneu                         | Altura          | IN     | 0,198          |
| 4                | Vel / Altura / Pneu / Pressão               | Pressão-1       | IN     | 0,259          |
| 5                | Vel / Altura / Fqp1 / Pneu / Pressão        | Fqp1-1          | IN     | 0,278          |
| 6                | Vel / Altura / Fqp1 / Fqp2 / Pneu / Pressão | Fqp2-1          | IN     | 0,298          |

Fqp1-1 = ciclista pedala todos os dia; Fqp2-1 = ciclista pedala mais de uma vez por semana; Pneu-0 = pneu largo; Pressão-1 = 40 psi; Vel = Velocidade

Tabela 6.8 – Variáveis versus coeficientes de determinação para pavimento com revestimento asfáltico em bom estado

| No. de variáveis | Variáveis                            | Variável IN/OUT | Status | R <sup>2</sup> |
|------------------|--------------------------------------|-----------------|--------|----------------|
| 1                | Vel                                  | Vel             | IN     | 0,037          |
| 2                | Vel / Altura                         | Altura          | IN     | 0,067          |
| 3                | Vel / Altura / Pneu                  | Pneu-0          | IN     | 0,097          |
| 4                | Vel / Altura / Pneu / Pressão        | Pressão-0       | IN     | 0,117          |
| 5                | Vel / Altura / Fqp1 / Pneu / Pressão | Fqp1-1          | IN     | 0,129          |

Fqp1-1 = ciclista pedala todos os dias; Pneu-0 = pneu largo; Pressão-0 = 20 psi; Vel = Velocidade

Tabela 6.9 – Variáveis versus coeficientes de determinação para pavimento com revestimento asfáltico em estado regular

| No. de variáveis | Variáveis                           | Variável IN/OUT | Status | R <sup>2</sup> |
|------------------|-------------------------------------|-----------------|--------|----------------|
| 1                | Vel                                 | Vel             | IN     | 0,022          |
| 2                | Vel / Pressão                       | Pressão-0       | IN     | 0,038          |
| 3                | Vel / Fqp1 / Pressão                | Fqp1-1          | IN     | 0,053          |
| 4                | Vel / Idade / Fqp1 / Pressão        | Idade           | IN     | 0,065          |
| 5                | Vel / Idade / Fqp1 / Pneu / Pressão | Pneu-1          | IN     | 0,078          |

Fqp1-1 = ciclista pedala todos os dias; Pneu-1 = pneu fino; Pressão-0 = 20 psi; Vel = Velocidade

Tabela 6.10 – Variáveis versus coeficientes de determinação para pavimento com revestimento asfáltico em estado ruim

| No. de variáveis | Variáveis                                 | Variável IN/OUT | Status | R <sup>2</sup> |
|------------------|---|-----------------|--------|----------------|
| 1                | Vel                                       | Vel             | IN     | 0,125          |
| 2                | Vel / Peso                                | Peso            | IN     | 0,229          |
| 3                | Vel / Peso / Pressão                      | Pressão-1       | IN     | 0,285          |
| 4                | Vel / Peso / Pneu / Pressão               | Pneu-0          | IN     | 0,300          |
| 5                | Vel / Peso / Fqp1 / Pneu / Pressão        | Fqp1-1          | IN     | 0,311          |
| 6                | Vel / Peso / Fqp1 / Fqp2 / Pneu / Pressão | Fqp2-0          | IN     | 0,317          |

Fqp1-1 = ciclista pedala todos os dias; Fqp2-1 = ciclista pedala mais de uma vez por semana; Pneu-0 = pneu largo; Pressão-1 = 40 psi; Vel = Velocidade

Tabela 6.11 – Variáveis versus coeficientes de determinação para pavimento com revestimento de pedras regulares em estado excelente

| No. de variáveis | Variáveis         | Variável IN/OUT | Status | R <sup>2</sup> |
|------------------|-------------------|-----------------|--------|----------------|
| 1                | Pressão           | Pressão-1       | IN     | 0,119          |
| 2                | Sexo              | Sexo-1          | IN     | 0,222          |
| 3                | Pneu / Sexo       | Pneu-0          | IN     | 0,307          |
| 4                | Vel / Pneu / Sexo | Vel             | IN     | 0,386          |

Sexo-1 = masculino; Pneu-0 = pneu largo; Pressão-1 = 40 psi

Tabela 6.12 – Variáveis versus coeficientes de determinação para pavimento com revestimento de pedras regulares em bom estado

| No. de variáveis | Variáveis                                 | Variável IN/OUT | Status | R <sup>2</sup> |
|------------------|---|-----------------|--------|----------------|
| 1                | Altura                                    | Altura          | IN     | 0,076          |
| 2                | Vel / Altura                              | Vel             | IN     | 0,157          |
| 3                | Vel / Altura / Pressão                    | Pressão-0       | IN     | 0,242          |
| 4                | Vel / Altura / Distperc1 / Pressão        | Distperc1-1     | IN     | 0,270          |
| 5                | Vel / Peso / Altura / Distperc1 / Pressão | Peso            | IN     | 0,285          |
| 4                | Vel / Peso / Distperc1 / Pressão          | Altura          | OUT    | 0,283          |

Distperc1-1 = menos de 5 km; Pressão-0 = 20 psi; Vel = Velocidade

Tabela 6.13 – Variáveis versus coeficientes de determinação para pavimento com revestimento de pedras regulares em estado regular

| No. de variáveis | Variáveis                            | Variável IN/OUT | Status | R <sup>2</sup> |
|------------------|--------------------------------------|-----------------|--------|----------------|
| 1                | Altura                               | Altura          | IN     | 0,095          |
| 2                | Vel / Altura                         | Vel             | IN     | 0,166          |
| 3                | Vel / Altura / Pressão               | Pressão-0       | IN     | 0,229          |
| 4                | Vel / Altura / Pneu / Pressão        | Pneu-0          | IN     | 0,265          |
| 5                | Vel / Altura / Fqp2 / Pneu / Pressão | Fqp2-0          | IN     | 0,304          |

Fqp2-0 = ciclista pedala menos de uma vez por semana; Pneu-0 = pneu largo; Pressão-0 = 20 psi; Vel = Velocidade

Tabela 6.14 – Variáveis versus coeficientes de determinação para pavimento com revestimento de pedras regulares em estado ruim

| No. de variáveis | Variáveis  | Variável IN/OUT | Status | R <sup>2</sup> |
|------------------|--|-----------------|--------|----------------|
| 1                | Vel  | Vel             | IN     | 0,196          |
| 2                | Vel / Altura   | Altura          | IN     | 0,361          |
| 3                | Vel / Altura / Fqp1  | Fqp1-1          | IN     | 0,417          |
| 4                | Vel / Altura / Fqp1 / Pressão                              | Pressão-0       | IN     | 0,458          |
| 5                | Vel / Altura / Idade / Fqp1 / Pressão                      | Idade           | IN     | 0,491          |
| 6                | Vel / Peso / Altura / Idade / Fqp1 / Pressão               | Peso            | IN     | 0,517          |
| 7                | Vel / Peso / Altura / Idade / Fqp1 / Fqp2 / Pressão        | Fqp2-0          | IN     | 0,536          |
| 8                | Vel / Peso / Altura / Idade / Fqp1 / Fqp2 / Pressão / Sexo | Sexo-0          | IN     | 0,559          |

Fqp1-1 = ciclista pedala todos os dias; Fqp2-0 = ciclista pedala menos de uma vez por semana; Pneu-0 = pneu largo; Pressão-0 = 20 psi; Sexo-0 = feminino; Vel = Velocidade

Considerando-se as todos os modelos estatísticos apresentados, percebe-se que todos os coeficientes de determinação ( $R^2$ ) calculados exibiram valores baixos. Apesar disso, este estudo não pretende desenvolver modelos matemáticos para previsão do conforto (variável dependente) percebido pelos ciclistas ao trafegarem por ciclovias. Assim sendo, as variáveis independentes presentes nos modelos estatísticos calculados serão utilizadas para determinação da contribuição de cada uma no respectivo modelo.

Durante a análise de regressão múltipla pelo procedimento “Stepwise”, a adição de variáveis independentes produziu coeficientes de determinação ( $R^2$ ) parciais crescentes a cada iteração, até a obtenção do melhor modelo estatístico, aquele que apresenta o maior  $R^2$ , e cujo valor representa o coeficiente de determinação total.

Considerando-se esse coeficiente de determinação total, pode-se então calcular as contribuições de cada variável independente para o melhor modelo estatístico determinado em cada caso. Essas contribuições são computadas a partir do quociente entre o coeficiente

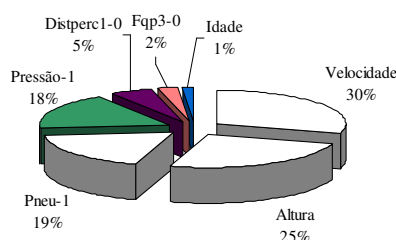
de determinação total e o coeficiente de determinação parcial para cada variável independente.

### 6.5.2 – Determinação das Contribuições de Cada Variável Independente nos Melhores Modelos Estatísticos Calculados

Considerando-se todas as seções avaliadas concomitantemente (Tabela 6.15), percebe-se que as variáveis velocidade de deslocamento, altura, tipo de pneu e pressão de inflação respondem por 90,9% das variações do modelo estatístico. Desta forma, as variáveis envolvidas estão relacionadas à apenas um fator humano (altura) e à características da bicicleta. Outros fatores, por exemplo, frequência com que pedala, idade e distância percorrida, apresentaram reduzida influência. Além disso, a velocidade demonstrou ser a variável preponderante, apresentando contribuição ligeiramente superior à determinada para a altura. Também constatou-se que a combinação entre pneu largo com pressão de inflação igual a 40 psi forneceu boa contribuição.

Tabela 6.15 – Contribuição de cada variável considerando-se todas as seções avaliadas concomitantemente

| Variáveis                | R <sup>2</sup> parcial | Contribuição (%) |
|--------------------------|------------------------|------------------|
| Velocidade               | 0,034                  | 29,39            |
| Altura                   | 0,030                  | 25,42            |
| Pneu-1                   | 0,022                  | 18,54            |
| Pressão-1                | 0,020                  | 17,55            |
| Distperc1-0              | 0,006                  | 5,29             |
| Fqp3-0                   | 0,003                  | 2,46             |
| Idade                    | 0,002                  | 1,35             |
| R <sup>2</sup> total (Σ) | 0,117                  | 100,00           |



Fqp3-0 = ciclista pedala menos de uma vez por mês; Pneu-1 = pneu fino; Pressão-1 = 40 psi; Distperc1-0 = mais de 10 km

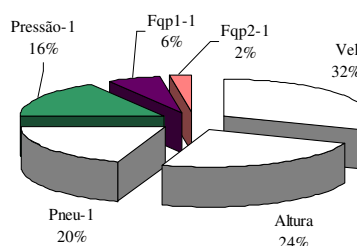
Um pneu com pressão de inflação adequada apresenta menor área de contato com o revestimento, se comparado à área de contato de um pneu com baixa pressão de inflação. Logo, a utilização de um pneu largo (naturalmente com uma maior área de contato) aliado

à pressão de inflação adequada, permitem uma melhor absorção das irregularidades da superfície, menor esforço para tracionar a bicicleta, e em consequência um rolamento mais suave ao ciclista.

Considerando-se todas as seções de pavimentos com revestimento asfáltico (Tabela 6.16), constata-se que a velocidade é a variável que mais contribuiu, seguida pela altura dos ciclistas, pressão e tipo de pneu utilizado, respectivamente.

Tabela 6.16 – Contribuição de cada variável para todas as seções de pavimentos com revestimento asfáltico

| Variáveis                | R <sup>2</sup> parcial | Contribuição (%) |
|--------------------------|------------------------|------------------|
| Velocidade               | 0,034                  | 29,93            |
| Altura                   | 0,027                  | 23,68            |
| Pneu-1                   | 0,022                  | 19,36            |
| Pressão-1                | 0,018                  | 15,63            |
| Fqp1-1                   | 0,007                  | 5,75             |
| Fqp2-1                   | 0,003                  | 2,41             |
| R <sup>2</sup> total (Σ) | 0,114                  | 100,00           |



Fqp1-1 = ciclista pedala todos os dias; Fqp2-1 = ciclista pedala mais de uma vez por semana; Pneu-1 = pneu fino; Pressão-1 = 40 psi

Considerando-se separadamente cada tipo de pavimento com revestimento asfáltico (Tabelas 6.17 a 6.20), observa-se que independente do estado de conservação da superfície, a velocidade de deslocamento apresenta-se como a variável preponderante em todos os casos analisados, contribuindo em média com 31,9% das variações dos modelos estatísticos.

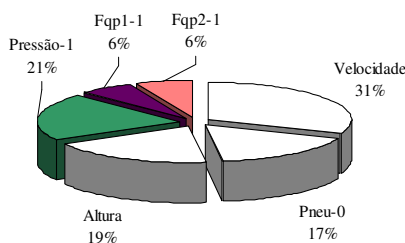
Analisando-se especificamente os pavimentos com revestimento asfáltico em estados excelente e bom (Tabelas 6.17 e 6.18), percebe-se que a altura dos participantes, seguida pela pressão de inflação dos pneus, além do tipo de pneu utilizado também apresentaram contribuições importantes, enquanto que a frequência com que pedala mostrou contribuição reduzida. Além disso, nota-se que as demais variáveis independentes (sexo, peso e idade) sequer constaram nos modelos estatísticos determinados. Assim, novamente



observou-se que apenas um fator humano (altura) e fatores relacionados à bicicleta foram os maiores contribuintes.

Tabela 6.17 – Contribuição de cada variável para pavimento com revestimento asfáltico em estado excelente

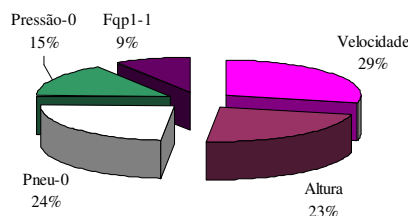
| Variáveis                | R <sup>2</sup> parcial | Contribuição (%) |
|--------------------------|------------------------|------------------|
| Velocidade               | 0,092                  | 30,92            |
| Pneu-0                   | 0,051                  | 17,08            |
| Altura                   | 0,055                  | 18,65            |
| Pressão-1                | 0,061                  | 20,41            |
| Fqp1-1                   | 0,019                  | 6,50             |
| Fqp2-1                   | 0,019                  | 6,43             |
| R <sup>2</sup> total (Σ) | 0,298                  | 100,00           |



Fqp1-1 = ciclista pedala todos os dias; Fqp2-1 = ciclista pedala mais de uma vez por semana; Pneu-0 = pneu largo; Pressão-1 = 40 psi

Tabela 6.18 – Contribuição de cada variável para pavimento com revestimento asfáltico em bom estado

| Variáveis                | R <sup>2</sup> parcial | Contribuição (%) |
|--------------------------|------------------------|------------------|
| Velocidade               | 0,037                  | 28,52            |
| Altura                   | 0,030                  | 23,19            |
| Pneu-0                   | 0,031                  | 23,84            |
| Pressão-0                | 0,020                  | 15,24            |
| Fqp1-1                   | 0,012                  | 9,22             |
| R <sup>2</sup> total (Σ) | 0,129                  | 100,00           |



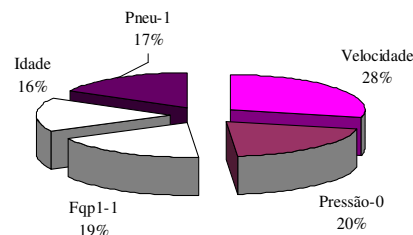
Fqp1-1 = ciclista pedala todos os dias; Pneu-0 = pneu largo; Pressão-0 = 20 psi

À medida que a condição de superfície deteriorou-se, foi constatado que outras variáveis independentes surgiram como contribuintes aos modelos estatísticos calculados. Por exemplo, em pavimentos asfálticos com revestimento em estado regular (Tabela 6.19), observa-se que a pressão de inflação menor (20 psi), portanto fornecendo uma área de contato maior, apresentou a segunda contribuição em termos percentuais, seguida pela

frequência com que o ciclista pedala, tipo de pneu utilizado (pneu fino) e idade do ciclista. Desta forma, presume-se que a percepção da qualidade de rolamento de um pavimento regular pode ser melhor detectada por ciclistas habituais. Além disso, os fatores humanos tenderam a aumentar sua participação no modelo, comparado aos modelos anteriores, porém, os fatores relacionados à bicicleta ainda constituem os fatores preponderantes.

Tabela 6.19 – Contribuição de cada variável para pavimento com revestimento asfáltico em estado regular

| Variáveis                         | R <sup>2</sup> parcial | Contribuição (%) |
|-----------------------------------|------------------------|------------------|
| Velocidade                        | 0,022                  | 28,64            |
| Pressão-0                         | 0,016                  | 20,02            |
| Fqp1-1                            | 0,015                  | 18,72            |
| Idade                             | 0,012                  | 15,55            |
| Pneu-1                            | 0,013                  | 17,07            |
| R <sup>2</sup> total ( $\Sigma$ ) | 0,078                  | 100,00           |



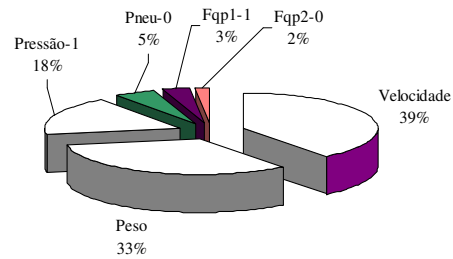
Fqp1-1 = ciclista pedala todos os dias; Pneu-1 = pneu fino; Pressão-0 = 20 psi

Para pavimentos com revestimento asfáltico ruim (Tabela 6.20), constatou-se que além da velocidade, o peso dos participantes apresentou contribuição significativa, seguido pela pressão de inflação dos pneus (40 psi) e do tipo de pneu utilizado (pneu largo). Ciclistas mais pesados contribuem para que haja uma maior deformação do pneu, aumentando a área de contato com o pavimento, favorecendo desta forma a percepção das irregularidades existentes sobre a superfície de rolamento. Além disso, percebe-se que as frequências com que os ciclistas pedalam apresentaram contribuição irrisória.

Quando a análise foi realizada para todas as seções de pavimento com revestimento de pedras regulares, observou-se que as variáveis independentes com maior contribuição são as mesmas encontradas para a análise desenvolvida para todas as seções dos pavimentos com revestimentos asfálticos. Contudo, nota-se que a altura superou ligeiramente a variável velocidade, conforme ilustra a Tabela 6.21.

Tabela 6.20 – Contribuição de cada variável para pavimento com revestimento asfáltico em estado ruim

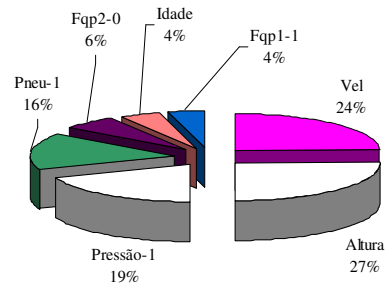
| Variáveis                | R <sup>2</sup> parcial | Contribuição (%) |
|--------------------------|------------------------|------------------|
| Velocidade               | 0,125                  | 39,53            |
| Peso                     | 0,103                  | 32,66            |
| Pressão-1                | 0,057                  | 17,86            |
| Pneu-0                   | 0,015                  | 4,84             |
| Fqp1-1                   | 0,011                  | 3,34             |
| Fqp2-0                   | 0,006                  | 1,77             |
| R <sup>2</sup> total (Σ) | 0,317                  | 100,00           |



Fqp1-1 = ciclista pedala todos os dias; Fqp2-1 = ciclista pedala mais de uma vez por semana; Pneu-0 = pneu largo; Pressão-1 = 40 psi

Tabela 6.21 – Contribuição de cada variável para todas as seções de pavimento com revestimento de pedras regulares

| Variáveis                | R <sup>2</sup> parcial | Contribuição (%) |
|--------------------------|------------------------|------------------|
| Velocidade               | 0,036                  | 24,43            |
| Altura                   | 0,037                  | 25,58            |
| Pressão-1                | 0,028                  | 19,08            |
| Pneu-1                   | 0,023                  | 16,01            |
| Fqp2-0                   | 0,009                  | 6,23             |
| Idade                    | 0,006                  | 4,43             |
| Fqp1-1                   | 0,006                  | 4,23             |
| R <sup>2</sup> total (Σ) | 0,146                  | 100,00           |



Fqp1-1 = ciclista pedala todos os dias; Fqp2-0 = ciclista pedala menos de uma vez por mês; Pneu-1 = pneu fino; Pressão-1 = 40 psi

As análises desenvolvidas também avaliaram a contribuição das variáveis independentes para cada tipo e condição de conservação dos pavimentos com revestimento de pedras regulares. Observou-se (Tabelas 6.22 a 6.25) que a velocidade de deslocamento contribuiu em todos os modelos estatísticos determinados. No entanto, essa contribuição mostrou-se

inversamente proporcional ao estado de conservação do revestimento, ou seja, o revestimento excelente mostrou baixa contribuição da velocidade enquanto o revestimento ruim apresentou contribuição preponderante desta variável. Desta forma, nota-se que à medida que o estado de conservação da superfície deteriora-se, a velocidade passa a ser uma variável crítica que melhor traduz o desconforto durante o rolamento. Essa constatação difere significativamente dos resultados obtidos para cada seção em pavimentos com revestimentos asfálticos.

Também é importante observar que a altura dos participantes novamente apresentou contribuição significativa em três dos quatro casos analisados. Isso pode ser resultante da utilização de um único tipo de bicicleta com dimensões intermediárias. Os fabricantes de bicicletas nacionais dispõem de alguns parâmetros de referência quanto ao tipo de bicicleta recomendada para o ciclista em função da altura deste. Assim sendo, estudos futuros deveriam incluir a variável bicicleta entre as variáveis a serem examinadas.

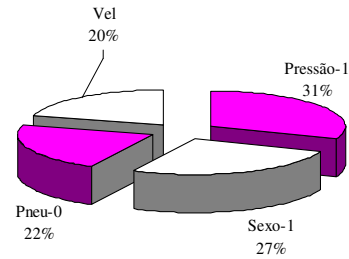
Considerando-se ainda os quatro casos mencionados, percebe-se que a pressão de inflação dos pneus apresentou contribuição significativa em três casos, sendo a pressão crítica igual a 20 psi, demonstrando a importância desta variável no conforto percebido pelo ciclista. Além disso, as variáveis frequência com que pedala, idade, e peso apresentaram contribuição reduzida nas quatro situações consideradas.

Analisando mais detalhadamente o pavimento com estado de conservação excelente (Tabela 6.22), nota-se que a variável sexo apresentou contribuição significativa, indicando que as notas atribuídas pelos homens exibiram maior correlação comparada às notas atribuídas pelas mulheres.

Comparando-se ambos tipos de pavimento em estado de conservação ruim (Tabelas 6.20 e 6.25), percebe-se que o conforto ao rolamento dos pavimentos de pedras regulares é mais sensível à influência das variáveis independentes avaliadas, tendo em vista a contribuição de um maior número de parâmetros no respectivo modelo estatístico.

Tabela 6.22 – Contribuição de cada variável para pavimento com revestimento de pedras regulares em estado excelente

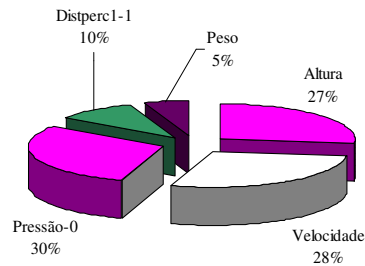
| Variáveis                | R <sup>2</sup> Contribuição |        |
|--------------------------|-----------------------------|--------|
|                          | parcial                     | (%)    |
| Pressão-1                | 0,119                       | 30,88  |
| Sexo-1                   | 0,102                       | 26,52  |
| Pneu-0                   | 0,086                       | 22,17  |
| Velocidade               | 0,079                       | 20,43  |
| R <sup>2</sup> total (Σ) | 0,386                       | 100,00 |



Sexo-1 = masculino; Pneu-0 = pneu largo; Pressão-1 = 40 psi

Tabela 6.23 – Contribuição de cada variável para pavimento com revestimento de pedras regulares em bom estado

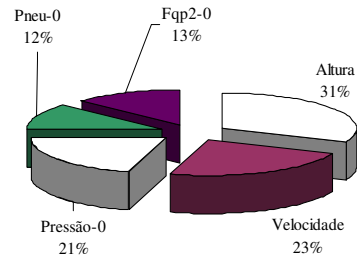
| Variáveis                | R <sup>2</sup> Contribuição |        |
|--------------------------|-----------------------------|--------|
|                          | parcial                     | (%)    |
| Altura                   | 0,076                       | 26,83  |
| Velocidade               | 0,080                       | 28,23  |
| Pressão-0                | 0,085                       | 29,87  |
| Distperc 1-1             | 0,028                       | 9,90   |
| Peso                     | 0,015                       | 5,17   |
| R <sup>2</sup> total (Σ) | 0,285                       | 100,00 |



Distperc 1-1 = menos de 5 km; Pressão-0 = 20 psi

Tabela 6.24 – Contribuição de cada variável para pavimento com revestimento de pedras regulares em estado regular

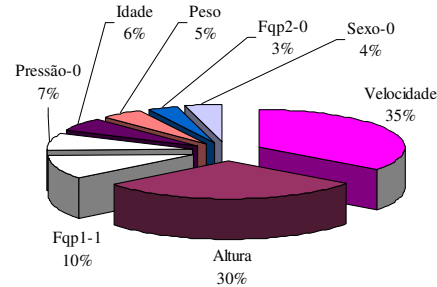
| Variáveis                | R <sup>2</sup> Contribuição |        |
|--------------------------|-----------------------------|--------|
|                          | parcial                     | (%)    |
| Altura                   | 0,095                       | 31,36  |
| Velocidade               | 0,070                       | 23,14  |
| Pressão-0                | 0,063                       | 20,75  |
| Pneu-0                   | 0,036                       | 11,83  |
| Fqp2-0                   | 0,039                       | 12,92  |
| R <sup>2</sup> total (Σ) | 0,304                       | 100,00 |



Fqp2-0 = ciclista pedala menos de uma vez por mês; Pneu-0 = pneu largo; Pressão-0 = 20 psi

Tabela 6.25 – Contribuição de cada variável para pavimento com revestimento de pedras regulares em estado ruim

| Variáveis                | R <sup>2</sup> parcial | Contribuição (%) |
|--------------------------|------------------------|------------------|
| Velocidade               | 0,196                  | 35,00            |
| Altura                   | 0,165                  | 29,51            |
| Fqp1-1                   | 0,056                  | 10,06            |
| Pressão-0                | 0,041                  | 7,32             |
| Idade                    | 0,033                  | 5,84             |
| Peso                     | 0,027                  | 4,77             |
| Fqp2-0                   | 0,019                  | 3,31             |
| Sexo-0                   | 0,023                  | 4,19             |
| R <sup>2</sup> total (Σ) | 0,559                  | 100,00           |



Fqp1-1 = ciclista pedala todos os dias; Fqp2-0 = ciclista pedala menos de uma vez por semana; Pneu-0 = pneu largo; Pressão-0 = 20 psi; Sexo-0 = feminino

### 6.5.3 – Correlação entre Velocidades e Notas Atribuídas aos Pavimentos

As contribuições preponderantes em todos os casos analisados, admitidas como superiores a 15,00%, são apresentadas de forma resumida nas Tabelas 6.26 a 6.28. Considerando-se o caso dos pavimentos com revestimento asfáltico (Tabela 6.27), quanto pior a condição de conservação da superfície, maior foi a contribuição da velocidade. Além desta variável, percebe-se que à medida que a condição de conservação da superfície melhora, decresce a influência do tipo de pneu utilizado e aumenta a contribuição da pressão de inflação. Por outro lado, em pavimentos asfálticos ruins, o peso aliado à pressão de inflação recomendada apresentou contribuição significativa.

Em pavimentos com revestimento de pedras regulares (Tabela 6.28), a velocidade de deslocamento também contribuiu em todos os modelos estatísticos, seguida pela altura dos participantes. Em pavimentos de pedras regulares excelentes, a pressão de inflação dos pneus apresentou o mesmo grau de contribuição da velocidade ocorrida em pavimentos com revestimento asfáltico. No entanto, a contribuição da velocidade nos pavimentos de pedras regulares cresceu de forma mais acentuada nesse tipo de pavimento à medida que a condição de superfície se deteriorava

A partir do resumo apresentado nas Tabelas 6.26 a 6.28, procurou-se determinar para cada variável preponderante, o grau de influência de cada parcela constituinte dessa variável, para cada tipo e condição de conservação do pavimento. Desta forma, inicialmente tratou-se de identificar qual a velocidade que mais se correlacionaria com a nota fornecida pelos ciclistas. Em todas as análises de correlação considerou-se um nível de significância de 5%, ou seja, a correlação era aceitável se o valor-p fosse inferior a 0,05.

Conforme ilustra a Tabela 6.29, para pavimentos com revestimento asfáltico, a velocidade apresentou coeficiente de correlação estatística significativo para velocidades de deslocamento em torno de 15 km/h para revestimentos em boas condições de conservação, enquanto que para revestimentos regulares e ruins, a velocidade indicada localizou-se na faixa dos 20 km/h. Por outro lado, pavimentos com estado de superfície ruim também apresentaram correlação estatística significativa para velocidades de deslocamento na faixa de 10 km/h. Pavimentos com estado de conservação excelente não apresentaram correlação estatística significativa com as notas dos ciclistas.

Considerando-se os pavimentos com revestimento em pedras regulares, observa-se que embora no cômputo geral, a velocidade é a variável preponderante na maioria dos modelos apresentados na Tabela 6.28, não há contudo uma faixa de velocidades ( $\pm 10$  km/h;  $\pm 15$  km/h ou  $\pm 20$  km/h) que apresente uma correlação estatisticamente significativa com as notas atribuídas pelos ciclistas.

A análise dos dois tipos de pavimento concomitantemente também demonstrou que a velocidade apresenta correlação (embora reduzida), mas estatisticamente significativa com as notas dos avaliadores para velocidades na faixa dos 10 km/h e na faixa dos 20 km/h, ou seja, nas classes inferior e superior avaliadas, respectivamente.

Tabela 6.26 – Resumo das contribuições preponderantes (>15,00 %) para todas as seções concomitantemente, com revestimento asfáltico e com revestimento de pedras regulares

|  | Contribuições por variável (%) |        |                 |                      |
|--|--------------------------------|--------|-----------------|----------------------|
|  | Velocidade                     | Altura | Pneu – 1 (fino) | Pressão – 1 (40 psi) |
| Todas as seções concomitantemente                    | 29,29                          | 25,42  | 18,54           | 17,55                |
| Todas as seções com revestimento asfáltico           | 29,93                          | 23,68  | 19,36           | 15,63                |
| Todas as seções com revestimento de pedras regulares | 24,43                          | 25,58  | 16,01           | 19,08                |

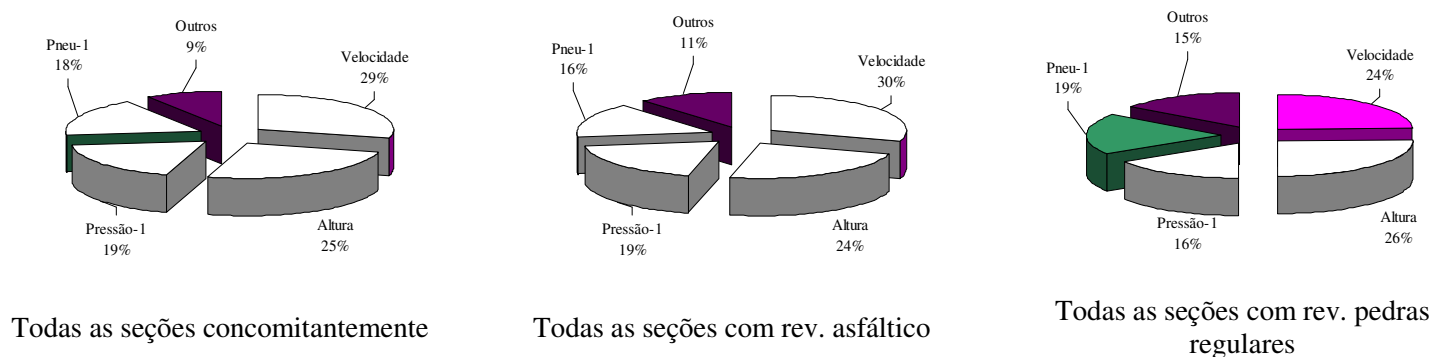
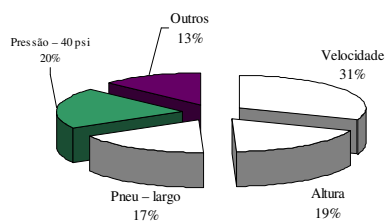


Figura 6.1 – Resumo das contribuições preponderantes (>15,00 %) para todas as seções concomitantemente, com revestimento asfáltico e com revestimento de pedras regulares

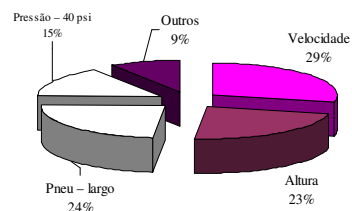


Tabela 6.27 – Resumo das contribuições preponderantes (>15,00 %) para pavimentos com revestimentos asfálticos

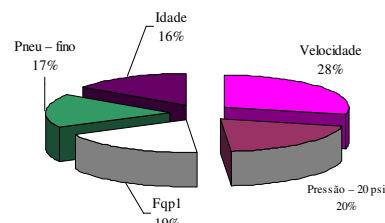
| Estado/Condição do pavimento | Contribuições por variável (%) |        |       |                  |                 |                      |                      |   |       |
|------------------------------|--------------------------------|--------|-------|------------------|-----------------|----------------------|----------------------|---|-------|
|                              | Velocidade                     | Altura | Peso  | Pneu – 0 (largo) | Pneu – 1 (fino) | Pressão – 0 (20 psi) | Pressão – 1 (40 psi) | Freq. que pedala – 1 (menos de uma vez por mês) | Idade |
| Excelente                    | 30,91                          | 18,65  |       | 17,09            |                 |                      | 20,41                |   |       |
| Bom                          | 28,52                          | 23,18  |       | 23,84            |                 |                      | 15,24                |   |       |
| Regular                      | 28,64                          |        |       |                  | 17,07           | 20,01                |                      | 18,72   | 15,55 |
| Ruim                         | 39,53                          |        | 32,66 |                  |                 |                      | 17,86                |   |       |



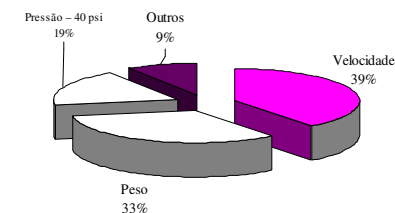
Estado Excelente



Estado Bom



Estado Regular



Estado Ruim

Figura 6.2 – Resumo das contribuições preponderantes (>15,00 %) para pavimentos com revestimentos asfálticos

Tabela 6.28 – Resumo das contribuições preponderantes (>15,00 %) para pavimento com revestimento de pedras regulares

| Estado/Condição<br>do pavimento | Contribuições por variável (%) |        |                     |                         |                         |                     |
|---------------------------------|--------------------------------|--------|---------------------|-------------------------|-------------------------|---------------------|
|                                 | Velocidade                     | Altura | Pneu – 0<br>(largo) | Pressão – 0<br>(20 psi) | Pressão – 1<br>(40 psi) | Sexo - 1<br>(homem) |
| Excelente                       | 20,43                          |        | 22,17               |                         | 30,88                   | 26,52               |
| Bom                             | 28,23                          | 26,83  |                     | 29,87                   |                         |                     |
| Regular                         | 23,14                          | 31,36  |                     | 20,75                   |                         |                     |
| Ruim                            | 35,00                          | 29,51  |                     |                         |                         |                     |

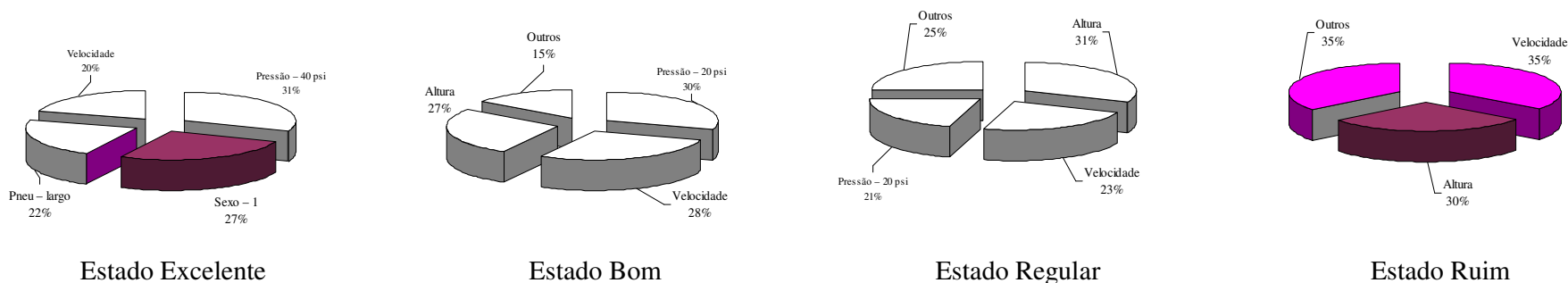


Figura 6.3 – Resumo das contribuições preponderantes (>15,00 %) para pavimentos com revestimento de pedras regulares

Tabela 6.29 – Correlação entre velocidades e notas dos ciclistas quanto ao conforto oferecido pelo pavimento da ciclovia

| Tipo de revestimento do pavimento | Estado ou condição da superfície | Velocidades (km/h) |              |              |              |              |              |
|-----------------------------------|----------------------------------|--------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
|                                   |                                  | ± 10 km/h          |              | ± 15 km/h    |              | ± 20 km/h    |              |
|                                   |                                  | R                  | valor-p      | R            | valor-p      | R            | valor-p      |
| Asfáltico                         | Excelente                        | 0,028              | 0,761        | 0,112        | 0,141        | 0,095        | 0,149        |
|                                   | Bom                              | 0,036              | 0,709        | <b>0,159</b> | <b>0,042</b> | -0,092       | 0,260        |
|                                   | Regular                          | -0,070             | 0,478        | -0,044       | 0,634        | <b>0,148</b> | <b>0,093</b> |
|                                   | Ruim                             | <b>-0,169</b>      | <b>0,015</b> | -0,014       | 0,835        | <b>0,150</b> | <b>0,031</b> |
| Pedras regulares                  | Excelente                        | -0,148             | 0,287        | 0,102        | 0,411        | -0,161       | 0,131        |
|                                   | Bom                              | -0,111             | 0,386        | 0,163        | 0,133        | 0,058        | 0,595        |
|                                   | Regular                          | 0,058              | 0,640        | -0,052       | 0,645        | 0,084        | 0,461        |
|                                   | Ruim                             | -0,094             | 0,358        | -0,100       | 0,353        | 0,016        | 0,895        |
| Asfáltico+Pedras regulares        | Todas concomitantemente          | <b>0,074</b>       | <b>0,033</b> | 0,043        | 0,181        | <b>0,053</b> | <b>0,085</b> |

#### 6.5.4 – Correlação entre Alturas dos Ciclistas e Notas Atribuídas aos Pavimentos

Conforme descrito nas Tabelas 6.26 a 6.28, a altura dos ciclistas que participaram da presente pesquisa apresentou contribuição significativa quando foram avaliados os pavimentos concomitantemente assim como separadamente. Contudo, sabe-se que as alturas apresentam uma distribuição de frequência, e que portanto, alguma das classes dessa variável poderiam mostrar maior ou menor correlação com as notas atribuídas pelos participantes.

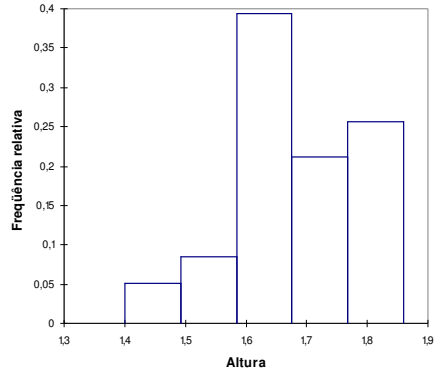
Desta forma, a fim de dirimir essa questão, inicialmente correlacionou-se as alturas e as respectivas notas quanto ao conforto oferecido pelo pavimento para aqueles pavimentos que apresentaram algum tipo de contribuição por parte da altura nos modelos estatísticos determinados. Novamente, considerando-se um nível de significância igual a 5%, a correlação foi considerada estatisticamente significativa caso o valor-p fosse inferior a 0,05. Os resultados dessas correlações são apresentados na Tabela 6.30. Observa-se que

para as três situações de revestimento e condições de superfície apresentadas, as correlações determinadas (em negrito) são estatisticamente significativas às velocidades em torno de 15 km/h e 20 km/h, respectivamente.

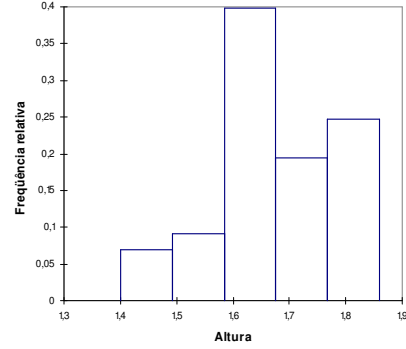
Para cada situação/condição que apresentou coeficiente de correlação significativo (em negrito na Tabela 6.30), determinou-se um histograma da freqüências para as alturas em função das notas a fim de identificar-se as respectivas classes de freqüência e freqüências relativas. A partir dessas classes, procedeu-se a uma nova correlação estatística, utilizando-se para tal as notas atribuídas pelos participantes e as respectivas alturas para cada classe de freqüência. Desta forma, pôde-se identificar qual a classe de freqüência que melhor se correlacionou com as avaliações subjetivas dos participantes. As Figuras 6.4 a 6.6 ilustram os histogramas de freqüências que apresentaram correlação estatisticamente significativa com as notas.

Tabela 6.30 – Correlação entre as alturas e as notas atribuídas ao conforto oferecido pelo pavimento

| Tipo de revestimento do pavimento | Estado/condição                        | R             | valor-p            |
|-----------------------------------|--|---------------|--------------------|
| Asfáltico                         | Bom ( $V = 19,92 \pm 0,90$ km/h)       | <b>0,205</b>  | <b>0,011</b>       |
|                                   | Bom ( $V = 15,59 \pm 0,81$ km/h)       | <b>0,157</b>  | <b>0,045</b>       |
|                                   | Bom ( $V = 10,78 \pm 0,78$ km/h)       | 0,135         | 0,160              |
|                                   | Excelente ( $V = 19,91 \pm 1,04$ km/h) | <b>0,281</b>  | <b>&lt; 0,0001</b> |
|                                   | Excelente ( $V = 15,60 \pm 0,68$ km/h) | <b>0,223</b>  | <b>0,003</b>       |
|                                   | Excelente ( $V = 10,75 \pm 0,86$ km/h) | 0,037         | 0,686              |
|                                   | Ruim ( $V = 19,59 \pm 0,78$ km/h)      | <b>0,472</b>  | <b>&lt; 0,0001</b> |
|                                   | Ruim ( $V = 15,52 \pm 0,64$ km/h)      | <b>0,487</b>  | <b>&lt; 0,0001</b> |
|                                   | Ruim ( $V = 10,52 \pm 0,75$ km/h)      | <b>0,434</b>  | <b>&lt; 0,0001</b> |
| Pedras regulares                  | Regular ( $V = 19,65 \pm 0,82$ km/h)   | <b>0,463</b>  | <b>&lt; 0,0001</b> |
|                                   | Regular ( $V = 15,50 \pm 0,72$ km/h)   | <b>0,324</b>  | <b>0,003</b>       |
|                                   | Regular ( $V = 10,72 \pm 0,78$ km/h)   | 0,221         | 0,073              |
|                                   | Bom ( $V = 19,73 \pm 0,83$ km/h)       | <b>0,334</b>  | <b>0,002</b>       |
|                                   | Bom ( $V = 15,54 \pm 0,68$ km/h)       | <b>0,364</b>  | <b>0,001</b>       |
|                                   | Bom ( $V = 10,64 \pm 0,78$ km/h)       | 0,232         | 0,067              |
| Asfáltico + pedra regular         | $V = 10,65 \pm 0,75$ km/h              | <b>0,2167</b> | <b>&lt; 0,0001</b> |
|                                   | $V = 15,56 \pm 0,72$ km/h              | <b>0,1583</b> | <b>&lt; 0,0001</b> |
|                                   | $V = 19,80 \pm 0,88$ km/h              | <b>0,1581</b> | <b>&lt; 0,0001</b> |

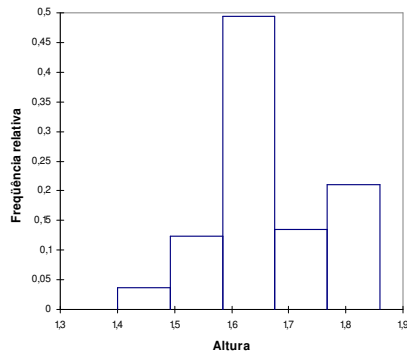


$V = \pm 15$  km/h

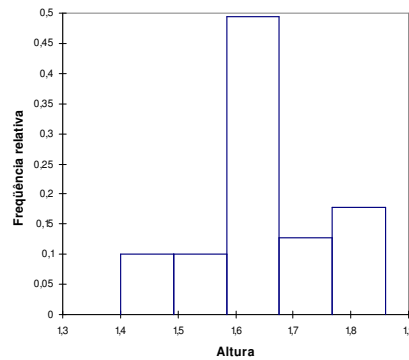


$V = \pm 20$  km/h

Figura 6.4 – Histogramas de frequências para as alturas dos participantes em pavimentos com revestimento asfáltico em estado excelente



$V = \pm 15$  km/h



$V = \pm 20$  km/h

Figura 6.5 – Histogramas de frequências para as alturas dos participantes em pavimentos com revestimento de pedras regulares em estado regular

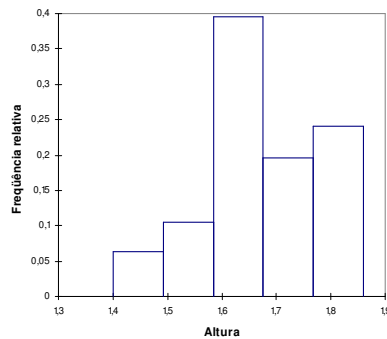


Figura 6.6 – Histograma de frequências para as alturas dos participantes considerando-se todas as seções em estudo à velocidade de  $10,65 \pm 0,75$  km/h

As correlações estatísticas entre classes de frequência para alturas e notas atribuídas pelos ciclistas demonstrou que a melhor correlação estatisticamente significativa ocorreu para alturas situadas na faixa 1,768 m a 1,86 m. Essas correlações foram observadas (Tabela 6.31) para pavimentos asfálticos em estado excelente e pavimentos de pedras regulares em estado regular à velocidades de  $\pm 15$  km/h e  $\pm 20$  km/h. Para a combinação dos dois tipos de pavimentos em análise, a correlação apresentou-se estatisticamente significativa apenas para velocidades de  $\pm 10$  km/h.

É importante destacar que no caso dos pavimentos asfálticos e naqueles avaliando os dois tipos de pavimento concomitantemente, a correlação mostrou-se negativa, ou seja, à medida que aumentou a altura do ciclista, diminuiu-se o conforto percebido. Novamente, isso pode ser derivado do tipo de bicicleta utilizado.

Tabela 6.31 – Correlação entre classes de frequência (alturas) versus notas atribuídas pelos ciclistas

| Tipo de revestimento do pavimento | Estado/ condição | Velocidade (km/h) | Classe de frequência | R      | valor-p |
|-----------------------------------|------------------|-------------------|----------------------|--------|---------|
| Asfáltico                         | Excelente        | 19,91 $\pm$ 1,04  | 1,768 – 1,86         | -0,617 | <0,0001 |
|                                   |                  | 15,60 $\pm$ 0,68  | 1,768 – 1,86         | -0,466 | 0,001   |
| Pedra regular                     | Regular          | 19,65 $\pm$ 0,82  | 1,768 – 1,86         | 0,560  | 0,037   |
|                                   |                  | 15,50 $\pm$ 0,72  | 1,768 – 1,86         | 0,485  | 0,049   |
| Asfáltico+pedra regular           |                  | 10,65 $\pm$ 0,75  | 1,768 – 1,86         | 0,263  | 0,000   |

### 6.5.5 – Correlação entre Pesos dos Ciclistas e Notas Atribuídas aos Pavimentos

Analisando novamente a Tabela 6.27, percebe-se que para os pavimentos com revestimentos asfálticos em estado ruim, a variável peso apresentou contribuição significativa. A fim de examinar mais detalhadamente essa variável, correlacionou-se os pesos e as notas para cada velocidade de deslocamento. Os resultados (Tabela 6.32) mostram que para as três situações avaliadas, os coeficientes de correlação são estatisticamente significativos. Logo, cabe averiguar qual a faixa de valores dos pesos dos

participantes apresenta maior correlação com as notas atribuídas pelos mesmos. Assim, inicialmente foram determinados histogramas de frequência para identificar as classes de frequência relativas aos pesos em cada pavimento com revestimento asfáltico ruim. A Figura 6.7 apresenta os histogramas de frequências para os pesos.

Tabela 6.32 – Correlação entre os pesos e as notas atribuídas  
ao conforto oferecido pelo pavimento

| Tipo de revestimento do pavimento e estado/condição | Velocidade (km/h) | R     | valor-p  |
|---|-------------------|-------|----------|
|   | 19,80 ± 0,82      | 0,426 | < 0,0001 |
| Asfáltico – estado ruim                             | 15,52 ± 0,70      | 0,322 | < 0,0001 |
|   | 10,60 ± 0,68      | 0,305 | < 0,0001 |

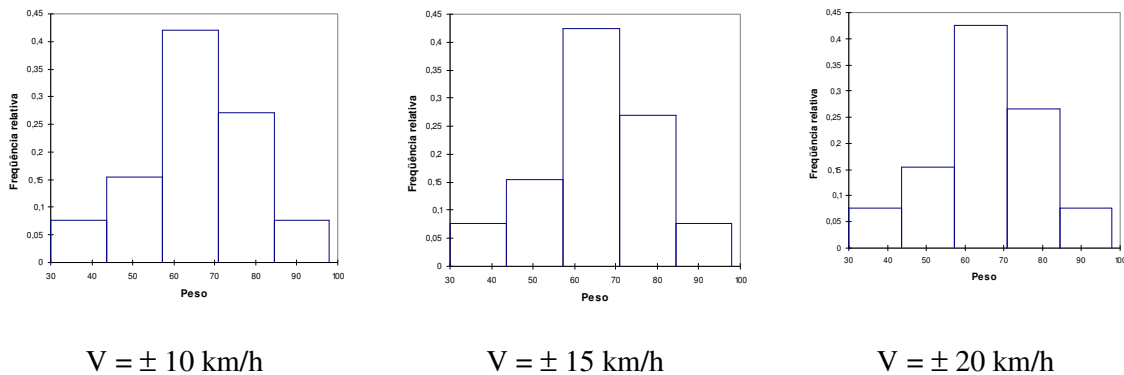


Figura 6.7 – Histogramas de frequências para os pesos dos participantes em pavimentos com revestimento asfáltico em estado ruim

A partir das classes de frequência determinadas, foram realizadas novas correlações estatísticas entre cada classe e as respectivas notas atribuídas pelos ciclistas. Constatou-se (Tabela 6.33) que os coeficientes de correlação estatisticamente significativos foram encontrados para pesos localizados na faixa 57,2 - 84,4 kg à velocidades em torno de 10 km/h e 15 km/h, respectivamente.



Tabela 6.33 – Correlação entre classes de frequência (pesos) versus notas atribuídas pelos ciclistas

| Revestimento e estado/condição | Velocidade (km/h) | Classe de frequência | R     |  | valor-p |  |
|--------------------------------|-------------------|----------------------|-------|--|---------|--|
|                                |                   |                      |       |  |         |  |
| Asfáltico – estado ruim        | 15,52 ± 0,70      | 57,2 - 84,4          | 0,214 |  | 0,010   |  |
|                                | 10,60 ± 0,68      | 57,2 - 84,4          | 0,290 |  | 0,001   |  |

### 6.5.6 – Correlação entre Idades dos Ciclistas e Notas Atribuídas aos Pavimentos

Segundo a Tabela 6.27, a idade dos ciclistas apresentou contribuição razoavelmente significativa em pavimentos asfálticos com revestimento regular. Assim sendo, surge a interrogante quanto a existência de correlação direta entre essa variável e as notas atribuídas pelos ciclistas. Portanto, correlacionou-se inicialmente as notas e as idades para cada velocidade de deslocamento utilizada. Conforme ilustra a Tabela 6.34, os coeficientes de correlação não apresentaram valores estatisticamente significativos. Desta forma, embora a idade contribua na avaliação global, não existe uma correlação direta com as notas das avaliações subjetivas dos participantes.

Tabela 6.34 – Correlação entre classes de frequência (pesos) versus notas atribuídas pelos ciclistas

| Tipo de revestimento do pavimento e estado/condição | Velocidades (km/h) |         |              |         |              |         |
|---|--------------------|---------|--------------|---------|--------------|---------|
|   | 10, 61 ± 0,73      |         | 15,60 ± 0,71 |         | 19,89 ± 0,77 |         |
|   | R                  | valor-p | R            | valor-p | R            | valor-p |
| Asfáltico – estado regular                          | 0,078              | 0,429   | 0,170        | 0,062   | 0,132        | 0,134   |

## 6.6 – CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir de análises estatísticas, pôde-se determinar a nota média de rejeição do pavimento e uma provável nota indicativa para desencadeamento das atividades de conservação.

A partir de análises de regressão, pode-se detectar a contribuição de algumas variáveis independentes na percepção do conforto oferecido pelos pavimentos cicloviários em estudo. Constatou-se que a velocidade contribuiu em todos os modelos estatísticos determinados, sendo na maioria dos casos o parâmetro preponderante. Entre as três velocidades analisadas, os deslocamentos à velocidades de  $\pm 10$  km/h e  $\pm 20$  km/h apresentaram correlação estatística significativa. Além disso, observou-se que em pavimentos com revestimento asfáltico, quanto pior a condição de conservação da superfície, maior foi a contribuição desta variável.

Em pavimentos com revestimento de pedras regulares, a velocidade de deslocamento também contribuiu em todos os modelos estatísticos, seguida pela altura dos participantes. Considerando-se isoladamente o pavimento com revestimento de pedras regulares em excelente estado de conservação, a pressão de inflação dos pneus apresentou o mesmo grau de contribuição da velocidade ocorrida em pavimentos com revestimento asfáltico na mesma condição de conservação. No entanto, a contribuição da velocidade nos pavimentos de pedras regulares cresceu de forma mais acentuada nesse tipo de pavimento à medida que a condição de superfície se deteriorava.

Por outro lado, constatou-se que a partir de uma análise global, a idade, a frequência de utilização da bicicleta, o peso e o sexo não contribuíram para os modelos estatísticos determinados. A contribuição destes foi encontrada apenas no caso isolado de pavimentos asfálticos em estado regular (idade e frequência de utilização da bicicleta) ou ruim (peso), e em pavimentos de pedras regulares em estado de conservação excelente (sexo).

Finalmente, ainda considerando-se uma avaliação global, encontrou-se que a distância percorrida quando os ciclistas pedalam e o propósito quando pedalam não contribuíram nos modelos estatísticos. A exceção ocorreu quando se avaliou isoladamente os pavimentos asfálticos regulares.

## 7 – CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

No Brasil algumas cidades desenvolveram projetos cicloviários há algum tempo e atualmente existem novos projetos em execução (por exemplo, em Santo André-São Paulo). Em Brasília, existem algumas experiências incipientes de ciclovias. Porém, estima-se que no médio prazo o Distrito Federal terá a disposição uma rede cicloviária, a partir de projeto financiado pelo Banco Interamericano de Desenvolvimento (BID). Assim no longo prazo, serão necessários procedimentos para avaliação dos pavimentos dessa rede.

A avaliação subjetiva de pavimentos é um procedimento simples e de baixo custo, que pode ser utilizado como ferramenta auxiliar nas atividades de gerenciamento de uma malha rodoviária. Em pavimentos cicloviários, esse procedimento também poderia constituir-se em um instrumento útil. Para tanto, torna-se necessário detectar quais os parâmetros ou variáveis independentes poderiam afetar a opinião dos ciclistas durante o deslocamento sobre trechos de pavimentos cicloviários.

Esta pesquisa teve por objetivo a identificação de variáveis que pudessem influenciar a avaliação subjetiva de ciclistas durante o deslocamento ao longo de ciclovias. Mediante levantamentos de campo, foram analisadas quatro ciclovias localizadas no Distrito Federal, sendo três ciclovias apresentando pavimento com revestimento de concreto asfáltico e uma ciclovia com revestimento de pedras regulares. Em cada ciclovia foram selecionados trechos com 50 m de extensão, que apresentassem estado de conservação excelente, bom, regular e ruim/péssimo, respectivamente. A qualidade de rolamento de cada trecho foi avaliada por 26 ciclistas que percorreram cada segmento à velocidades de  $\pm 10$  km/h,  $\pm 15$  km/h e  $\pm 20$  km/h. Após o deslocamento em cada velocidade mencionada, os participantes atribuíam uma nota à qualidade de rolamento ou conforto percebido durante o deslocamento. Além da velocidade também avaliou-se a influência da pressão de inflação dos pneus e o tipo de pneu utilizado. Em todos os levantamentos utilizou-se apenas uma bicicleta modelo mountain bike, aro 24 polegadas. Procurou-se dentro do possível, utilizar uma amostra de ciclistas heterogênea a fim de detectar-se a influência de parâmetros como idade, altura, peso e sexo dos ciclistas.

Mediante análises de regressão múltipla constatou-se que a velocidade contribuiu em todos os modelos estatísticos determinados, sendo na maioria dos casos o parâmetro preponderante.

Entre as três velocidades analisadas, os deslocamentos à velocidades de  $\pm 10$  km/h e  $\pm 20$  km/h apresentaram correlação estatística significativa com as notas de avaliação dos ciclistas. Além disso, observou-se que em pavimentos com revestimento asfáltico, quanto pior a condição de conservação da superfície, maior foi a contribuição desta variável.

Analisando-se apenas os pavimentos com revestimento asfáltico ruim, observou-se que a variável peso apresentou correlações estatisticamente significativas para pesos dos ciclistas variando entre 57,2 kg e 84,4 kg.

Considerando-se apenas os pavimentos com revestimento de pedras regulares, a velocidade de deslocamento também contribuiu em todos os modelos estatísticos, seguida pela altura dos participantes. No entanto, comparando-se esse tipo de revestimento e aquele constituído por revestimento asfáltico, observou-se que a contribuição da velocidade nos pavimentos de pedras regulares cresceu de forma mais acentuada à medida que a condição de superfície se deteriorava.

Por outro lado, constatou-se que a partir de uma análise global envolvendo os dois tipos de pavimentos, a idade, a frequência de utilização da bicicleta, o peso e o sexo não contribuíram para os modelos estatísticos determinados. A contribuição destas variáveis foi encontrada apenas no caso isolado de pavimentos asfálticos em estado regular (idade e frequência de utilização da bicicleta) ou ruim (peso); e em pavimentos de pedras regulares em estado de conservação excelente (sexo).

Considerando-se ainda a análise global dos dados, a altura apresentou importante contribuição, encontrando-se correlações estatisticamente significativas para alturas entre 1,76 m e 1,86 m. Além disso, encontrou-se que a idade, a distância percorrida quando os ciclistas pedalam e o propósito quando pedalam não contribuíram nesses modelos estatísticos globais.

Este trabalho teve algumas limitações, razão pela qual os resultados aqui obtidos constituem uma análise exploratória do tópico em estudo. A execução dos levantamentos de campo não pôde ser realizada com um número maior, mais heterogêneo e experiente em termos de ciclistas participantes. Além do fator humano, também houve restrições quanto ao modelo de bicicleta utilizada, sugerindo-se para futuros estudos a utilização de outros tipos de bicicletas disponíveis no mercado brasileiro. Assim sendo, as conclusões deste trabalho não devem ser extrapoladas.

Como recomendações para estudos futuros aconselha-se o aprofundamento da análise de dados com outros tipos de regressões como, por exemplo, a logarítmica, ou o uso de redes neurais para verificação se as correlações entre as variáveis apresentariam valores mais altos do que as obtidas neste estudo.

Também é recomendada uma coleta de dados utilizando diferentes tipos de usuários de bicicletas, além dos ciclistas eventuais, para análise dos aspectos comportamentais da percepção dos usuários.

Torna-se necessário o desenvolvimento de outros métodos de avaliação para pavimentos cicloviários, a fim de que constantes matemáticas possam ser definidas para a utilização em modelos computacionais para o cálculo do índice de irregularidade longitudinal em ciclovias. Os estudos referentes à pavimentos cicloviários realizados até hoje, que utilizam aparelhos de medição de irregularidade longitudinal, consideram nos cálculos os parâmetros tradicionais empregados para veículos rodoviários.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AASHO (1962). *The AASHO Road Test. Report 5. Pavement Research*. Highway Research Board. Special Report 61E. Washington, D. C. United States of America.
- ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas – (1982). *Terminologia e classificação de pavimentação*. NBR 7207/82.
- ALLEN, D. P., ROUPHAIL, N., HUMMER, J. E. e MILAZZO II, J. S. (1998). *Operational Analysis of Uninterrupted Bicycle Facilities*. *Transportation Research Record* 1636, pp. 29-36.
- ANTONAKOS, C.L. (1995). *Nonmotor travel in the 1990. Nationwide personal transportation survey*. *Transportation Research Record* 1502, 1995, pp. 75
- ANTP, Agência Nacional de Transporte Público (2000). *Há um descobrimento da importância das bicicletas para o deslocamento?* Diário. Informativo – Associação Nacional de Transportes Públicos – ANTP, n.70.
- ANTP – Agência Nacional de Transporte Público (2001). *Chineses reduzem o uso de bicicletas nas cidades*. Diário. Informativo – Associação Nacional de Transportes Públicos – ANTP, n.82.
- ASHLEY, C. e BANISTER, C. (1989) *Cycling to work form wards in metropolitan área – Factors influencing cycling to work*. *Traffic Engineering and Control*, pp. 297-302.
- BASTOS, M. L. L. (1984). *Estudos de Transporte Ciclovitário. Trechos Lineares*. Departamento de Transporte Urbanos – GEIPOT, Brasília. Volume 3.
- BICYCLE RESOURCES. (2000). *City os Portland Transportation. Bicycle Resources & Organization*.
- BOTMA, H. (1992) *Method to determine level of service for bicycle paths and pedestrian-bicycle paths*. *Transportation Research Record* 1502, pp. 38-44.
- BRASIL. (1997). Lei Nº 9.503, de 23 de setembro de 1997.
- CAIRNEY, P.T. (2003). *User Acceptability as the Basis for Performance-Based Specifications for a Major Cycling Facility*; 21<sup>th</sup> ARRB Conference, Cairns, Queensland.
- CAIRNEY, P. T & KING K. (2003). *Development of a Performance Based Specification for a Major Bicycle Facility*; ARRB Transport Research Ltd, Research Report ARR358, Australia, March 2003.
- CASTILHO, E. A. (1976). *Altura Materna e Peso da Criança ao Nascer*; Rev. Saúde Pública, São Paulo, 1976.
- CTB, CÓDIGO DE TRÂNSITO BRASILEIRO (1997). Lei n. 9.503, de 23.09.97 (DOU

24.09.97– Retif. DOU 25.09.97).

CYNECKI, M.J.; PERRY, G. e FRANGOS, G. (1993). *Study of bicyclist characteristics in Phoenix, Arizona*. Transportation Research Record 1405, 1993. pp. 28- 34.

DIXON, L. (1996). *Bicycle and pedestrian level-of-service performance measures and standards for congestion management systems*, Transportation Research Record 1538. pp.1-9.

DNER – Departamento Nacional de Estradas de Rodagem (1998). *Manual de reabilitação de pavimentos asfálticos*. Rio de Janeiro, RJ.

DNIT – Departamento Nacional de Infra-Estrutura de Transportes (1994). *Avaliação subjetiva da superfície de pavimentos flexíveis e semi-rígidos*. DNIT 009/2003. Rio de Janeiro, RJ. 6 p.

\_\_\_\_\_(1994). *Avaliação objetiva da superfície de pavimentos flexíveis e semi-rígidos*. DNIT 006/2003-PRO. Rio de Janeiro, RJ. 10 p.

\_\_\_\_\_(2006). *Manual de restauração de pavimentos asfálticos*. Publicação IPR – 720. Rio de Janeiro, RJ.

DOMINGUES, F. A. A (1993). *Manual de identificação de defeitos de revestimentos asfálticos de pavimentos*. São Paulo, SP.

EPPERSON, B. (1994). *Evaluating suitability of roadways for bicycle use: toward a cycling level-of-service standard*. *Transportation Research Record* 1438, 1994. pp. 9-16.

FHWA – Federal Highway Administration (1992a). *Linking Bicycle/Pedestrian Facilities with Transit. Case Study no 9 – US Department of Transportation – FHWA-PD- 92-012*.

FHWA – Federal Highway Administration (1992b). *Measures to overcome impediments to bicycling and walking. National Bicycling and Walking Study – Case Study no 4 – US Department of Transportation, FHWA-PD-92-041*.

FHWA – Federal Highway Administration (1992c). *What needs to be done to promote bicycling and walking? National Bicycling and Walking Study – Case Study no 3 – US Department of Transportation FHWA-PR-92-039*.

FORESTER, J. (1994). *Bicycle Transportation, A Handbook for Cycling Transportation Engineers*, 2<sup>a</sup> ed., Massachusetts, MIT Press, Massachusetts Institute of Technology.

GARDER, P. (1994). *Bicycle Accidents in Maine: An Analysis*. Transportation Research Record 1438. pp. 34-41.

GEIPOT – Empresa Brasileira de Planejamento de Transportes (1983). Estudos de

Transporte Ciclovitário, Vol. I, Tratamento de Interseções, Brasília.

GEIPOT – Empresa Brasileira de Planejamento de Transportes. (2001). Planejamento Ciclovitário: Diagnóstico Nacional, Brasil.

GILLESPIE, T. (1992). *Everything you always wanted to know about the IRI, but were afraid to ask!* Road Profile Users Group Meeting. Lincoln, Nebraska. 13 p.

GONDIM, M. S. (2001). *Transporte não Motorizado na Legislação Urbana do Brasil*. Tese de Mestrado - Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE. Rio de Janeiro, R.J.

GOVERNO DO DISTRITO FEDERAL (2007). [www.districto.federal.df.gov.br](http://www.districto.federal.df.gov.br). Acesso em: 30 de março de 2007.

GRIECO, M., TURNER, J. e KWAYKE, E.A. (1994). *A tale of two cultures: ethnicity and cycling behavior in urban Ghana*. *Transportation Research Record* 1441. p. 101-107.

HANNA, J. (1990). *Feet first: putting people at the centre of planning*. In TOLLEY, R., *The Greening of Urban Transport: Planning for Walking and Cycling in Western Cities*. John Wiley & Sons, London.

HANSON, S. e HANSON, P. (1997). *Evaluating the impact of weather on bicycle use*. *Transportation Research Record* 629, pp. 43-48.

HASS, R., HUDSON, W. R. e ZANIEWSKI, J. (1994). *Modern Pavement Management*. Krieger Publications. Florida, USA, 1994.

HILLMAN, M., (1995). *"Planning for the green modes: a critique of public policy and practice"*, In: Rodney Tolley, 2 ed., cap.4, *The Greening of Urban Transport. Planning for Walking & Cycling in Western Cities*, England, John Wiley & Sons Ltd.

Instituto Brasileiro de Administração Municipal, IBAM (1996).

JOHNSON, A. (2000). *Best Practices Handbook on Asphalt Pavement maintenance*. Minnesota Department of Transportation. Minnesota, USA.

KUBOTA, H. KIDOKORO, T. (1994). *Analysis of Bicycle-Dependent Transport Systems in China: Case Study in a Medium-Sized City*. *Transportation Research Record* 1441. pp.11-15.

LEAL, T. A. C. B. e JACQUES, M. A. P. (1999). *Recomendações para a escolha do tipo de via para bicicleta e sua inserção no sistema viário*, *Revistas dos Transportes Públicos – ANTP*, ano 22 n. 88.

Ministério das cidades (2006). [www.cidades.gov.br](http://www.cidades.gov.br). Acesso em: 02 de março de 2007.

MIRANDA, A. C. M. A (2001a). Integração da bicicleta com os transportes coletivos, Anais do 13º Congresso Brasileiro de Transporte e Trânsito, ANTP.



- MIRANDA, A. C. M. (2001b). *Diagnóstico Nacional sobre mo uso da bicicleta, Anais do 13º Congresso Brasileiro de Transporte e Trânsito*, ANTP.
- MORITIZ, E. W. (1997). *Survey of North American Bicycle Commuters*. Design and Aggegare Results. Transportation Research Record 1578, pp. 91-101.
- McCLINTOCK, H. (1995). "Planning for the Bicycle in Urban Britain: Assessment of Experience and Issues, In: Rodney Tolley 2 ed., cap. 14, *The Greening of Urban Transport. Planning for Walking & Cycling in Western Cities*, England, John Wiley & Sons Ltd.
- Ministério das cidades (2006). [www.cidades.gov.br](http://www.cidades.gov.br). Acesso em: 02 de março de 2007.
- NANKERVIS, M. (1999). *The effect if weather and climate on bicycle commuting*. *Transportation Research Part A* 33, Urban and Social University, Australia, pp. 417-431.
- National Asphalt Pavement Association – NAPA, (2002). *A Guideline for the Design and Constrution of Hot Mix Asphalt Pavements for Trails and Paths*. Information Series 129. Lanham, USA.
- ORTÚZAR, J.D; IACOBELLI, A. e VALEZE, C. (1999). *Estimating Demand for Cycleway Networks*. *Transportation Research Part A*, vol. 34, pp. 353-373.
- PATIÑO, M. C..A. & ANGUAS, P. G. (1998). *Diagnóstico de las características superficiales de los pavimentos*. Publicación Técnica No. 111. Instituto Mexicano del Transporte. Sanfandila, Querétaro, México. 48 p.
- PINTO, S. & PREUSSLER, E. (2001). *Pavimentação Rodoviária. Conceitos fundamentais sobre pavimentos flexíveis*. Copiarte, Copiadora e Artes Gráficas Ltda. Rio de Janeiro, RJ.
- QUEIROZ, C. A. V. (1984). *Modelos de Previsão do Desempenho para a Gerência de Pavimentos no Brasil*. Empresa Brasileira de Planejamento de Transportes – GEIPOT. Brasília, Distrito Federal.
- RÍO, R. C. (1997). *Introducción a la auscultación de firmes*. Cuaderno AEPO No. 4. AEPO Ingenieros Consultores. Madrid, España. 42 p.
- SANTANA, H. (1993). *Manual de pré-misturados a frio*. Instituto Brasileiro do petróleo. Rio de Janeiro, RJ.
- SAYERS, M. & GILLESPIE, T. D. (1983). *Guidelines for the conduct and calibration of road roughness measurements*. UMTRI-83-30. Supplementary Report to the World Bank.
- SHAFIZADEH, K. e NIEMEIER, D. (1997). *Bicycle journey-to-work: travel behavior characteristics and spatial attributes*. *Transportation Research Record* 1578, pp. 84-90.

- SHAHIN, M. Y. (1994). *Pavement Management for airports, roads and parking lots*. Kluwer Academic Publishers. Norwell, Massachusetts, USA.
- SMAC, Secretaria Municipal de Meio Ambiente Ciclovias Cariocas (2002). Prefeitura Municipal do Rio de Janeiro.
- TAC – TRANSPORTATION ASSOCIATION OF CANADA (1997). *Pavement Design and Management Guide*. Ottawa, Canada, 1997.
- TOLLEY, R. (1995). "Trading-in the red modes for the green" In: *The Greening of Urban Transport. Planning for Walking & Cycling in Western Cities*, Introduction, England, John Wiley & Sons Ltd.
- WIGAN, M. and CAIRNEY, P. (1985). *Road and Track Roughness Factors for Bicycle Usage*, ARRB Research Report ARR 135 (Australian Road Research Board, Vermont South, Victoria).
- VASCONCELOS, J. F., SILVA, M. D. & MOURÃO, S. F. (1994). *A serventia dos pavimentos*. Anais da 28ª Reunião Anual de Pavimentação. Belo Horizonte, Minas Gerais. P.

**ANEXOS**

**A – DADOS REFERENTES AOS CICLISTAS, SEUS HÁBITOS E QUESTIONÁRIO UTILIZADO NOS LEVANTAMENTOS DE CAMPO**

Tabela A.1 – Dados pessoais e hábitos dos participantes em relação à bicicleta

| Avaliador      | Peso | Altura | Idade | Frequência que pedala | Propósito quando pedala | Distância que percorre |
|----------------|------|--------|-------|-----------------------|-------------------------|------------------------|
| Afonso         | 53   | 1,58   | 59    | Menos uma vez por mês | Esportivo               | Menos 5 Km             |
| Ana Paula      | 59   | 1,62   | 21    | Menos uma vez por mês | Esportivo               | Menos 5 Km             |
| Carolina       | 61   | 1,67   | 25    | Todos os dias         | Esportivo               | Entre 5 e 10 Km        |
| Clarisse       | 59   | 1,65   | 25    | Mais uma vez por mês  | Esportivo               | Entre 5 e 10 Km        |
| Dado           | 71   | 1,72   | 20    | Todos os dias         | Esportivo               | Entre 5 e 10 Km        |
| Diego          | 72   | 1,78   | 21    | Mais uma vez semana   | Esportivo               | Entre 5 e 10 Km        |
| Dorivan        | 97   | 1,85   | 45    | Mais uma vez por mês  | Esportivo               | Entre 5 e 10 Km        |
| Edivan         | 54   | 1,66   | 40    | Mais uma vez por mês  | Recreativo              | Entre 5 e 10 Km        |
| Guilherme      | 78   | 1,77   | 21    | Mais uma vez semana   | Esportivo               | Entre 5 e 10 Km        |
| Joana          | 64   | 1,64   | 36    | Mais uma vez por mês  | Esportivo               | Entre 5 e 10 Km        |
| Júlia          | 34   | 1,41   | 11    | Menos uma vez por mês | Recreativo              | Menos 5 Km             |
| Júnior         | 76   | 1,75   | 28    | Mais uma vez semana   | Esportivo               | Mais 10 Km             |
| Karine         | 58   | 1,65   | 16    | Menos uma vez por mês | Recreativo              | Menos 5 Km             |
| Lígia          | 67   | 1,67   | 25    | Menos uma vez por mês | Recreativo              | Menos 5 Km             |
| Lúcia          | 56   | 1,62   | 39    | Mais uma vez por mês  | Recreativo              | Entre 5 e 10 Km        |
| Maria Luiza    | 59   | 1,45   | 13    | Menos uma vez por mês | Recreativo              | Menos 5 Km             |
| Mariana        | 63   | 1,64   | 16    | Menos uma vez por mês | Recreativo              | Menos 5 Km             |
| Marianna       | 77   | 1,67   | 14    | Menos uma vez por mês | Recreativo              | Menos 5 Km             |
| Mateus         | 96   | 1,79   | 15    | Mais uma vez por mês  | Recreativo              | Mais 10 Km             |
| Natália        | 58   | 1,64   | 16    | Menos uma vez por mês | Recreativo              | Menos 5 Km             |
| Nicole         | 48   | 1,58   | 24    | Menos uma vez por mês | Recreativo              | Menos 5 Km             |
| Patrícia       | 75   | 1,72   | 37    | Mais uma vez por mês  | Esportivo               | Menos 5 Km             |
| Pedro Henrique | 41   | 1,43   | 12    | Menos uma vez por mês | Recreativo              | Menos 5 Km             |
| Rene           | 71   | 1,8    | 31    | Menos uma vez por mês | Recreativo              | Menos 5 Km             |
| Shirley        | 66   | 1,69   | 39    | Mais uma vez semana   | Esportivo               | Mais 10 Km             |
| Valderina      | 63   | 1,58   | 56    | Menos uma vez por mês | Recreativo              | Menos 5 Km             |



Prezado Avaliador:

Este questionário visa à coleta de dados relacionados a um estudo sobre a análise de parâmetros que afetam a avaliação subjetiva de pavimentos de ciclovias do Distrito Federal. Sua ajuda é de fundamental importância para o desenvolvimento da pesquisa. Se você já respondeu a outro questionário da área de transportes, por favor, continue contribuindo com nossas atividades de pesquisa.

### Informações Gerais

01. Data: \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_\_\_

02. Trecho avaliado: \_\_\_\_\_

03. Avaliador\* : \_\_\_\_\_

04. Sexo:

Feminino  Masculino

05. Idade:

Menos de 20 anos  Entre 20 e 30 anos  Entre 30 e 40 anos  
 Entre 40 e 50 anos  Entre 50 e 60 anos  Mais de 60 anos

06. Altura:

Entre 1,40m e 1,50m  Entre 1,50m e 1,60m  Entre 1,60m e 1,70m  
 Entre 1,70m e 1,80m  Entre 1,80m e 1,90m  Mais de 1,90m

07. Peso:

Menos de 30 Kg  Entre 30 e 40 Kg  Entre 40 e 50 Kg  
 Entre 50 e 60 Kg  Entre 60 e 70 Kg  Entre 70 e 80 Kg  
 Entre 80 e 90 Kg  Entre 90 e 100 Kg  Mais de 100 Kg

08. Com que frequência você pedala:

Todos os dias  Mais de uma vez por semana  
 Mais de uma vez por mês  Menos de uma vez por mês

09. Qual o seu propósito quando pedala?

Recreativo  Esportivo  Viagem  
 Trabalho  Outro: \_\_\_\_\_

10. Quando você pedala, qual a distância média que você percorre?

Menos de 5 Km  Entre 5 e 10 Km  Mais de 10 Km

• Obs: Os dados pessoais coletados neste questionário são confidenciais e não serão publicados na redação final do projeto.  
•

### Informações Sobre a Seção Percorrida

11. Qual o tipo de pneu utilizado?

fino                       largo

12. Qual a pressão de inflação dos pneus?

20 psi                       40 psi

13. Qual foi a velocidade média utilizada para percorrer o trecho?

10 Km/h                       15 Km/h                       20 Km/h

14. Qual a sensação de segurança que você teve percorrendo o trecho?

Excelente                       Boa                       Regular

Ruim                       Péssima

15. Você considera o trecho percorrido aceitável para o tráfego de ciclistas?

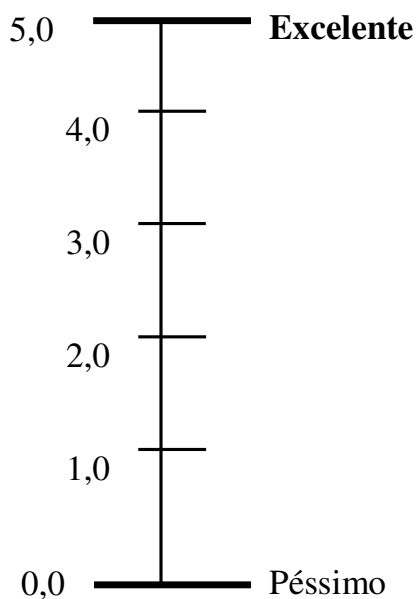
Sim                       Não

16. Ao percorrer o trecho, qual foi a sensação de conforto percebida?

Excelente                       Boa                       Regular

Ruim                       Péssima

17. Em uma escala de 0 a 5 (cinco), que nota você atribuiria ao trecho?



Obrigado pela colaboração