

**PROPOSTA DE METODOLOGIA PARA AVALIAÇÃO DE DANOS
DE PAVIMENTOS RÍGIDOS DE CICLOVIA**

ANTONILDO CAMPOS DA SILVA JÚNIOR

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO EM ESTRUTURAS E CONSTRUÇÃO CIVIL
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL**

FACULDADE DE TECNOLOGIA

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA

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

**PROPOSTA DE METODOLOGIA PARA AVALIAÇÃO DE
DANOS DE PAVIMENTOS RÍGIDOS DE CICLOVIA**

ANTONILDO CAMPOS DA SILVA JÚNIOR

**ORIENTADOR: CLÁUDIO HENRIQUE DE ALMEIDA FEITOSA
PEREIRA**

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO EM ESTRUTURAS E
CONSTRUÇÃO CIVIL**

**PUBLICAÇÃO: 7A/18
BRASÍLIA/DF: ABRIL - 2018**

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

**PROPOSTA DE METODOLOGIA PARA AVALIAÇÃO DE DANOS DE
PAVIMENTOS RÍGIDOS DE CICLOVIA**

ANTONILDO CAMPOS DA SILVA JÚNIOR

**DISSERTAÇÃO 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 EM ESTRUTURAS E CONSTRUÇÃO CIVIL.**

APROVADA POR:

**Cláudio Henrique de Almeida Feitosa Pereira, DSc. (ENC-UnB)
(Orientador)**

**Elton Bauer DSc. (ENC-UnB)
(Examinador Interno)**

**Luiz Guilherme Rodrigues Mello. (PPG- UnB)
(Examinador Externo)**

BRASÍLIA/DF, 13 de ABRIL de 2018.

Aos meus familiares, em especial a meu irmão Vinícius, a minha esposa Érika, aos meus pais Antonildo e Joana, e a minha filha Lavínia o meu maior tesouro.

AGRADECIMENTOS

À Deus, pela oportunidade da vida, e a chance de buscar meus objetivos;

Ao meu irmão Vinícius Batista Campos, minha maior influência, em quem me espelho até hoje, e por ser o meu maior incentivador;

À minha querida mãe, pelas orações diárias, e pelo o seu amor;

A meu pai pelo o encorajamento;

À minha esposa Érika, pela paciência, suporte, carinho e atenção incondicional;

Aos meus tios João Franca e Jane Campos, que me acolheram em sua casa no início do curso, o que tornou viável a minha vinda para Brasília;

Aos meus amigos de curso, em especial o Alexandre Negredo, Thiago Santana; Geraldo Fábio, Livia Borba, pela ajuda no desenvolvimento deste trabalho.

A Jéssica Sousa pela a atenção e disponibilidade em esclarecer dúvidas que foram de suma importância para a realização do estudo de degradação;

A todos os professores, aos quais tenho admiração e respeito, e levo comigo tudo aquilo que foi possível de ser aprendido;

Ao professor orientador Cláudio Pereira por toda a ajuda durante a pesquisa;

Aos meus amigos de trabalho e irmãos Rodrigo Castanheira, Ailton Santos (Bahia batera), Enivaldo (Dadá), Murilo Lopes, pelas várias conversas que me fizeram não desistir em alguns momentos;

À Universidade de Brasília, a qual me deu a chance de enxergar a Construção Civil com outros olhos, e crescer bastante como ser humano dentro do ambiente acadêmico aqui vivido.

“Você tem que agir, e você têm que está disposto a fracassar... se
você tem medo de fracassar, não irá muito longe”.

(Steve Jobs)

“Independente que qualquer coisa, você já é um vencedor!”

(Joana Malaquias Batista)

RESUMO

PROPOSTA DE METODOLOGIA PARA AVALIAÇÃO DE DANOS DE PAVIMENTOS RÍGIDOS DE CICLOVIA

Autor: Antonildo Campos da Silva Júnior

Orientador: Cláudio Henrique de Almeida Feitosa Pereira

Programa de Pós-graduação em Estruturas e Construção Civil

Brasília, abril de 2018

Este estudo apresenta uma proposta de metodologia de avaliação de ciclovia para aplicação em pavimentos rígidos localizados em Brasília – DF. As amostras de estudo estão situadas em áreas urbanas localizadas na Asa Norte, Eixo Monumental/Esplanada dos Ministérios e Campus Darcy Ribeiro da UnB. O programa da pesquisa se desenvolveu contemplando o levantamento das áreas que continham pavimento rígido de ciclovia e análise documental dos projetos de execução dessas ciclovias; levantamento qualitativo e quantitativo das manifestações patológicas incidentes nas ciclovias selecionadas; escolha das áreas e criação das amostras para a consequente aplicação da metodologia. As áreas escolhidas foram identificadas como: Asa Norte L2; Eixo Monumental/Esplanada e UnB 3. A metodologia proposta abrange três diferentes etapas: mensuração da degradação; levantamento do fator de danos total; e obtenção o fator de danos de ciclovia – FDC, sendo esse o principal objetivo do trabalho, criar um fator que avalie a condição de danos das ciclovias. Após a aplicação da metodologia foi possível identificar as anomalias Fissura Transversal; Fissura Longitudinal; Fissura Diagonal; Fissura de Canto; Fissura por Retração Plástica; Quebra Localizada; Quebra de Canto; Esborcinamento; Manchas; Alçamento de Placas; Buracos; Desgaste Superficial; Placa Dividida, como também avaliar os danos das ciclovias estudadas, tendo como resposta que as amostras do grupo com 5 anos (E 5) foram as que apresentam maior danos, seguida pelas amostras do grupo de 3 anos (A. N. L2) e 6 anos (UnB3), e que as patologias identificadas estão ligadas à erros de projeto, execução e mau uso. Ao fim foi feita uma análise estatística dos dados dos diferentes grupos de área/idade, afirmando que são amostras significativamente diferentes, e dentro desses dados existem dois grupos distinto, grupo 1 amostras do grupo de 3 e 6 anos, e o grupo 2 amostras do grupo de 5 anos.

Palavras Chave: Ciclovia, Avaliação de Danos, Manifestações Patológicas, Metodologia de Inspeção.

ABSTRACT

PROPOSED METHODOLOGY FOR EVALUATING THE DEGRADATION OF RIGID PAVEMENT IN BIKE PATH

Author: Antonildo Campos da Silva Júnior
Supervisor: Cláudio Henrique de Almeida Feitosa Pereira
Programa de Pós-graduação em Estruturas e Construção Civil
Brasília, abril de 2018

This study presents a proposal of a methodology for evaluating a bike path for application in rigid pavements located in Brasília - DF. The study samples are located in urban areas located in the North Wing, Monumental Axis / Esplanade of Ministries and Campus Darcy Ribeiro of UnB. The research program was developed contemplating the survey of the areas that contained rigid pavement of cycleway and documental analysis of the projects of execution of these cycle lanes; qualitative and quantitative survey of the pathological manifestations incident on the selected bicycle paths; selection of areas and creation of samples for the consequent application of the methodology. The chosen areas were identified as: North Wing L2; Hub Monumental / Esplanade and UnB 3. The proposed methodology covers three different stages: measurement of degradation; total damage factor survey; and obtaining the cycle - damage factor - FDC, this being the main objective of the work, to create a factor that evaluates the damage condition of the bike paths. After the application of the methodology it was possible to identify the anomalies Fissura Transversal; Longitudinal Fissure; Diagonal Fissure; Corner Fissure; Plastic Retraction Fissure; Location Breakage; Corner Break; Spraying; Stains; Plate Load; Holes; Surface Wear; The results of the 5-year group (E 5) were the ones with the greatest damage, followed by the samples of the 3-year (L2 L2) and 6-year (L2) groups. UnB3), and that the pathologies identified are linked to design, execution and misuse errors. At the end, a statistical analysis of the data of the different area / age groups was made, stating that they are significantly different samples, and within these data there are two distinct groups, group 1 samples of the group of 3 and 6 years, and group 2 samples of the group of 5 years.

Key-Words: Bike Paths, Damage Assessment, Pathological Manifestations, Inspection Methodology.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	1
1.1	Motivação da pesquisa	2
1.2	Objetivos	3
1.2.1	Objetivo geral	3
1.2.2	Objetivos específicos	3
1.3	Estrutura do Trabalho	4
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	5
2.1	Conceitos e Tipos de Pavimentos	5
2.2	Pavimento Rígido	6
2.3	Defeitos - Manifestações Patológicas dos Pavimentos de Concreto, Tipologia e Suas Causas.....	11
2.4	Pavimento rígido de ciclovia.....	18
2.5	Execução do pavimento rígido de ciclovia	21
2.6	Ciclovias no Mundo e no Brasil	25
2.7	Ciclovias no Distrito Federal.....	27
2.8	Exigências do Distrito Federal e Normas Regulamentadoras	27
2.8.1	Análise Documental (Projetos).....	27
2.9	METODOLOGIAS DE INSPEÇÃO E MENSURAÇÃO DA DEGRADAÇÃO	31
2.9.1	Índice de Condição do Pavimento –ICP (DNIT)	31
2.9.2	Metodologia de Mensuração da Degradação (MMD)	39
3	METODOLOGIA	42
3.1	Levantamento das áreas de estudo das ciclovias de pavimento rígido de concreto ..	44
3.2	Metodologia de Avaliação de Pavimento Rígido de Ciclovia – MAC _{PR}	46
3.2.1	Escolha das amostras para pesquisa	46
3.2.2	Classificação das manifestações patológicas	47
3.2.3	Metodologia de Mensuração da Degradação (MMD)	54

3.2.4	Fator de Dano (FD).....	56
3.2.5	Distribuição de Danos (DD).....	56
3.2.6	Fator de Danos de Ciclovias – FDC.....	57
3.3	Tratamento dos dados	60
4	RESULTADOS E ANÁLISES.....	62
4.1	Aplicação da Metodologia de Avaliação de Ciclovias.....	62
4.1.1	Levantamento quantitativo e classificação das Anomalias	62
4.1.2	Catálogo das Manifestações Patológicas do pavimento de concreto de ciclovias	88
4.1.3	Fator de Danos (FD)	90
4.1.4	Fator de Danos de Ciclovias (FDC)	97
4.1.5	Mapeamento das ciclovias	101
4.1.6	Análise de variância (ANOVA)	102
5	CONCLUSÕES	106
5.1	Sugestões para trabalhos futuros	107
	REFERÊNCIAS.....	108
	APÊNDICE A.....	114
	ANEXO A	115

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1: Diferença entre pavimento rígido e flexível	5
Figura 2.2: Detalhamento de Pavimento Rígido	7
Figura 2.3: Tipos de Pavimentos Rígidos	7
Figura 2.4: Placas de Pavimento de Concreto Simples.....	8
Figura 2.5: Pavimento de Concreto Whitetopping Ultradelgado. (A) Sistema Sobreposto e (B) Sistema Encaixado	9
Figura 2.6: Pavimento de Concreto Estruturalmente Armado	9
Figura 2.7: Pavimento de concreto com placas pré-moldadas	10
Figura 2.8: Principais tipos de pavimentos para ciclovia.....	19
Figura 2.9: Estrutura de Pavimento rígido de ciclovia.....	19
Figura 2.10: Ilustração da diferença de temperatura entre os pavimentos de coloração clara (rígidos) e escura (flexíveis), com uso da técnica de obtenção de imagens térmicas. Fonte: Bastos e Mota (2013)	20
Figura 2.11: Etapa executiva do pavimento rígido de ciclovia	21
Figura 2.12: Corte esquemático da seção do pavimento rígido de ciclovia conforme o contrato 610/2011.....	29
Figura 2.13: Ficha de inspeção utilizada para obtenção do Índice de Condição do Pavimento – DNIT (2010).....	33
Figura 2.14: Correlação entre o valor de PCI e o serviço de vida restante (anos).	36
Figura 2.15: Ilustração dos defeitos existentes em pavimentos rígido rodoviário	38
Figura 3.1: Organograma das etapas do Programa de Pesquisa	43
Figura 3.2: Identificação dos trechos das áreas de estudo da malha de pavimentos rígidos de ciclovia, com o mapeamento de seus trechos identificados por cores: AZUL – Eixo Monumental/Esplanada; AMARELO – UnB; VERMELHO – Asa Norte.....	44
Figura 3.3: Ilustração da sequência de placas (1; 2; 3) de uma determinada ciclovia através da separação pelo corte das juntas.....	46
Figura 3.4: Amostras utilizadas para aplicação da metodologia de avaliação de ciclovia - MAC_{PR}	47
Figura 3.5: Procedimento para mensuração dos defeitos: Régua e fissurômetro para avaliar aberturas de fissuras existentes na superfície do pavimento em concreto de cimento Portland.	48

Figura 3.6: Esquema de divisão da placa por regiões para levantamento inicial das manifestações patológicas das ciclovias	48
Figura 3.7: Ilustração da sobreposição da malha nas placas com diferentes dimensões, Placa (A) 2,50 m X 2,50 m; Placa (B) 2,50 m X 3,00 m	55
Figura 3.8: Ilustração dos tipos de patologias incidentes sobre a superfície da ciclovia representadas na ficha de mapeamento: Verde Escuro – Quebra Localizada; Verde Claro – Quebra de canto; Preto – Fissura por Retração Plástica; Roxo – Fissura de Canto; Azul – Fissuras Lineares; e Vermelho – Placa Dividida.....	56
Figura 4.1: Quantitativo das manifestações patológicas no trecho 1 UnB com extensão de 2,17 km.....	63
Figura 4.2: Representação da extensão do trecho 1 UnB – 2,17 km.....	64
Figura 4.3: Quantitativo das manifestações patológicas no trecho 2 UnB com extensão de 1,27 km.....	65
Figura 4.4: Representação da extensão do trecho 2 UnB – 1,27km.....	65
Figura 4.5: Quantitativo das manifestações patológicas no trecho 3 UnB com extensão de 2,47 km.....	66
Figura 4.6: Representação da extensão do trecho 3 UnB – 2,47 km.....	66
Figura 4.7: Quantitativo das manifestações patológicas no trecho 4 UnB com extensão de 1,81 km.....	67
Figura 4.8: Representação da extensão do trecho 4 UnB – 1,81 km.....	67
Figura 4.9: Quantitativo das manifestações patológicas no trecho 5 UnB com extensão de 0,66 km.....	68
Figura 4.10: Representação da extensão do trecho 5 UnB – 0,66 km.....	68
Figura 4.11: Porcentagem da Incidência das manifestações patológicas nas diferentes localizações das placas, Trechos UnB	69
Figura 4.12: Quantitativo das manifestações patológicas no trecho A.N L2 com extensão de 4,18 km.....	70
Figura 4.13: Representação da extensão do trecho A.N L2 – 4,18 km.....	70
Figura 4.14: Quantitativo das manifestações patológicas no trecho A.N L1 com extensão de 4,02 km.....	71
Figura 4.15: Representação da extensão do trecho A.N L1 – 4,02 km.....	71
Figura 4.16: Quantitativo das manifestações patológicas no trecho A.N W1 com extensão de 5,0 km.....	72

Figura 4.17: Representação da extensão do trecho A.N W1 – 5,0 km	72
Figura 4.18: Porcentagem da Incidência das manifestações patológicas nas diferentes localizações das placas, Trechos Asa Norte	73
Figura 4.19: Quantitativo das manifestações patológicas no trecho E1 com extensão de 3,84 km.....	74
Figura 4.20: Representação da extensão do trecho Eixo 1 – 3,84 km	74
Figura 4.21: Quantitativo das manifestações patológicas no trecho E2 com extensão de 2,98 km.....	75
Figura 4.22: Representação da extensão do trecho Eixo 2 – 2,98 km	75
Figura 4.23: Quantitativo das manifestações patológicas no trecho E3 com extensão de 2,46 km.....	76
Figura 4.24: Representação da extensão do trecho Eixo 3 – 2,46 km	76
Figura 4.25: Quantitativo das manifestações patológicas no trecho E4 com extensão de 1,07 km.....	77
Figura 4.26: Representação da extensão do trecho Eixo 4 – 1,07 km	77
Figura 4.27: Quantitativo das manifestações patológicas no trecho E5 com extensão de 2,94 km.....	78
Figura 4.28: Representação da extensão do trecho Eixo E5 – 2,94 km.....	78
Figura 4.29: Porcentagem da Incidência das manifestações patológicas nas diferentes localizações das placas, Trechos do Eixo Monumental	79
Figura 4.30: Quantitativo geral de anomalias por trechos pesquisados	80
Figura 4.31: Quantitativo referente a relação anomalia por km para cada trecho estudado	80
Figura 4.32: Quantificação da incidência para cada manifestação patológica nas diferentes áreas de estudo	81
Figura 4.33: Quantificação de anomalias/km nos trechos das áreas de estudo da UnB	82
Figura 4.34: Quantificação de anomalias/km nos trechos das áreas de estudo da Asa Norte..	82
Figura 4.35: Quantificação de anomalias/km nos trechos das áreas de estudo do Eixo/Esplanada	83
Figura 4.36: Imagem das placas de concreto com menos de 8cm de espessura	84
Figura 4.37: Diferentes texturas na camada de revestimento dos pavimentos rígidos de ciclovia em Brasília (A e C - Eixo Monumental; B – Asa Norte; D – UnB).....	85
Figura 4.38: Ciclovia degradada causada pelo tráfego de automóveis (A – local de tráfego de automóveis; B – rompimento da placa na junta)	87

Figura 4.39: Ilustrações de uso indevido das ciclovias: A e B – colocação de decoração natalina sobre a ciclovias do Eixo Monumental; C – trafego de maquinas pesadas sobre o pavimento rígido da ciclovia da UnB; D – trafego de transporte de tração animal sobre a ciclovia da L3 norte	87
Figura 4.40: Valores de FD_{total} das áreas estudadas	90
Figura 4.41: Histograma dos valores gerais de FD_{total} das 127 amostras	91
Figura 4.42: Histograma dos valores de FD_{total} da área A.N L2	93
Figura 4.43: Histograma dos valores de FD_{total} da área E.M 5	94
Figura 4.44: Histograma dos valores de FD_{total} da área UnB 3	95
Figura 4.45: Distribuição de Danos (%) de FD_{total} das áreas de estudo analisadas	96
Figura 4.46: Resultados de FDC para todas as amostras de cada grupo de idade	97
Figura 4.47: Histograma dos valores de FDC de todas as áreas de estudo (A.N L2; E5; UnB 3)	98
Figura 4.48: Histograma dos valores de FDC para a área de estudo A.N L2	99
Figura 4.49: Histograma dos valores de FDC para a área de estudo E 5	99
Figura 4.50: Histograma dos valores de FDC para a área de estudo UnB 3	100
Figura 4.51: Quantidade de casos de FDC de acordo com a condição de degradação de cada área de estudo	100
Figura 4.52: Ilustração da área de estudo A.N L2 referente a classificação da degradação de cada amostra: Vermelho – PÉSSIMO; Laranja – Ruim; Amarelo – RAZOÁVEL; Verde – BOM e Azul - EXCELENTE	101
Figura 4.53: Ilustração da área de estudo E. 5 referente a classificação da degradação de cada amostra: Vermelho – PÉSSIMO; Laranja – Ruim; Amarelo – RAZOÁVEL; Verde – BOM e Azul - EXCELENTE	102
Figura 4.54: Ilustração da área de estudo 3 UnB referente a classificação da degradação de cada amostra: Vermelho – PÉSSIMO; Laranja – Ruim; Amarelo – RAZOÁVEL; Verde – BOM e Azul - EXCELENTE	102
Figura 4.55: Gráfico do valor médio e intervalo de confiança de FD_{total}	104
Figura 4.56: Gráfico do valor médio e intervalo de confiança de FDC	104

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1: Principais normas técnicas para pavimentos de concreto	11
Tabela 2.2: Volume de concreto utilizado na execução de cada conjunto de trechos	28
Tabela 2.3: Especificação de projeto das ciclovias.....	29
Tabela 2.4: Escala de Avaliação do ICP	34
Tabela 2.5: Defeitos listados pelo Dnit (2010) que se aplicam ou não aos pavimentos de concreto de ciclovia	37
Tabela 3.1: Informações de cada área de estudo referente a localização, quantidade de trechos e extensão	45
Tabela 3.2: Informações de cada área de estudo	47
Tabela 3.3: Valores dos graus de severidade para as manifestação patológica denominadas por “Buraco”	50
Tabela 3.4: Valores dos graus de severidade para as manifestação patológica “Quebra de Canto”	51
Tabela 3.5: Valores dos graus de severidade para as manifestação patológica “Fissura de Canto”	51
Tabela 3.6: Valores dos graus de severidade para as manifestação patológica “Placa Dividida”	52
Tabela 3.7: Valores dos graus de severidade para as manifestação patológica “Quebra Localizada”	53
Tabela 3.8: Valores para atribuição de grau de severidade para “Esborcinamento de juntas”. 53	
Tabela 3.9: Dados do nível de condição CnA	59
Tabela 3.10: Conceitos de FDC utilizados neste estudo	60
Tabela 4.1: Catalogação das manifestações patológicas dos pavimentos rígidos de ciclovia .	89
Tabela 4.2: Dados estatísticos básicos de FDtotal.....	92
Tabela 4.3: Resultados da análise de variância (ANOVA)	103
Tabela 4.4: Resultados da análise do teste de Duncan.....	105

LISTA DE SÍMBOLOS E ABREVIACÕES

A.N - Asa Norte

ABCP - Associação Brasileira de Cimento Portland

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas

BU - Buraco

DNIT – Departamento Nacional de Infraestrutura e Transporte

DS – Desgaste Superficial

DSJ – Defeito na Selagem das Juntas

E.M – Eixo Monumental

ESB - Esborcinamento

MAC_{PR} – Metodologia de Avaliação de Pavimento Rígido de Ciclovia

FC – Fissura de Canto

FD – Fator de Danos

FDC – Fator de Degradação de Ciclovia

FGD – Fator Geral de Danos

FL – Fissuras Lineares

FRP – Fissura por Retração Plástica

LEM – Laboratório de Materiais

MAN - Manchas

MMD – Metodologia de Mensuração de Danos

NOVACAP – Companhia Urbanizadora da Nova do Capital

PD – Placa Dividida

QC – Quebra de Canto

QL – Quebra Localizada

UNB – Universidade de Brasília

1 INTRODUÇÃO

Em tempos de grande desenvolvimento tecnológico, as cidades classificadas como de grande porte ainda enfrentam problemas referentes mobilidade urbana, às condições de trânsito, grande número de acidentes, e congestionamentos devido ao alto número de transportes no trânsito urbano.

Além de todos os fatores explicitados que colaboram negativamente para fluidez do trânsito, outra variável também colabora para a péssima qualidade da mobilidade urbana em casos especificamente no Brasil é a falta de qualidade do transporte público, tendo em vista que esse poderia ser um dos agentes colaboradores para a redução de automóveis no trânsito.

Tomando conhecimento da situação vivida atualmente nas grandes cidades brasileiras, as políticas voltadas para o uso de bicicletas são crescentes em todo país. As infraestruturas cicloviárias apresentam uma grande aceitação ao uso nas cidades ao redor do mundo, pois contribuem em três pilares importantes na sociedade: meio ambiente; mobilidade urbana e Saúde pública (HOLM ET AL., 2012, OECD, 2013; GÖTSCHI ET AL., 2016). Além da facilidade e rapidez na utilização do transporte cicloviário, também são características positivas inerentes ao uso de ciclovias segregadas do trânsito urbano a necessidade de segurança no durante o tráfego (XU ET AL., 2016; MADSEN E LAHRMANN, 2017).

De acordo com os dados produzidos pelo Ipea (2011), em pesquisa realizada sobre a mobilidade urbana, cerca de 7% dos brasileiros utilizam a bicicleta, eleita pela ONU como a modalidade de transporte ecologicamente mais sustentável do planeta como meio de transporte principal, colaborando com a redução dos impactos ambientais (ONU, 2012).

No Brasil algumas capitais apresentam uma grande malha de vias cicloviárias, sendo elas Brasília com 420 km, São Paulo 400 km, , Rio de Janeiro 370 km, Fortaleza 86 km e Belo Horizonte com 70 km, através desses dados se tem uma ideia positiva do investimento nesse tipo de modal como medida para desafogar o trânsito, pois percebe-se o aumento da malha para esse tipo de modal em todo o país.

Para o caso específico do Distrito Federal, de acordo com o Governo do Distrito Federal - GDF (2017), Brasília conta com 420 quilômetros de estruturas cicloviárias. A meta é ampliá-las em 50%, chegando ao fim do ano de 2018 com mais 218 quilômetros. Até o ano 2022, o plano prevê ampliar para 1,2 mil quilômetros o alcance das ciclovias de Brasília. Mesmo com

a considerável malha cicloviária existente em Brasília-DF, existe uma dificuldade em fazer a integração das cidades satélites por esse modal.

Para a execução das ciclovias, como para qualquer tipo de obra é necessário que haja projetos coerentes que contemplem as necessidades desse modal específico, com o objetivo em obter êxito na escolha dos materiais, tipo de execução e possíveis manutenções posteriores.

Segundo a Conferência Nacional do Transporte (2017) a falta de manutenção preventiva dos pavimentos no Brasil é uma das principais causas de sua precoce degradação. O não planejamento de manutenções faria parte da “cultura brasileira” e estaria não incorporado no dia a dia dos órgãos públicos rodoviários, em que, muitas vezes os orçamentos para a realização dessa atividade sequer é previsto no planejamento.

Complementando, Motta (2016) discorre que havendo dificuldade para ser feitas avaliações de projetos para o modal rodoviário no Brasil, sendo esse o maior e o mais utilizado, essa situação se agrava ainda mais para os projetos de modais não motorizados, como é o caso das ciclovias, onde a importância cai para quase zero.

É importante ressaltar que neste estudo as ciclovias são consideradas pistas próprias destinadas à circulação de ciclos, separadas fisicamente do tráfego comum; a parte da pista de rolamento destinada à circulação exclusiva de ciclos, delimitadas por sinalização específica são denominadas de ciclofaixas; e a ciclorrota é a denominação da infraestrutura compartilhada entre bicicletas e veículos motorizados, com sinalização indicativa de preferência dos ciclistas. O termo “pavimento rígido de ciclovia”, tendo em vista que não existe uma padronização (normas) para tal denominação, foi utilizado de acordo com a definição utilizada nos documentos técnicos pesquisados.

1.1 Motivação da pesquisa

Como se trata de um modal relativamente novo quando comparado aos pavimentos rodoviários, a dificuldade por referências confiáveis no que tange tanto ao planejamento, projeto, execução, avaliação e manutenção para ciclovias é imensa.

No âmbito acadêmico não são facilmente encontrados trabalhos que tratam da avaliação da condição de ciclovias, área que ainda existe um vago conhecimento tanto para os parâmetros

construtivos, para as avaliações de degradação (Patologias/defeitos), e planos de manutenções para as vias existentes em todo Brasil.

Para outros tipos de pavimentos diferentes das ciclovias, a possibilidade de encontrar trabalhos acadêmicos é bem maior. Como exemplo, podem ser citados os trabalhos de Abdel-Wahed e Hashim (2017); Loprecipe et al. (2017); Loprecipe e Pantuso (2017); Michels (2017); Kelly et al. (2016) que utilizam PCI – Pavement Condition Index para a avaliação de diferentes pavimentos rodoviários. No trabalho de Sandoval e Merchán (2010) utilizou-se a mesma metodologia para os pavimentos de blocos intertravados. Já no trabalho de Elboshy et al. (2016) faz a avaliação do ciclo de vida de calçadas. O único trabalho encontrado que trata especificamente de ciclovias foi o de Antunes (2015), no entanto o uso do Índice de Condição de Pavimento foi uma análise complementar, e não a discussão principal.

Sabendo da cultura brasileira do construir e não utilizar uma política de avaliação e manutenções ao longo do tempo, viu-se a necessidade da criação de uma metodologia que tratasse especificamente das condições de degradação das ciclovias, com o foco específico nas situadas em Brasília-DF.

Tendo em vista que a demanda de construção para esse tipo de modal aumenta, são necessárias informações a cerca da degradação e manifestações patológicas intrínsecas às ciclovias. Em posse das informações contidas nesse trabalho, será um ponto de partida para o conhecimento das condições de degradação das ciclovias da cidade de Brasília-DF.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo geral

Avaliar e quantificar os danos dos pavimentos rígidos de ciclovias através da aplicação de metodologia de inspeção.

1.2.2 Objetivos específicos

Para cumprir o que foi proposto no objetivo geral, foi necessários desenvolver os seguintes objetivos específicos:

- Propor uma metodologia de avaliação de ciclovias para diagnosticar o grau de influência dos danos nesses pavimentos em Brasília-DF;

- Fazer levantamento das ciclovias executadas em concreto (pavimento rígido) em Brasília-DF;
- Identificar, tipificar, catalogar e quantificar as manifestações patológicas “anomalias” incidentes nos pavimentos rígidos de ciclovia;

1.3 Estrutura do Trabalho

No primeiro capítulo consta a introdução ao tema, sua importância e a motivação do estudo proposto. São apresentados também os objetivos gerais e específicos do trabalho e sua estrutura.

O segundo capítulo contém a revisão bibliográfica, com conceitos gerais de pavimentos, tipos de pavimentos, e a apresentação dos defeitos que ocorrem em pavimentos rígidos. Buscou-se elucidar a importância do estudo das aplicações de metodologias para inspeção e mensuração de degradação. Fez-se uma pesquisa bibliográfica sobre diversos trabalhos que utilizaram tais metodologias.

O terceiro capítulo descreve o passo-a-passo da proposta da metodologia de avaliação de ciclovia (MAC_{PR}). Essa é dividida em: Levantamento da malha cicloviária; Levantamento da malha de ciclovias de concreto (pavimento rígido); Levantamento e estudo da documentação (projetos); Levantamento das características das incidências dos defeitos em pavimentos de concreto de ciclovia; e por fim a avaliação dos pavimentos de concreto de ciclovia por meio da MAC_{PR} .

O quarto capítulo apresenta os resultados relacionados ao programa de pesquisa descrito na metodologia (3º capítulo), por meio de figuras, tabelas e gráficos que possam elucidar nas análises, como também uma simples análise estatística dos resultados obtidos.

No quinto capítulo encontram-se as considerações finais, incluindo as conclusões baseadas nos dados pesquisados e sugestões para futuros trabalhos que possam dar continuidade a esta pesquisa.

Por fim estão apresentadas as referências bibliográficas utilizadas no trabalho, seguidos dos Apêndices e Anexos.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Conceitos e Tipos de Pavimentos

Pavimento é uma superestrutura constituída por um sistema de camadas de espessuras finitas, assentados sobre um semi-espaço considerado teoricamente como infinito (infraestrutura ou terreno de fundação) a qual é designada de subleito (DNIT, 2006).

Ainda o Dnit (2006) classifica os pavimentos em 3 tipos:

➤ Pavimento flexível: É o tipo de pavimento que sofre uma deformação elástica significativa em todas as suas camadas quando submetido a um esforço. Um exemplo típico é o pavimento constituído por uma camada asfáltica assente sobre uma camada de base de brita graduada.

➤ Pavimento semi-rígido: Se caracteriza em uma base cimentada por algum aglutinante com propriedades cimentícias, ou seja, uma camada de solo cimento revestida por uma camada asfáltica.

➤ Pavimento rígido: É aquele que se caracteriza por ter uma elevada rigidez em relação às camadas inferiores, deste modo, ele acaba por absorver praticamente todas as tensões provenientes do esforço aplicado, como exemplo, pode-se adotar pavimento constituído por placas de cimento Portland.

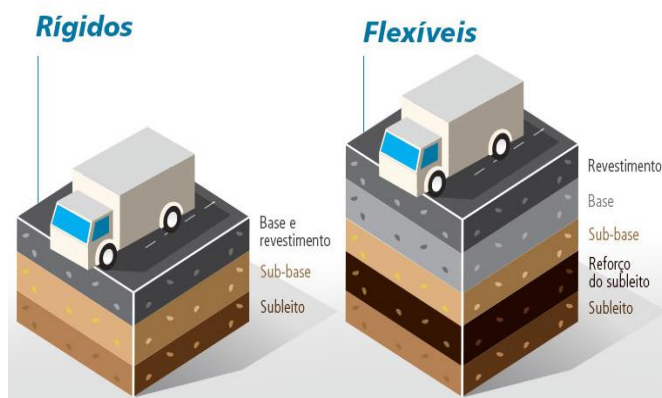


Figura 2.1: Diferença entre pavimento rígido e flexível
Fonte: Idd (2017)

2.2 Pavimento Rígido

A pavimentação rígida é toda pavimentação cuja rigidez é muito elevada em relação às camadas inferiores, absorvendo assim todas as tensões que advém do carregamento nela aplicada (DNIT, 2006).

Para Balbo (2009), os pavimentos de concreto são aqueles que apresentam em sua camada de revestimento, ou rolamento, um concreto produzido com agregados e ligantes hidráulicos, onde podem ser utilizadas várias técnicas para sua elaboração e manuseio, como: pré-moldagem e produção *in loco*, sabendo que nessas situações existem particularidades no planejamento e no projeto, na execução, operação e manutenção.

Os percursos do pavimento rígido foram os ingleses em 1865. Em diversos países como Alemanha e Estados Unidos, o pavimento de concreto passou a ter preferência para vias de estradas antes da segunda guerra Mundial. Na Alemanha cerca de 90% das estradas eram de concreto, nos Estados Unidos no fim de 1950, 89% das vias urbanas e 79% das vias rurais eram de concreto. No Brasil o primeiro pavimento de concreto ligou São Paulo a Cubatão em 1926. (SENÇO, 2002).

Os pavimentos são detalhados em camadas distintas de acordo com a funcionalidade e características de cada um. No caso dos pavimentos rígidos em particular, ele é dividido da seguinte forma:

- Base e revestimento: é a camada responsável por resistir aos esforços provenientes do tráfego de veículos e transmiti-los às camadas inferiores;
- Subleito: terreno de fundação onde será apoiado todo o pavimento, devendo ser considerado e estudado até a profundidade onde as cargas de tráfego ainda são influentes;
- Sub-base: camada responsável por melhorar a capacidade de carga da fundação, dar suporte uniforme, evitar bombeamento de água através de juntas ou fissuras da base, minimizar efeitos danosos causados por variações volumétricas, funcionar como camada drenante e facilitar a execução e o controle geométrico da espessura das camadas subjacentes.

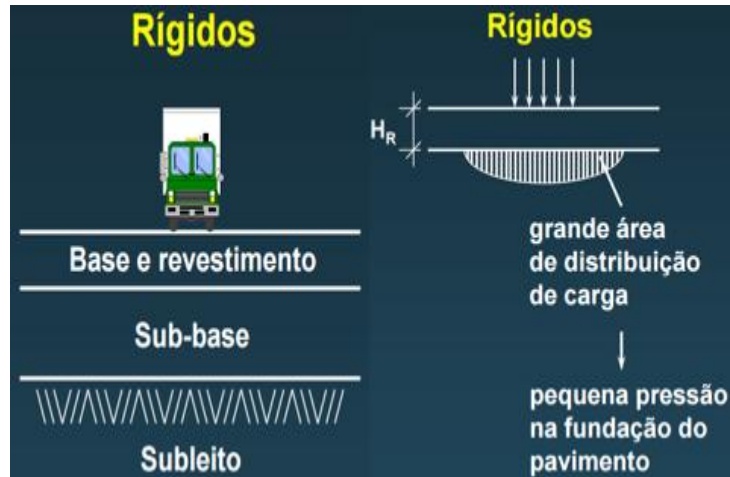


Figura 2.2: Detalhamento de Pavimento Rígido
 Fonte: Hallack (2012)

A forma com a qual o pavimento rígido se comporta quando lhe é imposta as cargas aplicadas pelos pneus sobre ele é bastante diferente do pavimento flexível, tendo em vista que as placas de concreto absorvem quase todo o carregamento, diminuindo as cargas distribuídas para o subleito (CANADIAN CEMENT ASSOCIATION, 2000).

Os principais materiais utilizados na execução da pavimentação em concreto são: cimento Portland (comum), agregados graúdos (britas), agregados miúdos (areia), água, aditivos químicos (tipo plastificantes), aço, fibras, selantes, materiais para juntas que podem ser de fibra ou de borracha.

2.2.1. Tipos de Pavimentos Rígidos

Os vários tipos de pavimentos rígidos são ilustrados na Figura 2.3, e posteriormente definidos de acordo com as suas características.

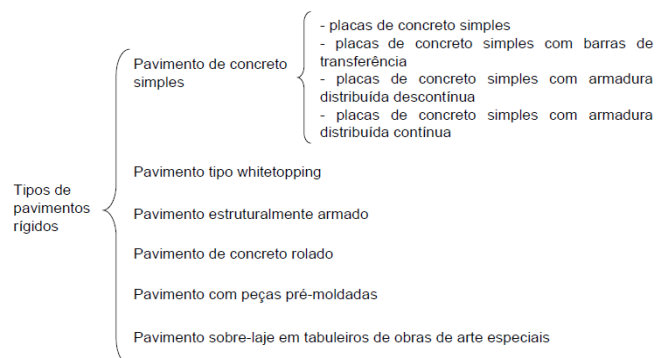


Figura 2.3: Tipos de Pavimentos Rígidos
 Fonte: Bianchi (2008)

- Pavimentação de concreto simples - Pavimento de concreto simples é o pavimento de concreto Portland em que as tensões solicitantes são combatidas somente pelo próprio concreto, não contendo nenhum tipo de armadura distribuída (não são consideradas armaduras eventuais sistemas de ligação de transferência de carga entre as placas formadas pelas juntas longitudinais e transversais).

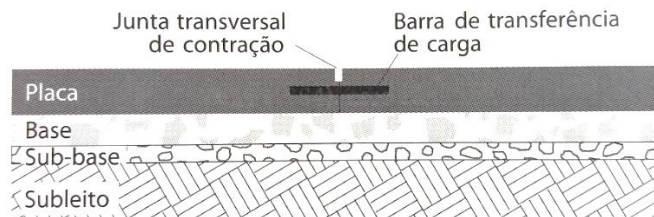


Figura 2.4: Placas de Pavimento de Concreto Simples

Fonte: Balbo, (2009)

- Pavimentação do tipo Whitetopping - é um pavimento de concreto sobreposto a um pavimento flexível já existente. Normalmente é usado para a recuperação de estradas que estejam em más condições. O pavimento flexível serve como sub-base para o concreto. Nesse tipo de pavimentação não são usadas armaduras distribuídas para suportar tensões solicitantes. As tensões são suportadas pelo próprio concreto e no máximo são usadas armaduras para eventuais sistemas de transmissão entre placas.

De acordo com NETO (2011) este modelo de pavimentação caracteriza-se como forma de revitalização do pavimento asfáltico que apresentava algum defeito estrutural, com a metodologia de aplicação diferenciando-se em face ao tipo e a gravidade do defeito observado no pavimento anterior.

- Pavimentação do tipo Whitetopping Ultradelgado – Pavimento com camada delgada de concreto, de elevada resistência, lançada sobre a antiga superfície asfáltica fresada, que apresenta placas de pequenas dimensões e trabalha por flexão e deflexão. As juntas de contração são serradas com espaçamentos pequenos e, em geral, utiliza-se concreto de alta resistência.

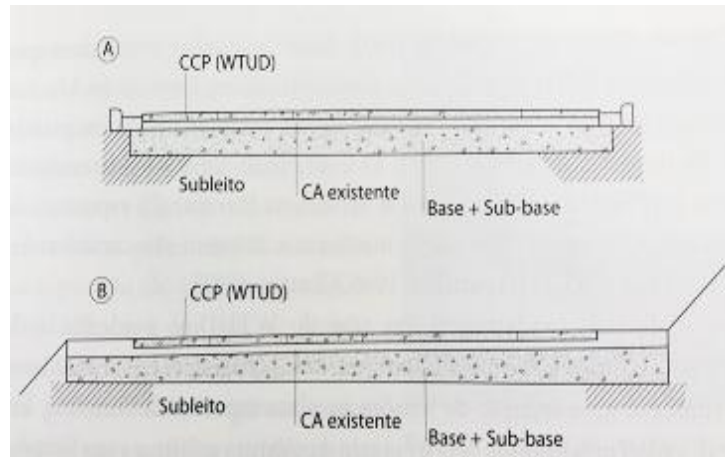


Figura 2.5: Pavimento de Concreto Whitetopping Ultradelgado. (A) Sistema Sobreposto e (B) Sistema Encaixado

Fonte: Balbo, (2009)

- Pavimentação estruturalmente armada - A pavimentação estruturalmente armada tem armadura com a finalidade estrutural e tem a função de combater tensões de tração na flexão gerada na placa. Nesse tipo de pavimento normalmente a armação é colocada na parte inferior das placas, pois é nesta região a maior solicitação de esforços.

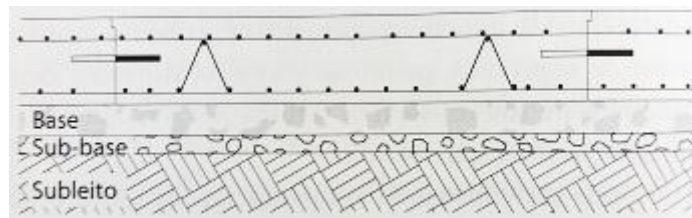


Figura 2.6: Pavimento de Concreto Estruturalmente Armado

Fonte: Balbo, (2009)

- Pavimentação em concreto rolado - O concreto rolado ou compactado com rolo é indicado para locais onde há circulação de veículos em baixa velocidade, independentemente de seu peso. Por exemplo, em estacionamentos, pátios de manobras, rodovias vicinais. O uso desse concreto com baixa quantidade de água também é utilizado para a execução de sub-bases de pavimentos como no caso do Rodoanel Mário Covas, em São Paulo. Segundo Carvalho, da ABCP (Associação Brasileira de Concreto Portland), a aplicação do concreto rolado evita deformações excessivas e uniformiza o suporte.

- Pavimentação com peças em concreto pré-moldados - As pavimentações constituídas por peças pré-moldadas são feitas em diversos formatos, junta postos com ou sem articulações e rejuntadas com asfalto. Essa pavimentação é adequada para estacionamentos, vias de acesso e desvio de tráfego leve.

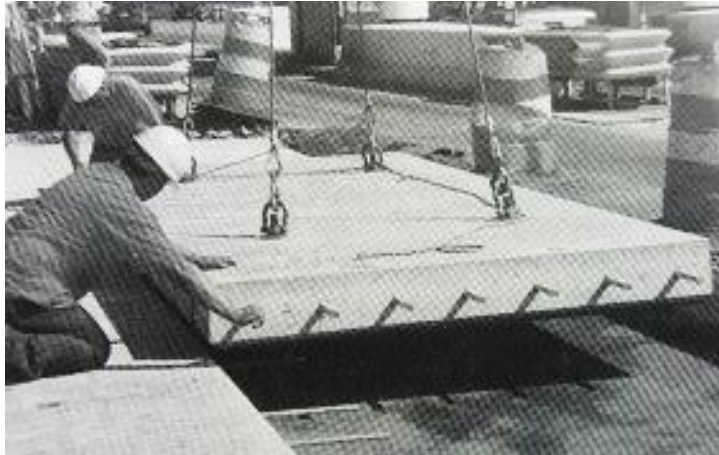


Figura 2.7: Pavimento de concreto com placas pré-moldadas

Fonte: Balbo, (2009)

- Pavimento de Concreto Protendido – Pavimento de concreto que permite placas de grandes dimensões planas e menores espessuras, trabalhando no regime elástico.

Para Mean (2011) o pavimento de concreto é utilizado com sucesso em rodovias, corredores de ônibus, portos e aeroportos, pois além de ser mais resistente e sua vida útil ser superior comparada a outros pavimentos, o sistema proporciona maior economia de combustível e qualidade, além de não sofrer deformações plásticas ou buracos.

Os pavimentos rígidos são mais conhecidos como estruturas para autoestradas; contudo, o concreto é também uma solução durável, econômica e sustentável para estradas rurais, ruas de cidades, acessos residenciais, cruzamentos, parques, estacionamento e etc. (RODRIGUES, 2011).

2.2.2. Normas Reguladoras para Pavimentos de Concreto

As normas utilizadas para pavimentos de concreto podem ser encontradas na Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT, no Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes – DNIT, no Departamento de Estradas de Rodagem – DNER e na American

Society for Testing and Materials – ASTM. As normas e seus respectivos códigos serão mostrados na tabela a seguir:

Tabela 2.1: Principais normas técnicas para pavimentos de concreto

CÓDIGO	TÍTULO
ABNT NBR 7583/1986	Execução de pavimentos de concreto simples por meio mecânico
DNIT 047/2004	Pavimento Rígido - Execução de pavimento rígido com equipamento de pequeno porte - Especificação de serviço
DNIT 049/2004	Pavimento Rígido - Execução de pavimento rígido com equipamento de forma deslizante
DNIT 050/2004	Pavimento Rígido - Cimento Portland
DNIT 054/2004	Pavimento Rígido - Estudos de traços de concreto e ensaios de caracterização
DNIT 056/2004	Sub-Base de Concreto de Cimento Portland compactado com rolo
DNIT 061/2004	Pavimento Rígido – Defeitos
DNER - vol 1/92	Manual de pavimento de concreto rolado
DNER - vol 2/92	Manual de pavimento de concreto rolado
DNER 29	Materiais selantes para juntas - Especificações
DNER 35	Prova e carga estática para determinação de coeficiente de recalque do subleito e sub-base em projeto de avaliação de pavimentos rígidos
ASTM C 42	Standart test method for obtaining and testing drilled cores and sawed beams of concrete
ASTM C 309	Liquid membrane - Forming compounds for curing concrete - Specification for
ASTM D 1196	Nom-repetitive static plate load test of solids ans flexible pavement components, for use in evaluation and desing of airport and highway pavements
BS 1881	Part II - Fresh Concrete - Vebe - Consistometer test

Fonte: Adaptado de Antunes (2015)

2.3 Defeitos - Manifestações Patológicas dos Pavimentos de Concreto, Tipologia e Suas Causas

Neste item será apresentada a denominação dos diversos tipos de manifestações patológicas encontradas em pavimentos rígidos de concreto de cimento Portland, assim como está classificado na norma DNIT 061/2004 – TER – Defeitos nos pavimentos rígidos – Terminologia. A norma DNIT 061/2004-TER define defeito como “uma anomalia observada no pavimento, decorrente de problemas na fundação, de má execução ou de seu uso”.

A maioria das manifestações patológicas encontradas nos pavimentos rígidos é proporcionado pelo o emprego de materiais inadequados e técnicas executiva mal-empregada, além da ausência do fator manutenção que é requerido para esse tipo de pavimento, observando que com o tempo, a maioria desses defeitos aumenta com o passar dos anos (DNIT, 2010).

Ainda o Dnit (2010) afirma que as manifestações patológicas pontuais são maioria nesses pavimentos, onde esses estão associados a um ou vários fatores causadores específicos, diferente de os defeitos promoverem a degradação uniforme de todo um trecho decorrente de deficiências de projeto ou processo de fadiga do concreto.

A seguir serão relacionadas as manifestações patológicas nos pavimentos rígidos de concreto de cimento Portland de acordo com a norma DNIT 061/2004 – TER – Defeitos nos pavimentos rígidos – Terminologia, e suas possíveis causas conforme descrito no Manual de Recuperação de Pavimentos Rígidos – DNIT (2010).

- Alçamento de Placas - Desnivelamento das placas nas juntas ou fissuras transversais e, eventualmente, na proximidade de canaletas de drenagem e obstáculos fixos, tais como encontros de ponte, fundações de prédios ou intervenções feitas no pavimento.

Possíveis Causas: A causa é a expansão (dilatação) linear do pavimento, devida às variações sazonais de valor significativo, aliada à deficiência ou ausência de junta de dilatação nas placas adjacentes a obstáculos fixos, tais como canaletas de drenagem, encontros de ponte, fundações de prédios e outros.

- Fissura de canto: É a fissura que intercepta as juntas a uma distância de, no máximo, 1,8 m das bordas ou juntas do pavimento (longitudinal e transversal), medindo-se a partir do seu canto.

Possíveis causas: Falta ou deficiência dos dispositivos de transmissão de carga nas juntas, tais como barras de transferência, encaixe tipo macho-fêmea ou entrosagem dos agregados, quando a junta for executada por de serragem; Subdimensionamento da espessura do pavimento; Recalque diferencial da fundação do pavimento, devido à falta de uniformidade da capacidade de suporte desta fundação; Empenamento dos cantos da placa, devido às variações térmicas e de umidade entre a superfície superior e a inferior da placa.

A esse tipo de patologia pode ser atribuídos diferentes causas, como por exemplo: atraso no corte das juntas (SILVA, 2008); subdimensionamento da espessura do pavimento, empenamento dos cantos da placa causado pelas variações térmicas e de umidade das superfícies inferior e superior, recalque diferencial da fundação do pavimento, devido à falta de uniformidade da capacidade de suporte desta fundação (DNIT, 2010).

- Placa Dividida: É a placa que apresenta fissuras, dividindo-a em quatro ou mais partes.

Possíveis Causas: A causa deste defeito está relacionada com as causas que deram origem a estas fissuras. Considerando a existência de várias fissuras, e em diversos sentidos, em uma mesma placa, isto pode ser decorrente das seguintes anomalias: Deficiência no suporte da fundação do pavimento; Subdimensionamento da espessura do pavimento; Fadiga do concreto.

- Escalonamento ou degrau nas juntas: Caracteriza-se pela ocorrência de deslocamentos verticais diferenciados e permanentes entre uma placa e outra adjacente, na região da junta.

Possíveis Causas: A causa deste defeito costuma ser a falta ou deficiência dos dispositivos capazes de garantir esta transmissão de carga nas juntas, tais como barras de transferência, encaixe tipo macho-fêmea ou entrosagem dos agregados, quando a junta é executada por serragem. Outra causa pode ser qualquer deficiência na sub-base ou o dimensionamento de placas de dimensões curtas, aliada à passagem de tráfego pesado e canalizado.

- Falha na Selagem das juntas: É qualquer avaria no selante que possibilite o acúmulo de material incompressível na junta, ou que permita a infiltração de água. As principais falhas observadas no material selante são: Má qualidade ou inadequabilidade do material; Rompimento, por tração ou compressão; Extrusão do material; Crescimento de vegetação; Endurecimento (oxidação) do material; Perda de aderência às placas de concreto; Quantidade deficiente de selante nas juntas.

Possíveis Causas: O defeito mais comum tem sido o descolamento do mastique das bordas da junta, que pode ser decorrente da falta de aplicação de um —primer, que é necessário para a maioria dos selantes disponíveis no mercado. Outro defeito que ocorre tem sido a fissuração do material selante, que se pode apresentar sob a forma de pequenas fissuras ou, então, com fissuras maiores, geralmente no sentido longitudinal da junta.

- Desnível pavimento-acostamento: É o degrau formado entre o acostamento e a borda do pavimento, geralmente acompanhado de uma separação dessas bordas.

Possíveis Causas: As causas para este defeito são as mesmas citadas para os degraus nas juntas, alínea c.

Fissuras lineares: São fissuras que atingem toda a espessura da placa de concreto, dividindo-a em duas ou três partes. Quando as fissuras dividem a placa em quatro ou mais partes, o defeito é denominado de "placa dividida". Como fissuras lineares enquadram-se:

- Fissuras transversais, que ocorrem na direção da largura da placa, perpendicularmente ao eixo longitudinal do pavimento;
- Fissuras longitudinais, que ocorrem na direção do comprimento da placa, paralelamente ao eixo longitudinal do pavimento;
- Fissuras diagonais, que são fissuras inclinadas que interceptam as juntas do pavimento, a uma distância maior que a metade do comprimento dessas juntas ou bordas.

Possíveis Causas: As fissuras são descontinuidades que ocorrem na placa de concreto, que não são previstas no projeto do pavimento.

Fissuras transversais: estas fissuras têm o sentido transversal da placa e são provocadas pela retração hidráulica ou por perda d'água. As causas prováveis para este tipo de fissura são: Cura deficiente; Atraso na serragem das juntas transversais; Profundidade insuficiente do corte da junta; Placas com comprimento acima do adequado para o tipo de agregado empregado no concreto, que geralmente varia de 5 a 7 m; Insuficiência de suporte da fundação; Subdimensionamento da espessura do pavimento. Nas fissuras transversais localizadas próximas de uma junta transversal, as causas podem ser: Ineficiência ou má colocação das barras de transferência; Amarração do trecho engraxado das barras de transferência aos caranguejos de apoio destas barras; Colagem do concreto novo de uma placa ao concreto antigo da placa adjacente, no caso de juntas executadas por meio de formas.

Fissuras Longitudinais: Largura excessiva da placa (maior que 3,80 m); Empenamento da placa no sentido transversal, com o levantamento das bordas longitudinais, devido a um elevado gradiente de temperatura e umidade entre a superfície superior e a inferior da placa, aliado à passagem de tráfego pesado sobre as bordas do pavimento; Profundidade insuficiente do corte da junta longitudinal, no caso de pavimento com várias faixas de tráfego.

Fissuras Diagonais: São provocadas por deficiência no suporte da fundação, ou são oriundas da formação simultânea de fissuras transversal e longitudinal.

De acordo com a Concrete Society (1992), as fissuras lineares (transversais/ longitudinais), também são chamadas de fissura de retração por secagem ou hidráulica. Essas são provenientes da restrição ao movimento do concreto, juntas ineficientes, retração excessiva e

cura ineficiente. Ainda, Silva (2008) complementa essa lista adicionando outros itens colaboradores para a incidência dessas patologias: corte pouco profundo da junta; atraso na serragem das juntas; restrição da sub-base e recalque da fundação.

Nos pavimentos de concreto, que são executados em forma de placas, como consequência da retração hidráulica, os defeitos comuns de acontecer são as fissuras transversais e as longitudinais, que podem se manifestar depois de semanas, no entanto ficam mais visíveis assim que atingem o ganho final de resistência do concreto, acompanhado com a diminuição da temperatura ambiente durante a fase de execução do pavimento (BALBO, 2009).

O aparecimento de fissuras de retração hidráulica é inevitável, a não ser que estejam em um ambiente em que a umidade esteja a 100%. Para esses tipos de fissuras normalmente são causadas por falta de cura e excesso de água no traço (l/m^3) (SILVA, 2008).

Após a ocorrência desse tipo de patologia existe a possibilidade para o aparecimento de outras a partir dessa, tomando como exemplo, pequenos buracos causados pelo esborcinamento (quebra da borda da fissura), facilitando a entrada de água até atingir as camadas inferiores, que causa carreamento do solo que dá suporte a placa e bombeia os finos até o revestimento.

- **Grandes Reparos:** Entende-se como "grande reparo" uma área do pavimento original maior que $0,45 m^2$, que foi removida e posteriormente preenchida com um material de enchimento.
- **Pequenos Reparos:** Entende-se como — pequeno reparo uma área do pavimento original menor ou igual a $0,45 m^2$, que foi removida e posteriormente preenchida com um material de enchimento.
- **Desgaste Superficial:** Caracteriza-se pelo descolamento de argamassa superficial, fazendo com que os agregados graúdos aflorem na superfície do pavimento e, com o tempo, fiquem com a sua superfície polida.

Possíveis Causas: O desgaste superficial do pavimento, bem como a sua escamação e o lasqueamento, são provocados pelas seguintes causas: Emprego de concreto de baixa qualidade; Emprego de agregados sujos ou com pó aderente; Excesso de água de mistura no concreto; Concreto com exsudação elevada por deficiência de finos; Descolamento da pasta ou argamassa de cobrimento, devido ao acúmulo de água na superfície do pavimento depois

do seu acabamento, que costuma ser evitado pela raspagem da superfície do concreto; Este tipo de defeito tende a progredir, tornando o pavimento desconfortável ao tráfego, além de originar a formação de buracos no pavimento.

- Bombeamento: Consiste na expulsão de finos plásticos existentes no solo de fundação do pavimento, através das juntas, bordas ou trincas, quando da passagem das cargas solicitantes. Os finos bombeáveis têm a forma de uma lama fluída, sendo identificados pela presença de manchas terrosas ao longo das juntas, bordas ou trincas.

Possíveis Causas: A expulsão de finos plásticos existentes no solo de fundação do pavimento, através das juntas, bordas ou trincas, quando da passagem das cargas solicitantes, provoca inicialmente o amolecimento da fundação e posteriormente o descalçamento das placas que cobrem a área afetada. O bombeamento pode ser, também, decorrente da ausência de uma sub-base ou pela sua execução de modo inadequado, além da ausência da colocação de lençol de plástico entre a placa e a sub-base.

- Quebras Localizadas: São áreas das placas que se mostram trincadas e partidas, em pequenos pedaços, tendo formas variadas, situando-se geralmente entre uma trinca e uma junta ou entre duas trincas próximas entre si (em torno de 1,5 m).
- Passagem de Nível: Ocorrem em passagens de nível, consistindo em depressões ou elevações próximas aos trilhos.

Possíveis Causas: As depressões ou elevações próximas aos trilhos, que ocorrem em passagens de nível, são decorrentes de projeto inadequado ou de uma execução deficiente do pavimento neste local.

- Fissuras Superficiais e escamação: As fissuras superficiais (rendilhado) são fissuras capilares, que ocorrem apenas na superfície da placa, tendo profundidade entre 6 mm e 13 mm, que apresentam tendência a se interceptarem, formando ângulos de 120°.
- Fissuras de Retração Plástica: São fissuras pouco profundas (superficiais), de pequena abertura (inferior a 0,5 mm) e de comprimento limitado. Sua incidência

costuma ser aleatória e elas se desenvolvem, formando ângulo de 45° a 60° com o maior eixo longitudinal da placa.

Possíveis Causas: aquela que ocorre no concreto antes do início da sua pega, sendo formada praticamente sem a necessidade de nenhuma energia, pois o concreto ainda não iniciou a sua fase de endurecimento, não tendo ainda nenhuma resistência. A causa deste tipo de fissura é a execução do pavimento em ambiente de muita insolação, ação de ventos e baixa umidade relativa do ar. Muitas vezes, quando a evaporação da água do concreto, depois de terminado o acabamento do pavimento, é muito rápida, estas fissuras podem ser inúmeras e esparsas, formando um rendilhado (*crazy cracks*), sendo preponderantemente superficiais e de aberturas bem insignificantes.

Para as fissuras por retração plástica, essas se desenvolvem antes do concreto está endurecido, ou seja, entre 1 e 8 horas do lançamento (BALBO, 2009), são favorecidas pela alta velocidade evaporação da água, dependendo também da temperatura do ar, da umidade relativa do ar da velocidade do vento e da temperatura do concreto, podendo ser prevenida com um sistema de cura eficiente (NEVILLE E BROOKS, 2013).

- Esborcimento ou quebra de Canto: São quebras que aparecem nos cantos das placas, tendo forma de cunha, que ocorrem em uma distância não superior a 60 cm do canto. Este defeito difere da fissura de canto, pelo fato de interceptar a junta num determinado ângulo (quebra em cunha), ao passo que a fissura de canto ocorre verticalmente em toda a espessura da placa.

Possíveis Causas: As quebras e esborcimento de cantos e bordas são decorrentes da retirada das fôrmas nestes locais de maneira brusca, ou com o concreto tendo ainda uma resistência baixa. Podem, também, ser devidas a uma utilização imprópria dos veículos pesados, quando eles trafegam fora das trilhas consideradas no projeto.

- Esborcimento de Juntas: O esborcimento das juntas se caracteriza pela quebra das bordas da placa de concreto (quebra em cunha) nas juntas, com o comprimento máximo de 60 cm, não atingindo toda a espessura da placa.

Possíveis Causas: Remoção precipitada das fôrmas; Serragem prematura da junta, quando o concreto ainda não apresenta uma resistência adequada; Infiltração de materiais

incompressíveis na junta, quando ela está muito aberta (em tempo frio), que posteriormente irão comprimir as bordas da junta, quando o tempo se tornar quente e as juntas se fecharem.

- Placa Bailarina: É a placa cuja movimentação vertical é visível sob a ação do tráfego, principalmente na região das juntas.

Possíveis Causas: A movimentação vertical da placa sob a ação do tráfego, principalmente na região das juntas, tem como causas as perdas localizadas ou generalizadas de suporte da fundação, aliadas à existência de juntas ineficientes e à ação do tráfego pesado e canalizado. Este defeito costuma progredir com o tempo, acarretando o surgimento de trincas e fissuras na placa, além de facilitar o bombeamento.

- Assentamento: Caracteriza-se pelo afundamento do pavimento, criando ondulações superficiais de grande extensão, podendo ocorrer que o pavimento permaneça íntegro.

Possíveis Causas: Este defeito pode ser decorrente das seguintes causas: Deficiência ou falta de uniformidade no suporte da fundação; Projeto ou execução deficiente da sub-base.

- Buracos: São reentrâncias côncavas observadas na superfície da placa, caracterizadas pela perda de concreto no local, apresentando área e profundidade bem definida.

Possíveis Causas: As reentrâncias côncavas observadas na superfície da placa são oriundas da progressão de outras manifestações patológicas já existentes, como as fissuras profundas e generalizadas, escamação, lasqueamento, desgaste superficial, bem como o emprego de concreto de baixa qualidade.

2.4 Pavimento rígido de ciclovia

As ciclovias são vias exclusivas para bicicletas, totalmente segregadas das vias de tráfego de veículos automotores. Podem ser implantadas em nível intermediário entre a via de circulação e a calçada, ou separadas dos carros por elementos segregadores. As ciclovias se encaixam na terminologia de placa de concreto simples, como mostrado no item 2.1.1.1.

As cicloviias não são submetidas a grandes esforços, não necessitando de uma estrutura maior do que a utilizada para vias de pedestres. Dessa forma, é dimensionada conforme os requisitos para pavimentos em concreto para vias de baixo fluxo de veículos motorizados (CARVALHO, 2012).

De acordo com a Lcds (2014) os principais tipos de pavimentos utilizados para execução de pavimento para cicloviias são: Pavimento Flexível; Pavimento de blocos intertravados e pavimento de concreto, conforme mostrado na Figura 2.8.

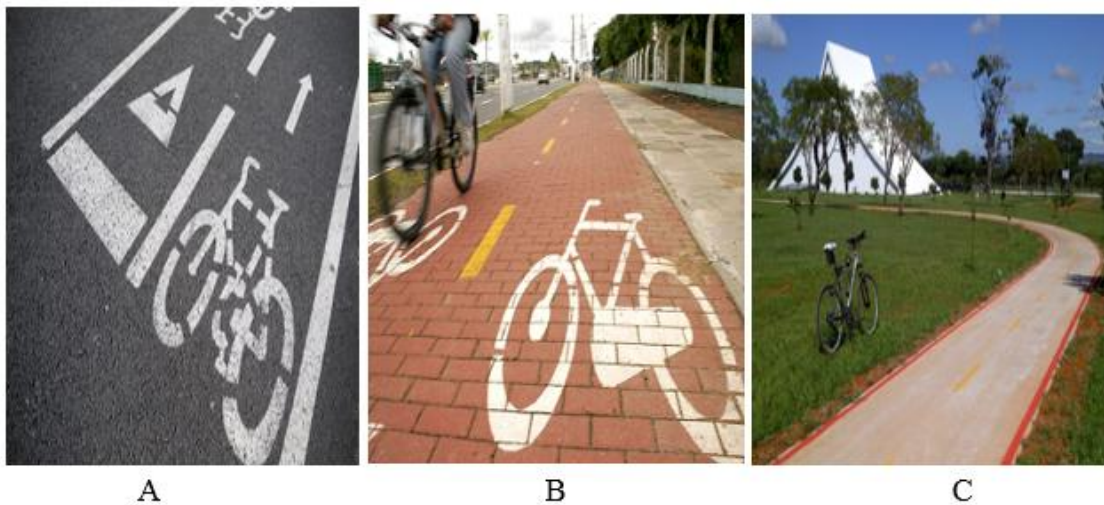


Figura 2.8: Principais tipos de pavimentos para ciclovia
Fonte: (A) revistabicicleta.com.br (B) Prefeitura de Porto Alegre (C) GDF

A estrutura do pavimento para cicloviias é constituída por três camadas e uma lona plástica: Subleito; Sub-base granular; Lençol Plástico (lona); Camada de concreto simples (MARANHÃO, 2014).



Figura 2.9: Estrutura de Pavimento rígido de ciclovia
Fonte: Maranhão (2014)

O pavimento de concreto simples, moldado *in loco*, é recomendado para a construção de ciclovias por oferecer algumas vantagens em relação aos outros tipos de pavimentos, podendo apontar como essas vantagens: conforto de rolamento, alta durabilidade, facilidade para manutenção entre outras (BASTOS E MOTA, 2013).

Ainda Bastos e Mota (2013) elucidam cada uma das vantagens por eles afirmadas, como mostrado a seguir:

- **Conforto Ambiental:** No momento do trânsito, os ciclistas se encontram próximo ao solo, diante dessa questão a temperatura influencia bastante, tanto no conforto como na qualidade do trajeto. No pavimento de concreto, onde a coloração é dita como clara, a temperatura chega a ser 20°C menor do que em pavimentos de coloração escura (Figura 2.10). Essa diferença de temperatura é perceptível a partir de 1,00 a 1,50 metros acima do revestimento.

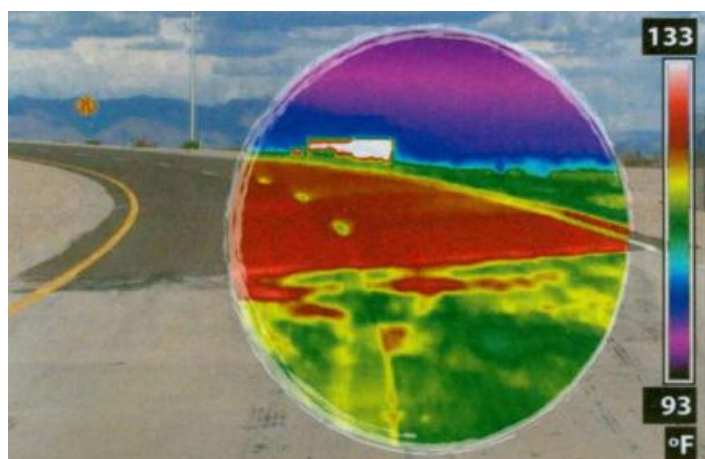


Figura 2.10: Ilustração da diferença de temperatura entre os pavimentos de coloração clara (rígidos) e escura (flexíveis), com uso da técnica de obtenção de imagens térmicas. Fonte: Bastos e Mota (2013)

Na Figura 2.10 observa-se a diferença de temperatura no pavimento rígido com o pavimento flexível, onde a parte em vermelho indica o local onde indica maior temperatura, que se refere à temperatura do pavimento flexível. Já para o pavimento de concreto, a temperatura ali mostrada indica uma temperatura intermediária (verde), neste caso específico, mostra a temperatura do pavimento rígido de concreto mais baixa em relação à do pavimento flexível.

- **Durabilidade:** Para os pavimentos de concreto, eles devem ser projetados para durar décadas. Quando esses são bem executados podem chegar a duração de mais de 20

anos, não havendo a necessidade de grandes intervenções, o que compensa os investimentos e garante a qualidade do trajeto.

- Aderência: Como garantia para um bom atrito da superfície com o pneu, o concreto moldado *in loco* deve ser desempenado e a execução da textura tem que resultarem ranhuras leves através da passagem de uma vassoura (pelo ou náilon) sobre camada de revestimento.
- Conforto de Rolamento: Esse tipo de pavimento proporciona uma superfície uniforme e sem irregularidades. As juntas de retração, localizadas, normalmente, a cada 3,00 metros, contendo três milímetros de abertura se tornam imperceptíveis pelos ciclistas.
- Visibilidade Noturna: Neste sentido a coloração branca do pavimento proporciona melhor visibilidade noturna por apresentar maior reflexão de luz, como também, reduz o número de pontos de iluminação com a consequência de redução de gasto de energia elétrica urbana.
- Meio Ambiente: Através da queima de pneus, aproveitamento de outros resíduos como fonte de energia para co-processamento na fabricação do cimento utilizado no concreto para utilização em pavimentos.

2.5 Execução do pavimento rígido de ciclovia

De acordo com Maranhão (2014) a execução de um pavimento rígido de ciclovia segue uma sequência de etapas que se inicia com a construção da estrutura do pavimento (etapas 1, 2, 3, e 4), seguida com a concretagem (etapa 5), procedimento de cura do revestimento de concreto (etapa 6), execução das juntas (etapa 7) e finalização do pavimento (etapa 8), como mostrado na figura a seguir:

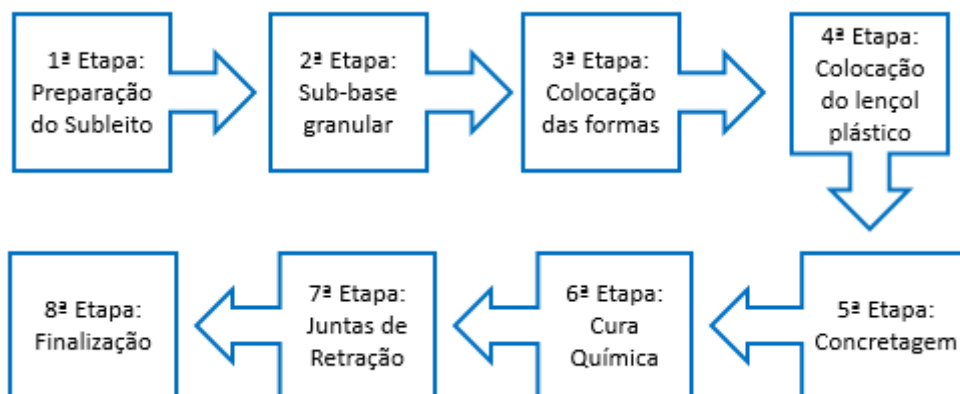


Figura 2.11: Etapa executiva do pavimento rígido de ciclovia
Fonte: Adaptado de Maranhão (2014)

A seguir será mostrado cada etapa separadamente como proposto por Maranhão et al. (2014).

Etapa 1 – Preparação do Subleito: O Subleito deve oferecer ao concreto o suporte adequado e as condições de manter sua espessura constante em toda a área pavimentada. É necessário fazer a verificação do tipo de solo no qual irá se utilizar como subleito, como por exemplo, fazer análises para saber se o solo é expansivo ou não, caso seja tem que utilizar solo de empréstimo.

Também nesta etapa examina-se o subleito com a intenção de verificar se ele está limpo e seco, como também, ter mantido o rebaixamento do lençol freático, no mínimo a o 1,00 metro da cota final da superfície do pavimento acabado.

Depois de tomada todas as medidas anteriores, se inicia a escavação da caixa, que deve ser igual ao volume destinado a receber a estrutura do pavimento, mantendo-se o greide e o caimento do terreno como especificado no projeto.

A área que será pavimentada deve obedecer a alguns requisitos importantes: O solo deve ter um índice de suporte Califórnia (CBR) mínimo de 5% e expansão volumétrica no máximo igual a 2%; No caso de valor de CBR entre 3% e 5%, recomenda-se adotar uma camada de reforço com 15 cm de solo escolhido, com CBR maior do que 7% e expansão máxima de 1%; Para valores de CBR menores que 3%, recomenda-se a substituição de solo, numa profundidade mínima de 40 cm, por outro com as mesmas características citadas acima para a camada de reforço.

Etapa 2 - Sub-base granular: auxilia na uniformização do suporte da fundação do pavimento e contribui para que se evite a ocorrência do fenômeno de bombeamento, através das juntas ou eventuais fissuras; minimiza o efeito danoso à estrutura do pavimento, causado por mudanças excessivas de volume de solos instáveis do subleito; facilita a execução e o controle geométrico da espessura das camadas sobrejacentes; contribui para isolar e drenar o subleito, reduzindo a instabilidade volumétrica do solo (causas de insucessos desses pavimentos); e é capaz de prover uma camada drenante (garantia do sistema de drenagem subsuperficial), com aumento de durabilidade.

A sub-base granular deve apresentar as seguintes características: Índice de suporte Califórnia: $CBR \geq 30\%$; Limite de liquidez: $LL \leq 25\%$; Índice de plasticidade: $IP \leq 6\%$; Expansão volumétrica $\leq 1\%$; Grau de compactação: $GC \geq 100\%$, considerada a energia do Proctor Intermediário.

Etapa 3 – Colocação das formas: Neste caso quando não se tem contenções, como meio-fio, sarjetas ou guias, faz-se necessário a utilização de formas (metálica ou madeira) para resistirem aos esforços durante o lançamento e acabamento do concreto, atentando ao fato de que no momento em que se utiliza esse tipo de forma, é imprescindível o uso de desmoldante para facilitar a retirada das mesmas.

Etapa 4 – Colocação do Lençol plástico: O lençol plástico (lona) forma uma camada impermeabilizante protegendo a estrutura da infiltração de água, além reduzir o atrito com a base, permitindo livre movimentação do concreto, evitando o aparecimento de fissuras.

A lona plástica tem a função de prevenir o pavimento de rígido de ciclovia da incidência de algumas manifestações patológicas, por exemplo, essa manta forma uma camada impermeabilizante, que evita o fluxo de água nos dois sentidos, tanto da superfície do pavimento, como da água que possa vir por bombeamento do solo, e com isso evitando a erosão das camadas inferiores do pavimento reduzindo as chances do aparecimento de manifestações patológicas (DNIT, 2010; CARVALHO, 2012).

Etapa 5 – Concretagem: Em uma ciclovia, o principal fator de durabilidade da estrutura é a capacidade de o concreto resistir ao desgaste por atrito e não aos esforços de tração na flexão. Por isso, neste caso, recomendam-se: Concreto - Resistência característica à compressão simples (f_{ck}) aos 28 dias = 25 MPa (mínimo); Dimensão máxima do agregado graúdo = 25 mm; espessura recomendada (h) da camada de concreto simples = 10 cm (ou 12 cm, ou 10 cm mais tela de aço Q-196¹ se houver locais de entrada e saída de automóveis).

Em casos onde houver transito de veículos pesados (automóveis), é necessário à colocação de uma tela Q-196¹, para que a placa comece a funcionar como uma placa armada.

No que diz a respeito à qualidade, durabilidade desse tipo de pavimento, o concreto é o responsável direto pelo desempenho da ciclovia. O fornecimento do concreto simples, se produzido em central de concreto, deve ser pré-misturado e fornecido em caminhões betoneira, e que atendam aos requisitos especificados no projeto.

¹ Malha de fios de aço: tela soldada nervurada é uma armadura de aço pré-fabricada, formada por fios longitudinais e transversais soldados entre si, formando malhas quadradas ou retangulares. Podem ser produzidas em rolos ou painéis seguindo uma tabela específica obedecendo às normas estabelecidas pela ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas). São utilizadas para fazer as armaduras internas de lajes, paredes, muros, calçadas e pisos estruturais.

Etapa 6 – Cura Química: Para evitar a evaporação rápida da água, é feita a cura química com produto a base de solvente ou água logo após a texturização da superfície, pois essa é a mais eficaz em relação aos outros tipos de cura.

Os procedimentos de aplicação e execução da cura química deve atender aos requisitos da norma ASTM C309-07: Standard Specification for Liquid Membrane - Forming Compounds for Curing Concrete.

Em casos de execução desse tipo de pavimento em cidades com índices de altas temperaturas, a utilização de uma proteção com mantas do tipo “Bidin” molhada, como proteção da superfície do pavimento.

De acordo com os documentos analisados, tanto na discriminação dos procedimentos executivos, como nas fotos que ilustram a sequência de execução das ciclovias, não estava inserida nenhuma informação relacionada à execução de cura (química ou com sacos úmidos) nessas ciclovias.

De acordo com Joshaghani e Zollinger (2017) a qualidade de cura do concreto pode ser considerada como um dos fatores mais importantes na construção do pavimento, sabendo-se que uma vez que a evaporação da umidade da superfície do pavimento de concreto pode levar a uma variedade de danos na estrutura do pavimento.

Para Aïtcin (2003), dois parâmetros-chave controlam a penetração de qualquer agente agressivo no concreto: a relação água/aglomerante (a/ag) e a cura do concreto.aa

De acordo com Dal Molin e Isaia (2011), a cura do concreto com água é o meio mais efetivo de prevenir a fissuração prematura e auxilia no desenvolvimento adequado das reações de hidratação nas primeiras idades.

Em geral, a elevada temperatura de cura é um fator fundamental para o risco de rachaduras, pois aumenta a taxa de desenvolvimento tanto de encolhimento autógeno quanto de retração autógena (CHU et al., 2012). A redução do aumento de temperatura pode ser em uma estrutura de concreto (pavimento), faz-se a utilização de uma manta impermeável que tem a vantagem de ser flexível, cobrindo todo pavimento para a realização de uma cura eficiente (HOLCIM, 2014).

Etapa 7 - Corte das Juntas: Para esse tipo de pavimento, no projeto tem que prever a colocação de juntas transversais de retração e de construção, com uma distância igual à largura da placa, o que irá avir formar uma placa quadrada.

As juntas devem ser serradas por mão-de-obra especializada, com a utilização de serra de disco diamantado, assim que o concreto aceitar o corte sem danificá-lo, onde é recomendado esse tipo de operação num intervalo entre 6 e 12 horas depois do acabamento do pavimento. Logo após a execução do corte das juntas, o que é estabelecido em projeto, se procede com a limpeza e posteriormente a aplicação do selante com material apropriado (moldado à frio ou pré-moldado).

A manutenção da selagem das juntas tem importância decisiva para a durabilidade do pavimento, devido aos selantes existentes no mercado possuir uma vida útil muito curta em relação à prevista para o pavimento. A destruição do material selante de uma junta de um pavimento rígido costuma abrir o caminho para as infiltrações, que atingem a fundação do pavimento, criando condições para o surgimento de diversos tipos de manifestações patológicas (DNIT, 2010).

Etapa 8 – Finalização: A finalização implica em retirar as fôrmas 12 horas após o término da concretagem, implantar toda a sinalização vertical e horizontal e, finalmente, liberar para o uso.

2.6 Ciclovias no Mundo e no Brasil

Um plano cicloviário é essencial para fundamentar uma política pró-bicicleta e compreende um processo de planejamento, implantação e gestão. Ele permite a criação de uma infraestrutura eficiente e de alta qualidade para a população das cidades, que ofereça conforto e segurança para ciclistas e pedestres, além de estimular, por meio de investimentos públicos e ações concretas, uma mudança cultural relativa ao modo de apropriação e uso do espaço urbano, tornando-o mais humano e sustentável (IEMA, 2010).

Para o Geipot (2001) o sistema cicloviário tem como característica a composição de elementos com características de vias, terminais, equipamentos, transposições que proporcione ao usuário de bicicleta durante o seu deslocamento conforto e segurança.

Para a elaboração de um bom plano cicloviário, esse tem que abranger duas abordagens para obter um desempenho satisfatório e eficaz, uma visão voltada para o social, abrindo uma

discussão com a sociedade para contribuir com a criação do plano, como também uma abordagem técnica, que irá auxiliar na metodologia de planejamento de transporte, representação gráfica e na aferição de dados qualitativos e quantitativos (CHAPADEIRO, 2011).

Quando se refere ao âmbito mundial em planejamento, qualidade de execução de projetos, malha cicloviária e utilização desse modal como transporte os países europeus se destacam bastante. Em países como Alemanha, Holanda, Suíça, a cultura da utilização da bicicleta como transporte é bastante aparente, alcançando elevados índices de uso de bicicleta (BRASIL, 2007).

Ainda no mesmo tocante, Andrade (2014) aponta as cidades de Nova York que possui 675 km de ciclovia e Berlim 750 km. Em Tóquio 25% dos trajetos são feitos de bicicleta. Além da forte influência cultural também se mostra presente políticas públicas que facilitam o aumento desse tipo de transporte. Na França empresas os funcionários de uma empresa recebem 25% de euro para cada quilômetro percorrido de bicicleta até o trabalho, em Paris o “P’tit Vélib” ofereceu 300 bicicletas para crianças de 2 a 10 anos, e no Reino Unido bicicletas são vendidas por um preço menor para funcionários públicos e empregados através do programa Cycle to Work.

No ano de 1970, o Brasil começa a pensar em planejamento cicloviário, sendo necessário tal preocupação, pois nessa época se estabelecia o aumento do combustível que era consequência da crise do petróleo, no entanto, mesmo depois de tanto ainda é fácil de visualizar a falta de infraestrutura e tecnologia em projetos cicloviários no Brasil (ANTUNES, 2015).

No Brasil, com a obra toda em concreto, o Rio de Janeiro passou a ter a maior malha cicloviária urbana da América Latina, com 438,9 quilômetros com projeto de atingir 450 quilômetros, no entanto Brasília se apresenta como uma grande concorrente nesse sentido, pois a capital do país prevê 600 quilômetros de faixas exclusivas para bicicletas, com prioridade para o uso de ciclovias em concreto (SANTOS, 2016).

Reis (2014) lista outras cidades brasileira que trabalham para a inserção do modal cicloviário em suas políticas públicas, citando Praia Grande, Rio Branco, Blumenau Fortaleza e etc. Porém ele enfatiza que mesmo com esse aumento da adesão das cidades pelo uso de ciclovias, esse número ainda é muito pequeno quando comparado as cidades europeias, por exemplo.

2.7 Ciclovias no Distrito Federal

Atualmente a extensão malha cicloviária em todo Distrito Federal está estimada em 420 km, entre os trechos já concluídos e os que ainda estão em construção. A meta da Secretaria de Mobilidade é estender as ciclovias por todo Distrito Federal e atingir, em quatro anos, 649 km em ciclovias e de ciclofaixas disponibilizadas à sociedade de forma a integrar a bicicleta com os outros meios transportes (GDF, 2016).

As ciclovias foram projetadas para atender o Plano Piloto – que inclui Asa Sul, Asa Norte e Lagos, Eixo Monumental, Universidade de Brasília (UnB), além das regiões Sudoeste, Cruzeiro, Octogonal e Lago Sul e dos municípios de Taguatinga, Arniqueiras, Águas Claras, Sobradinho, Paranoá, Brazlândia, São Sebastião e Planaltina.

Para Santos e Sousa (2016) a expansão das ciclovias no DF também é impulsionada por algumas de suas características que viabilizam o processo construtivo das ciclovias e sua posterior utilização, dentre as quais destacam-se: O relevo pouco acidentado de quase todo o território; os baixos índices pluviométricos; e a infraestrutura capaz de absorver a construção de ciclovias sem problemas de desapropriação.

Dentre as vantagens da redução do fluxo de automóveis resultante do maior uso da bicicleta, Litman (2010) destaca a melhoria de qualidade de vida da comunidade que, com menos tráfego, mais espaços voltados a convivência e mobilidade das pessoas, tende a apresentar menores distâncias a ser percorridas, maior interação social, mais opções de recreação e entretenimento (preservação de praças, parques e paisagens), melhoria na estética e preservação de recursos culturais únicos, como estrutura urbana histórica e arquitetura antiga.

2.8 Exigências do Distrito Federal e Normas Regulamentadoras

2.8.1 Análise Documental (Projetos)

Com o intuito de auxiliar na identificação do processo executivo dos pavimentos rígidos de ciclovia executados em Brasília-DF, buscou-se informações sobre os parâmetros utilizados em sua construção por meio de análise documental.

A intenção da obtenção desses dados decorre da necessidade de conhecer as características específicas utilizadas para execução desse pavimento, sabendo que a ocorrência de várias manifestações patológicas pode ser ocasionada, também, por erros de projeto e de execução.

Com isso foram observadas e interpretadas todas as informações que constavam nos projetos, como: ano em que a ciclovia foi executada; período de execução do trecho, extensão de cada trecho, características construtivas do pavimento.

A documentação qual se teve acesso foram as medições (1ª; 2ª e 3ª) do Contrato 610/2011, convênio 128/2011 TERRACAP/ NOVACAP, concorrência nº 039/2009, com título: Execução de Serviço de Ciclovia incluindo paisagismo, passando pelo campus da UnB e SGAN 600- Plano Piloto – Brasília – DF.

A primeira medição, conforme consta na documentação, teve o período de execução entre as datas 01/05/2012 até 31/05/2012. Nesta medição estão compostos os trechos L4/L3, L3/N2 e L3/N1.

Na segunda medição, o período de execução 01/06/2012 a 30/06/2012, esse continha os seguintes trechos: Asa Norte UnB 604, Asa Norte UnB 606, Asa Norte UnB 607, Asa Norte CO 1, Asa Norte CO 2, Asa Norte FT 01, Asa Norte L3 n2 e Asa Norte L3 n2.2.

Conforme a terceira medição a data de execução dos trechos aconteceu entre 01/07/2012 a 31/07/2012, para essa medição foi dividida em 7 trechos: UnB F1, UnB FA2, UnB FE, UnB FS1, UnB FS2, UnB UM e UnB RT.

Com relação a documentação referente a área de estudo do Eixo monumental/Esplanada, não se teve acesso a essa documentação, no entanto, a informação obtida na SEPROJ/NOVACAP, é que os pavimentos rígidos de ciclovia executado em Brasília seguem o mesmo padrão (Figura 2.12).

Na Tabela 2.2 é mostrado o volume (m³) utilizado para a execução de cada medição de acordo com o somatório de cada trecho.

Tabela 2.2: Volume de concreto utilizado na execução de cada conjunto de trechos

Item	Volume (m³)	Medição
Execução de Pavimento Rígido 22,5 MPa	440,180	1
	987,250	2
	562,510	3

Fonte: Novacap (2012)

De acordo com as especificações contidas nos documentos citados, todos os pavimentos executados obedecem às mesmas especificações de projeto.

Tabela 2.3: Especificação de projeto das ciclovias

Pavimento Rígido Usinado	Valor
Resistência	22,5 Mpa
Espessura "E"	0,08 m
Largura "L"	2,50 m
Base de Brita Graduada	
Espessura "E"	0,05 m
Largura "L"	2,50 m
Sub-Base em Solo-Cal c/ 5% de cal	
Espessura "E"	0,10 m
Largura "L"	3,50 m
Regularização do Sub-leito	
Espessura "E"	0,20 m
Largura "L"	3,50 m
Terraplanagem	
Altura Variável	x

Fonte: Novacap (2012)

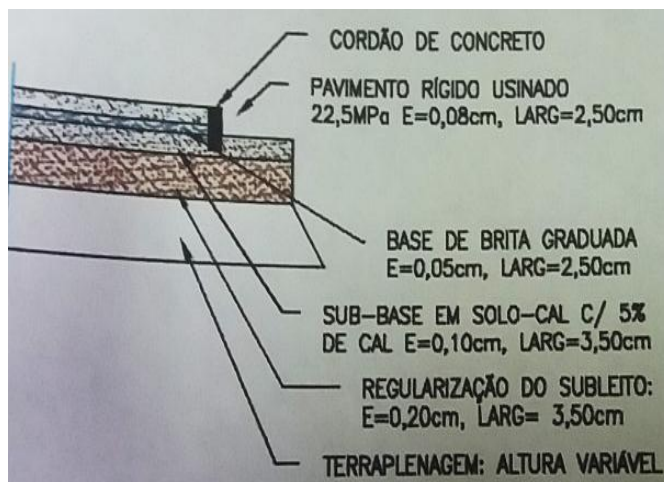


Figura 2.12: Corte esquemático da seção do pavimento rígido de ciclovia conforme o contrato 610/2011.

Fonte: NOVACAP (2012)

Ainda sobre as especificações contidas no projeto de execução das ciclovias, esses documentos apresentam informações de cada trecho de forma individual, mostrando o comprimento total de cada trecho, a largura, a espessura e o volume total (m³) de concreto usinado aplicado para cada um deles. No mesmo contexto, a NOVACAP estipula um valor mínimo para a resistência característica dos concretos para utilização em ciclovias no Distrito Federal, esse valor é referente a 18 MPa.

Depois de verificar toda a documentação que foi cedida para consulta, não foi possível encontrar outros dados relevantes que deveriam estar presentes na especificação da execução desses pavimentos. Esses dados são referentes a propriedades físicas do solo que são aplicados nas camadas inferiores do pavimento de ciclovia (subleito e sub-base granular).

Outros pontos importantes e também necessários para que o desempenho do pavimento de ciclovia seja satisfatório, que Maranhão et al. (2014) e Bastos (2014) julgam como parte essencial da execução das ciclovias, é o uso da lona plástica, cura do concreto e a selagem das juntas de dilatação. Essas informações não estão contidas nos documentos fornecidos pela NOVACAP, então subtendesse que a fase de cura não foi executada, porém, as outras duas foram possíveis detectar a não existência de tal procedimento.

Ainda Chang et al. (2010), alertam que as variações causadas pela umidade potencializam o desenvolvimento de danos e manifestações patológicas críticas, como por exemplo, as fissuras por retração plástica ou secagem em pavimentos de concreto com idade precoce, como também o aumento do esforço de tração advindos do aumento do gradiente de umidade influenciam na deformação da estrutura do pavimento.

Em relação à selagem das juntas, em todas as ciclovias que foram vistoriadas nenhuma delas apresentou nenhum tipo de tratamento, apenas é executado o corte com 2 cm de profundidade (1/4 da espessura da placa) e abertura equivalente a espessura do disco de corte (>1 cm). Quando se fala em exigências referentes a execução de pavimento rígido para ciclovias no Distrito Federal, e em todo o Brasil, a escassez de materiais ou base de dados para que se tenha um parâmetro de construção é bastante presente. Em alguns projetos desse tipo aqui no DF, já se pode visualizar a falta de um padrão a ser adotado.

Em sua pesquisa Santos e Sousa (2016) fala que mesmo com as muitas variáveis que envolve um projeto de pavimento rígido de concreto, elencando os estudos dos agregados (granulometria; absorção e etc.) as exigências se limitam a pouquíssimos parâmetros. No exemplo da ciclovia do Jardim Burle Marx, entre a Torre de TV e a Rodoviária do Plano Piloto em Brasília, a única exigência feita em edital é a resistência à compressão mínima de 18 - MPa do concreto a ser utilizado e a espessura mínima de 8 cm das placas da via.

As leis pertinentes ao assunto do modal cicloviário, o Distrito Federal possui algumas com mais de 10 anos, como também novos interesses, como é o caso do projeto de lei PL 6805/2017 - Institui o Programa Adote uma Ciclovia para incentivar o uso da bicicleta

visando a melhoria das condições de mobilidade urbana, esse ainda em andamento no processo de aprovação. Outras leis são mostradas a seguir:

- Lei nº 3.7216, de 2005: Institui a jornada Na Cidade Sem Meu Carro
- Lei nº 3.885, de 2006: Assegura política de mobilidade urbana cicloviária de incentivo ao uso de bicicleta no DF
- Lei nº 4.030, de 2007: Institui o Dia do Ciclista no DF
- Lei nº 4.216, de 2008: Dispõe sobre o transporte de bicicleta no Metrô
- Lei nº 4.397, de 2009: Dispõe sobre a criação do Sistema Cicloviário no âmbito do DF
- Lei nº 4.566, de 04 de Maio de 2011: estabelece as normas para implementação do Plano Diretor de Transporte Urbano e Mobilidade do Distrito Federal (PDTU-DF)
- Lei nº 4.800, de 29 de março de 2012: determina a construção de bicicletários no Distrito Federal. Decreto governamental nº34. 530, de 25 de julho de 2013: institui o Fórum da Política de Mobilidade por Bicicletas no Distrito Federal.

2.9 METODOLOGIAS DE INSPEÇÃO E MENSURAÇÃO DA DEGRADAÇÃO

2.9.1 Índice de Condição do Pavimento –ICP (DNIT)

No que diz respeito à inspeção e recuperação de pavimentos rígidos, o órgão responsável pela criação de normas e manuais é o Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte – DNIT. Depois de solicitações encaminhadas pela comunidade rodoviária nacional, o DNIT providenciou a produção do Manual de Recuperação de Pavimentos Rígidos.

Anterior à elaboração do Manual de Recuperação de Pavimentos Rígidos, o DNIT disponibilizava normas referentes ao assunto, ou seja, essa documentação normativa continha procedimentos de revisão das normas técnicas que constavam no antigo Manual de Recuperação de Pavimentos Rígidos. Essas normas são mostradas a seguir:

- DNIT 060/2004-PRO – Pavimentos rígidos – Inspeção visual – Procedimento;
- DNIT 061/2004-TER – Pavimentos rígidos – Defeitos – Terminologia;
- DNIT 062/2004-PRO – Pavimentos rígidos – Avaliação objetiva – Procedimento;
- DNIT 063/2004-PRO – Pavimentos rígidos – Avaliação subjetiva – Procedimento;
- DNIT 067/2004-ES – Pavimentos rígidos – Reabilitação – Especificação de serviço.

Com a criação do novo Manual de Recuperação de Pavimentos Rígidos de 2010 essas normas complementam este manual de modo a estabelecer a organização da conceituação e o tratamento dos assuntos relacionados a esse interesse.

Segundo o Dnit (2010) esse manual vem para auxiliar em pontos específicos, como: no diagnóstico da patologia do pavimento; na composição de ideia para projetos de recuperação e na aplicação de procedimentos adequados para a diversidade de intervenções em que o pavimento venha a ser submetido.

Com a necessidade de obter dados que proporcionem um norte para a tomada de decisões para manutenção em estruturas de concreto, pavimentos, são implementadas metodologias que são capazes de medir ou classificar o grau de degradação daquele sistema, indicando o grau da necessidade de uma possível manutenção.

Nos trabalhos de Abdel-Wahed e Hashim (2017); Loprecipe et al. (2017); Loprecipe e Pantuso (2017); Michels (2017); Kelly et al. (2016) e Antunes (2015); é usada a metodologia PCI – Pavement Condition Index, proposta pelo CERL (U.S Army Construction Engineering Research laboratory) do manual TM 5-623/1982, inclui não apenas diretrizes para a avaliação do estado de conservação de pavimentos, como também pauta ações para o mapeamento dos pavimentos existentes, para operações de manutenção e reparo, procedimentos de análise econômica de tais intervenções e o gerenciamento dos dados inerentes ao sistema como um todo.

No Brasil a mesma metodologia é empregada pelo Manual de Recuperação de Pavimentos Rígidos (DNIT, 2010), que toma como base o manual TM 5-623/1982, gerando o índice de condição do pavimento, sendo aplicada em pavimentos rígidos rodoviários, por meio da fórmula da equação 2.1.

Essa metodologia tem como primeira etapa a avaliação dos trechos através da vistoria e preenchimento da ficha de inspeção (Figura 2.13), onde cada defeito é contabilizado, somado, juntamente com o seu grau de severidade, que é obtido através das características de cada defeito em particular, podendo ser a abertura de uma fissura, quantidade de pedados em que a placa está dividida, tamanho do reparo entre outros. O próximo passo objetiva a obtenção dos valores dedutíveis (Figura AN1 Anexo A) referente a cada amostra, esse valor dedutível é obtido em gráficos específicos para cada defeito e grau de severidade, que relacionam a densidade dos defeitos com o valor dedutível total (CVD). Esse valor dedutível total deve ser

corrigido, depois de determinando-se o valor dedutível corrido (VDC) ((Figura AN2 Anexo A), contando os valores dedutíveis (CVD) maiores do 5, onde esses valores acima de 5 são designados como “q”.

Ficha de Inspeção – exemplo

PAVIMENTO : xxxxxxxx TRECHO : km.xx a km.yy DATA : xx/xx/xxxx
 AMOSTRA Nº : xx MEDDA / PLACA (m) : p x L
 Nº PÁGINAS : xx Nº DE ANEXOS : xx CHEFE DA EQUIPE : xxxxx
 ASSINATURA DO ENGR RESPONSÁVEL : X X X

Placa Nº	placa 1		placa 2		TIPOS DE DEFEITOS				
	1B	13M	1B	13M	TIPOS DE DEFEITOS	GRAUS DE SEVERIDADE	Nº DE PLACAS AFETADAS	% DE PLACAS AFETADAS	VALOR DEDUTÍVEL
1	10 B				1. Alçamento de placas	B	4	20	14
2	10 B				2. Fissura de canto	A	2	10	32
3	1B	1B	1B	13M	3. Placa dividida	B	1	5	5
4	1B	13M	1B	13M	4. Degrau de junta	B	6	30	5
5	11A	11A			5. Defeito na selagem das juntas	A	2	10	6
6	2B	10B			6. Desnível pavimento acostamento	M	4	20	29
7	2A	10B			7. Fissuras lineares	A	1	5	0
8	2A	10B			8. Grandes reparos	B	1	5	2
9	10B	15A			9. Pequenos reparos				
10	10B				10. Desgaste superficial				
VALOR DEDUTÍVEL TOTAL									99
VALOR DEDUTÍVEL CORRIGIDO (VDC) q = 4									52
PC = 100 - VDC = 100 - 52 = 48 CONCEITO razoável									

Figura 2.13: Ficha de inspeção utilizada para obtenção do Índice de Condição do Pavimento – DNIT (2010)

No anexo “A” desta pesquisa estão disposto os , com o valor de “q” encontrado, juntamente com o valor dedutível total, se chega ao valor dedutível corrigido (VDC). Por fim, o ICP da amostra é a diferença entre 100 e o valor dedutível corrigido, gerando um conceito dado a amostra avaliada (Tabela 2.2).

$$ICP = 100 - \sum_{i=j}^p \sum_{j=i}^{m_i} A(T_i, S_j, D_{ij}) F(t, q) \quad \text{Equação 2.1}$$

Onde:

ICP = Índice de Condição do Pavimento;

A = valor dedutível, dependente do tipo do defeito (Ti), do grau de severidade (Sj) e da densidade de defeitos (Dij); i = contador para tipos de defeitos;

j = contador para graus de severidade;

p = número total de placas defeituosas;

mi = número de graus de severidade para o tipo de defeito;

F (t,q) = uma função de ajustamento para defeitos múltiplos, que varia com o valor dedutível somado (t) e o número de deduções (q).

Em relação ao conceito da condição do pavimento de todo trecho, se faz a média aritmética de todos os conceitos gerados pelos cálculos do ICP de todas as amostras, traduzindo em um conceito para todo o trecho (Tabela 2.4).

Tabela 2.4: Escala de Avaliação do ICP

ICP	0-10	11-25	26-40	41-55	56-70	71-85	86-100
CONCEITO	DESTRUÍDO	MUITO RUIM	RUIM	RAZOÁVEL	BOM	MUITO BOM	EXCELENTE

Fonte: Dnit (2004)

O cálculo do ICP é baseado nas informações contidas na Ficha de Inspeção. O avaliador, após analisar todas as informações fornecidas pela inspeção visual e pelo cadastro documental da rodovia, pode discordar do conceito atribuído ao trecho, em função do ICP calculado.

A aplicação dessa metodologia fornece um índice que classifica o pavimento, e esse, auxilia na tomada de decisão em relação à manutenção, reparos ou recuperação dos pavimentos, indicando a condição de placas, e ou, trechos.

A facilidade de aplicação dessa metodologia possibilita a utilização em diferentes tipos de pavimentos, em objetivos distintos, assim como mostrado a seguir.

No trabalho de Abdel-Wahed e Hasim (2017), essa metodologia é aplicada após ser feita a verificação da condição do pavimento em função da implantação de lombadas, que são localizadas entre as cidades de Tarta e Gerga no Egito, em um trecho de 34 km. Esse trabalho tem como objetivo verificar a influência das lombadas na degradação da superfície dos pavimentos, assim gerando um conceito proposto pelo o Índice de Condição de Pavimento.

Nos estudos de Loprecipe e Pantuso (2017), é avaliado o nível de serviço dos pavimentos rodoviários urbanos de 109 pavimentos na Itália, com o intuito de gerar um manual de identificação dos danos nesses pavimentos. Para isso foram aplicados um programa de aplicação de linguagem visual básica (VBA) e o ICP, concluindo que essa utilização é adequada para tal pavimento.

Pesquisando os pavimentos do Kentucky, Michels (2017) propôs estudar o índice de condição do pavimento em diferentes áreas que foram executadas tipos de manutenção preventiva nos últimos 10 anos. A partir dos valores de ICP foram geradas curvas de deterioração, e com essas, avaliar a eficácia dos produtos utilizados nos reparos executados e determinar qual seria o melhor produto para aplicação nos pavimentos do Kentucky.

Já no estudo de Corazza et al. (2016), utilizou-se o ICP para o gerenciamento de calçadas na cidade de Roma-ITA. Objetivo do trabalho foi analisar uma área em que não havia nenhum tipo de manutenção regular nas calçadas, e partindo das inspeções realizadas, classificar e analisar os danos que ali ocorriam. E por fim gerar um conceito de ICP adaptado para esse tipo de pavimento.

Em um estudo realizado na Índia por Tawalare e Raju (2016), foi feito a adequação dos valores referentes às características dos danos ocorridos em pavimentos rurais como a classificação da gravidade dos danos e o peso atribuído a cada um deles. Os autores concluíram que a utilização da metodologia facilita os cálculos em campo e é importante para a tomada decisão no cronograma de manutenções.

Com o intuito de avaliar a condição do desempenho e danos da estrada e calcular o tempo vida restante de pavimentos localizados em Sumatera na Índonesia, Setyawan et al. (2015) examinou a relação entre esses valores do ICP e da medição da deflexão da perca de carga dos pavimentos (FWD), e criou-se um modelo de regressão para obter um coeficiente de correlação entre esses dados, obtendo o valor de $R^2 = 0,88$, o que indica que os valores de ICP e FWD tem forte correlação neste estudo.

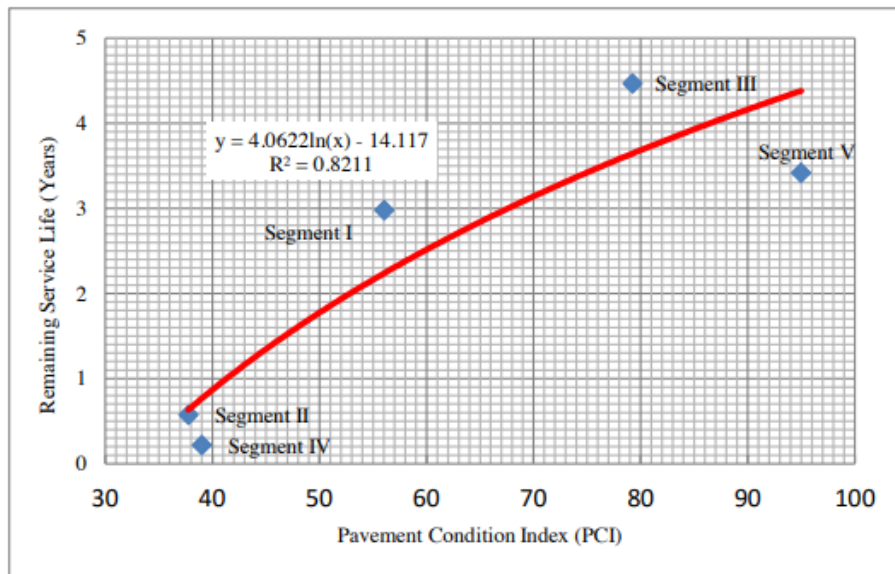


Figura 2.14: Correlação entre o valor de PCI e o serviço de vida restante (anos).
Fonte: Setyawan et al. (2015)

Na pesquisa de Antunes (2015), na qual estudou as condições de serviço do sistema cicloviário executado em Goiânia-GO, denominado corredor universitário. Houve uma análise de todos os fatores que influenciam na qualidade de utilização das ciclovias, do trajeto escolhido até a condição do pavimento depois de executado. Como parte do estudo utilizou-se o ICP para o levantamento dos danos ocorridos nas ciclovias, concluindo que essa metodologia deveria ser adaptada para a realidade das ciclovias, e ainda assim, conceituou as ciclovias como “bom” e “ruim”.

Durante a pesquisa sobre essa metodologia foi possível detectar algumas não conformidades para a sua utilização em pavimentos rígidos de ciclovia, o que a torna menos eficiente, tendo em vista que alguns pontos deixam de ser avaliados. O primeiro fato são os tipos de manifestações patológicas, onde alguns que são por ela listados não ocorrem nos pavimentos de ciclovia desse estudo. A lista das manifestações patológicas será mostrada na Tabela 2.5, indicando quais se aplicam para as ciclovias, e os que não se aplicam.

Tabela 2.5: Defeitos listados pelo Dnit (2010) que se aplicam ou não aos pavimentos de concreto de ciclovia

Defeitos	
1 Alçamento de placa (Blow-up)	Aplicável
2 Fissuras de canto	Aplicável
3 Placa dividida	Aplicável
4 Escalonamento ou degrau nas juntas	Aplicável
5 Defeito na selagem das juntas	Aplicável
6 Desnível pavimento – acostamento	Não Aplicável
7 Fissuras lineares	Aplicável
8 Grandes reparos (área 0,45m ²)	Não Aplicável
9 Pequenos reparos (área 0,45m ²)	Não Aplicável
10 Desgaste superficial	Aplicável
11 Bombeamento	Aplicável
12 Quebras localizadas	Aplicável
13 Passagem de nível	Não Aplicável
14 Fissuras superficiais (rendilhado) e escamação	Não Aplicável
15 Fissuras de retração plástica	Aplicável
16 Esborcinamento ou quebra de canto	Aplicável
17 Esborcinamento de juntas	Aplicável
18 Placa bailarina	Não Aplicável
19 Assentamento	Não Aplicável
20 Buracos	Aplicável

Outro lado negativo dessa metodologia para usa-la em ciclovias são os graus de severidade, que para algumas manifestações patológicas são iguais, no entanto, para outros, se usados o que é proposto por essa metodologia não serão coerentes, tendo em vista que as características não são as mesmas para os pavimentos rodoviários e para as ciclovias.

Uma das informações necessárias para a avaliação da degradação de um pavimento é a área degradada, o que não compõe essa metodologia, apenas se faz a contagem das placas afetadas.

Além dos pontos negativos levantados anteriormente, verificou-se que avaliação final dessa metodologia pode generalizar e até mesmo mascarar os resultados quando observado apenas o resultado final do ICP, desprezando o resultado de cada amostra individualmente.

Na Figura 2.15 estão ilustrados os defeitos incidentes nos pavimentos rígidos rodoviários de acordo com o Dnit (2010) que estão definidos no item 2.3 deste capítulo.

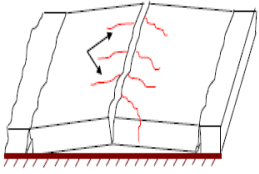


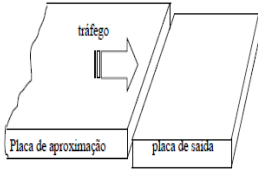








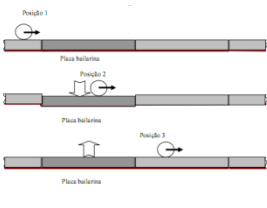


				
Alçamento de Placas	Fissura de Canto	Placa Dividida	Degrau nas Juntas	
				
Defeito na Selagem das Juntas	Quebra de Canto	Grandes Reparos	Pequenos Reparos	
				
Desgaste Superficial	Esborcinamento das Juntas	Fissuras Superficiais	Fissura por Retração Plástica	
				
Placa Bailarina	Buracos	Fissura Transversal	Fissura Longitudinal	Fissura Diagonal

Figura 2.15: Ilustração dos defeitos existentes em pavimentos rígido rodoviário
Fonte: DNIT (2010)

2.9.2 Metodologia de Mensuração da Degradação (MMD)

Nos trabalhos de Santos et al. (2018); Pinheiro et al. (2017); Souza (2016); Santos Júnior (2016); Nascimento (2016) e Silva (2014); é utilizado a Metodologia de Mensuração da Degradação – MMD, sendo essa aplicada para fachadas, onde se faz a inserção de uma malha com abertura nas dimensões de 0,50 m x 0,50 m, equivalente a uma área de 0,25 m², com o intuito de fazer o mapeamento das patologias ali existentes. A partir dos dados coletados através da disposição da malha, e a posterior contagem das patologias, gerando variáveis de ponderação k , k_n e $k_{c,n}$ que refletem e estabelecem pesos de importância para cada tipo de anomalia, por fim chegando em um valor de FGD – Fator Geral de Danos.

Como parte inicial dessa metodologia, ocorre a coleta de informações para consolidação do banco de dados com o intuito de auxiliar no entendimento do processo de ocorrência da degradação em fachadas. Com isso foram quantificadas as áreas com incidência de manifestações patológicas através do mapeamento de danos utilizando o Método de Mensuração de Degradação (MMD), o procedimento ocorre com: 1° - Sobreposição da malha de dimensões igual a 0,50 m x 0,50 m, equivalente a 0,25 m², 2° - Divisão da malha por andares, 3° - Divisão das regiões da fachada e 4° - contabilização dos danos identificados, e preenchimento da ficha de danos de cada amostra.

Na fase posterior é analisado o Fator de Danos Total (FD_{total}), onde trata da quantificação da degradação do elemento sem levar em consideração a influência e a gravidade do tipo de manifestação patológica, analisando a frequência de ocorrência do FD de diferentes formas (faixa de idade, orientação cardinal e elementos de arquitetura).

$$FD_{Total} = \frac{\sum A_{d(n)}}{A_t} \quad \text{Equação 2.2}$$

Onde:

Ad: área danificada de determinada anomalia (n);

At: área total da amostra.

Apresenta, em termos percentuais, a distribuição em que ocorrem os danos, ou seja, é um dado que permite verificar o percentual representativo de cada anomalia da área total danificada. A Equação 2.6 descreve o cálculo da Distribuição de Danos.

$$DD = \frac{A_{d(n)}}{\sum A_{d(n)}} \quad \text{Equação 2.6}$$

Onde:

$A_{d(n)}$: área da anomalia (n).

Por fim, nessa metodologia, é analisado o Fator Geral de Danos (FGD), esse índice é utilizado para a mensuração da degradação das fachadas, ponderando pontos importantes que influenciam diretamente nessa avaliação, esses fatores são FGD_A e FGD_B proposto por Souza (2016), conforme a Equação 2.7.

$$FGD_A = \frac{\sum (A_{d(n)} \times k_{nA} \times k_{cn})}{\sum k_{m\acute{a}x} \times A_t} \quad \text{Equação 2.7}$$

Onde:

$A_{d(n)}$: área danificada por uma anomalia n (m^2);

k_{nA} : constante de ponderação das anomalias n, em função do nível de condição, onde $k_n \in \{1,2,3,4\}$;

k_{cn} : constante de ponderação da importância relativa das anomalias detectadas;

$\sum k_{m\acute{a}x}$: somatório das constantes de ponderação equivalente ao nível da pior condição,

conforme Bordalo et al. (2010), Silva (2009) e Silva et al. (2011a) – toma o valor 17 (4+ 4 + 3 + 3 + 3), (anomalias consideradas: descolamento cerâmico, fissuração, falha de rejunte, eflorescência e falha de vedação).

A_t : Área total da amostra de fachada (m^2).

Silva (2014) estudou a degradação de fachada de edifícios localizados em Brasília-DF para o mapeamento e quantificação das manifestações patológicas nos revestimentos cerâmicos. Esses estudos foram feito em função da idade, orientação, região e altura das fachadas, além da mensuração nas diferentes regiões da fachada. Os resultados mostraram que o descolamento cerâmico foi mais evidente nos casos estudados, e que os maiores danos foram nas fachadas oeste e Norte, e nas fachadas com mais de 10 anos.

O trabalho de Souza (2016) é uma continuidade do estudo anterior. Pois foi aplicado ao banco de dados existente no LEM – Laboratório de Materiais da UnB, além de algumas mudanças. Como proposta principal foi à adaptação do FGD – Fator Geral de Danos, onde algumas constantes como o K_{nA} e o $\sum K_{M\acute{A}X}$ tiveram alterações proposta nesse trabalho.

A pesquisa realizada por Santos Júnior (2016) buscou desenvolver uma rotina de manutenção de fachadas, o MMD foi utilizado para análise da fachada durante a etapa de vistoria e inspeção das fachadas, concluindo que sua metodologia é eficiente e de fácil aplicação.

Estudando a degradação de fachada associando a ocorrência de danos com os agentes climáticos, Nascimento (2016) utilizou o software *WUFI Pro 5.3* para a avaliação de edifícios em Brasília-DF, onde a quantificação foi feita pela metodologia de mensuração da degradação – MMD. Constatou-se que a influencia de chuvas dirigidas e radiação nas orientações Norte, Sul, leste e Oeste, concluindo que esses fatores influenciam na degradação dos edifícios estudados.

No trabalho de Pinheiro (2017) fez-se a aplicação da metodologia de mensuração da degradação para correlacionar os índices de degradação das fachadas com o grau de severidade das anomalias existentes nas amostras, assim podendo fazer uma estimativa da análise de vida útil dessas fachadas.

Santos (2018) estudou a distribuição de patologias na degradação de fechadas em argamassa, fazendo uma análise das ocorrências em 3 edifícios situados em Brasília-DF, visando padrões de tendências de degradação nessas amostras, catalogando as patologias em fachadas com revestimento de argamassa através da utilização de fotografias para construção de panoramas ortogonalizados e o posterior mapeamento dessas fachadas.

Após verificar essa metodologia foi observado que dela poderia ser usado alguns parâmetros que se encaixavam para a aplicação em pavimentos rígidos de ciclovia. Esses seriam as constantes relativas à área degradada ($Adr(n)$), condição da degradação (knA) assim como a estrutura da função. Sendo esses parâmetros que não fazem parte do cálculo proposto pelo ICP – Dnit (2010) que se juntam aos outros como a formulação do fator de degradação de ciclovia – FDC.

3 METODOLOGIA

Neste trabalho a metodologia proposta aborda aspectos sobre a avaliação da condição do pavimento rígido de ciclovias. Mesmo não tendo nenhuma norma específica neste âmbito, serão utilizados alguns pontos referentes ao Manual de Recuperação de Pavimentos Rígidos do DNIT-2010, com algumas alterações que foram julgadas necessárias para este tipo de pavimento específico, e também outras metodologias utilizadas para mensuração de degradação nos trabalhos de Santos (2018); Pinheiro (2017); Souza (2016); Santos Júnior (2016); Nascimento (2016) e Silva (2014).

O programa de desenvolvimento dessa pesquisa se deu em três etapas (Figura 3.1) que contemplam o esboço geral do projeto e suas execuções, a saber:

1ª Etapa: Levantamento da existência da malha cicloviária do Distrito Federal e determinação da extensão da malha de pavimento rígido de ciclovia existentes em Brasília-DF, para quantificação e a localização desses pavimentos. Escolha das amostras para áreas de estudo em pavimento rígido de ciclovia, localizados no Eixo Monumental, Esplanada dos Ministérios, Asa Norte e Campus Darcy Ribeiro da UnB;

2ª Etapa: Análise documental (projetos) concernente à execução dos pavimentos rígido de ciclovia. Essa etapa traz informações do tipo de execução, parâmetros e requisitos especificados e utilizados, e os materiais empregados;

3ª Etapa: Desenvolvimento e aplicação da Metodologia de Avaliação de Pavimento Rígido de ciclovia - MAC_{PR} , tendo como finalidade gerar o fator de degradação de ciclovia – FDC.

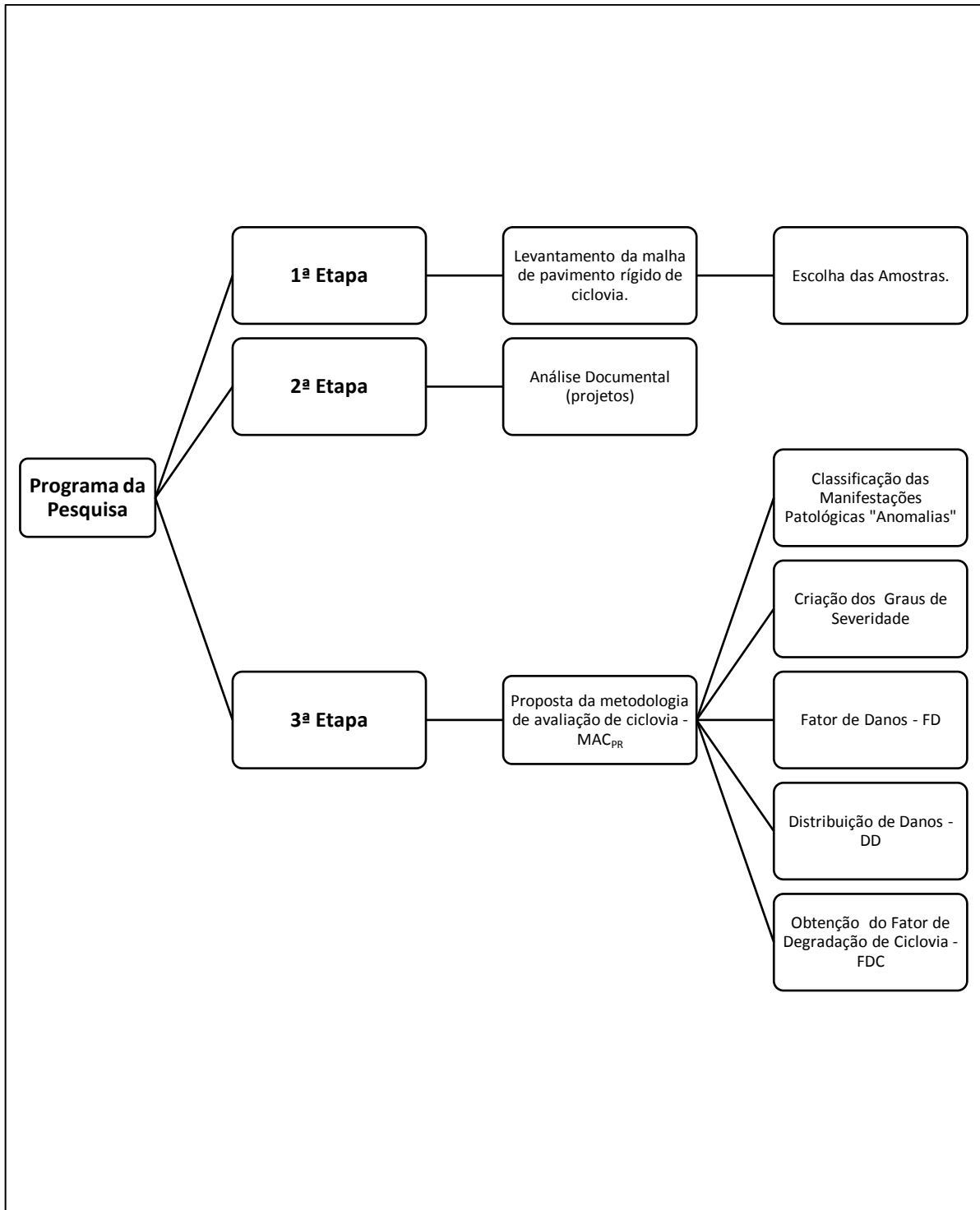


Figura 3.1: Organograma das etapas do Programa de Pesquisa

3.1 Levantamento das áreas de estudo das ciclovias de pavimento rígido de concreto

No início dessa pesquisa procurou-se fazer o levantamento da malha cicloviária do Distrito Federal e a quantificação da extensão das ciclovias executadas com pavimento rígido (concreto). O levantamento inicial foi realizado através de pesquisas em sites do Governo Distrital – GDF e Organizações Não Governamentais - Ong's, com foco no tema de interesse deste trabalho, identificando que grande parte dessa malha se encontrava na Asa Norte; Asa Sul; Eixo Monumental e o Campus Darcy Ribeiro da UnB.

Os trechos escolhidos das áreas de estudo foram nomeados de acordo com a sua localidade seguida de uma numeração específica, a qual identifica a sequência da inspeção realizada em cada trecho. Na Figura 3.2 é apresentado o mapeamento e a identificação cada trecho de cada área de estudo distinta.

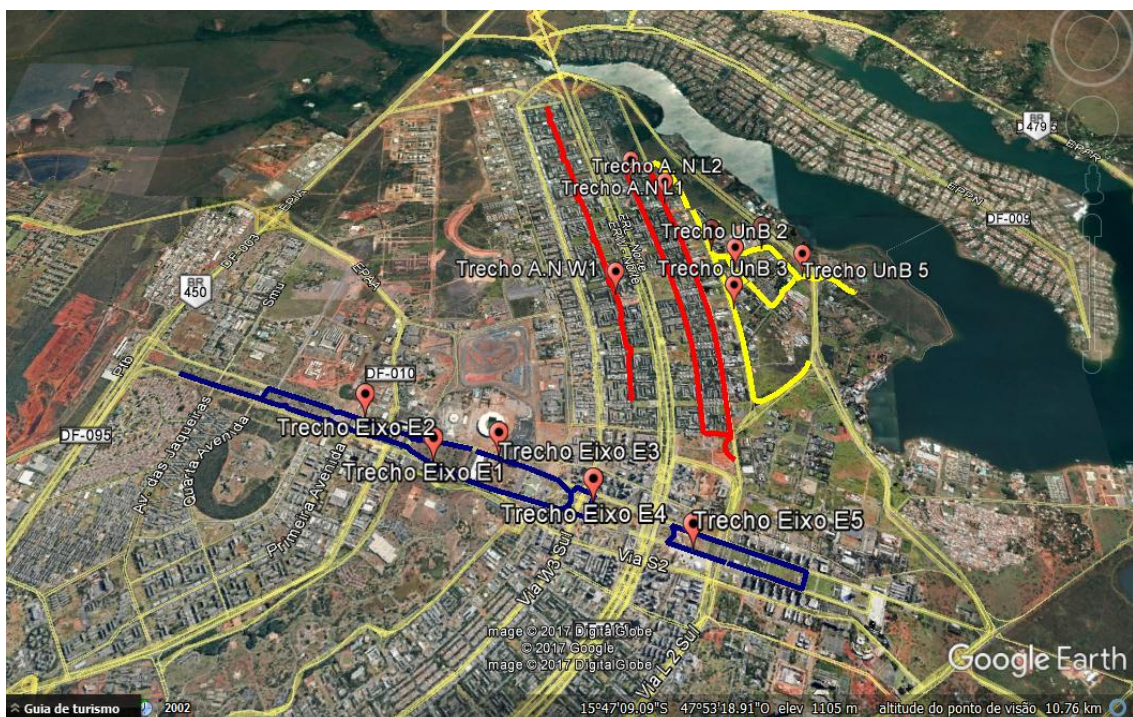


Figura 3.2: Identificação dos trechos das áreas de estudo da malha de pavimentos rígidos de ciclovias, com o mapeamento de seus trechos identificados por cores: AZUL – Eixo Monumental/Esplanada; AMARELO – UnB; VERMELHO – Asa Norte

Trechos que foram inspecionados na área que engloba o Eixo Monumental/Esplanada estão inseridos as ciclovias identificadas como: Trechos Eixo E1; E2; E3; e E4, como também toda ciclovias situada na Esplanada dos Ministérios: Trecho Eixo E5.

Para as cicloviárias da Asa Norte, o primeiro trecho inspecionado foi o A.N L2, que se inicia na Superquadra Norte 412 e se estende até a Superquadra Norte 201. O segundo trecho inspecionado foi o A.N L1, que apresenta a extensão igual ao trecho anteriormente inspecionado, tendo em vista que a disposição das quadras são as mesmas. Para o terceiro trecho inspecionado, o A.N W1, está situado da Superquadra Norte 316 até a Superquadra Norte 303 finalizando a área que compreende a Asa Norte.

A área denominada como UnB, compreende todas as cicloviárias localizadas no Campus da Universidade de Brasília - UnB, que são os trechos UnB 3, UnB 4 e parte do trecho UnB 2 que estão situados paralelamente a via L3 Norte, o trecho UnB 1, está situado dentro do Campus Darcy Ribeiro assim como parte do trecho UnB 2, e por último o trecho UnB 5 é o que liga o Campus até o Centro Olímpico e a Faculdade de Educação Física.

Em relação à localização dos pavimentos inspecionados inicialmente, a tabela 3.1 dispõe das informações necessárias de cada um dos trechos. Também foi utilizada uma imagem de satélite (Figura 3.2) com as devidas demarcações dos trechos de cada pavimento, nomeados de acordo com as áreas de estudo utilizadas.

Tabela 3.1: Informações de cada área de estudo referente a localização, quantidade de trechos e extensão

Área de Estudo	Código	Número de Trechos	Extensão km
Eixo Monumental - AZUL	E1; E2; E3; E4; E.M 5	5	12,93
Asa Norte VERMELHO	A.N L1; A.N L2; A.N W1	3	14,18
UnB - AMARELO	1 UnB; 2 UnB; 3 UnB; 4 UnB; 5 UnB;	5	7,38
		Total Km	34,4

No total, dos trechos referentes ao Campus Darcy Ribeiro da UnB, Eixo Monumental/ Esplanada dos Ministérios e Asa Norte, foram inspecionados 34,4 quilômetros de cicloviárias executadas com pavimento de concreto, o que corresponde a 8,2% de toda a malha de cicloviária do Distrito Federal.

Cabe ressaltar que as inspeções foram realizadas no mês de agosto de 2017. A ordem das áreas de estudos inspecionada foi: Campus Darcy Ribeiro – UnB; Asa Norte, e por fim o Eixo Monumental e Esplanada dos Ministérios.

3.2 Metodologia de Avaliação de Pavimento Rígido de Ciclovias – MAC_{PR}

A proposta da metodologia de avaliação de pavimento rígido de ciclovias surge da necessidade de padronizar procedimentos com finalidade de mensurar a degradação.

Essa metodologia reúne parâmetros necessários para avaliação da degradação de ciclovias, utilizando alguns princípios metodológicos da Metodologia de Mensuração da Degradação - MMD, e do Índice de Condição do Pavimento - ICP, como discutido nos itens 2.9.1 e 2.9.2 respectivamente. Observou-se que essas metodologias aplicadas separadamente deixam de contemplar alguns pontos necessários para a avaliação dos pavimentos rígidos de ciclovias.

3.2.1 Escolha das amostras para pesquisa

Depois de todo procedimento anteriormente citado, escolheu-se as amostras em função da idade de execução de cada pavimento de ciclovia. Também se tomou como parâmetro de escolha a localização de cada um dos trechos, podendo assim fazer uma avaliação de diferentes áreas de estudo.

Para a aplicação da metodologia de avaliação de ciclovia (MAC_{PR}), na Tabela 3.2, serão mostradas as ciclovias utilizadas como amostra neste estudo. Cada amostra é composta pelo conjunto de 20 placas, referente a uma área de 150 m². Uma placa corresponde a uma área quadrada ou retangular delimitada pelo o corte das juntas, assim como ilustrada na Figura 3.3.



Figura 3.3: Ilustração da sequência de placas (1; 2; 3) de uma determinada ciclovia através da separação pelo corte das juntas

Tabela 3.2: Informações de cada área de estudo

Área de Estudo	Amostras	Extensão (km)	Área m ²
Trecho A.N. L2	70	3,81	10.500
Trecho E.M 5	48	2,35	7.200
Trecho UnB 3	53	2,51	7.950



A.N L2

E.M 5

UnB 3

Figura 3.4: Amostras utilizadas para aplicação da metodologia de avaliação de ciclovia - MAC_{PR}

3.2.2 Classificação das manifestações patológicas

O levantamento inicial é o ponto de partida para classificação das manifestações patológicas em pavimentos rígido de ciclovia, como também a possível criação e ampliação do banco de dados com a inserção de novas manifestações patológicas.

É importante frisar que essa etapa nada mais é do que o levantamento das manifestações patológicas existentes, ou seja, quantificação e qualificação nos trechos dos pavimentos rígidos de ciclovias. Como produto dessa etapa, tem-se a classificação das manifestações patológicas, e os graus de severidade referente a cada uma.

O procedimento de quantificação e qualificação é mostrado na Figura 3.4, denominado de mapeamento das manifestações patológicas que foram identificadas durante o levantamento, com o auxílio de um aplicativo gratuito para *smartphone* (Geo Tracker) para a obtenção da localização geográfica de cada amostra das diferentes áreas de estudo, e o posterior mapeamento de acordo com os valores obtidos pelo fator de degradação de ciclovia - FDC. Também foi utilizado como equipamentos a câmera do celular, com resolução de 13 MP (Mega Pixels) para o registro de imagens das manifestações patológicas, uma trena para medição das dimensões das placas, e um fissurômetro para a medição das aberturas das fissuras.



Figura 3.5: Procedimento para mensuração dos defeitos: Régua e fissurômetro para avaliar aberturas de fissuras existentes na superfície do pavimento em concreto de cimento Portland.

Para a classificação e mapeamento das manifestações patológicas durante o levantamento inicial, foi proposto uma divisão das placas por regiões conforme mostrado na Figura 3.6.

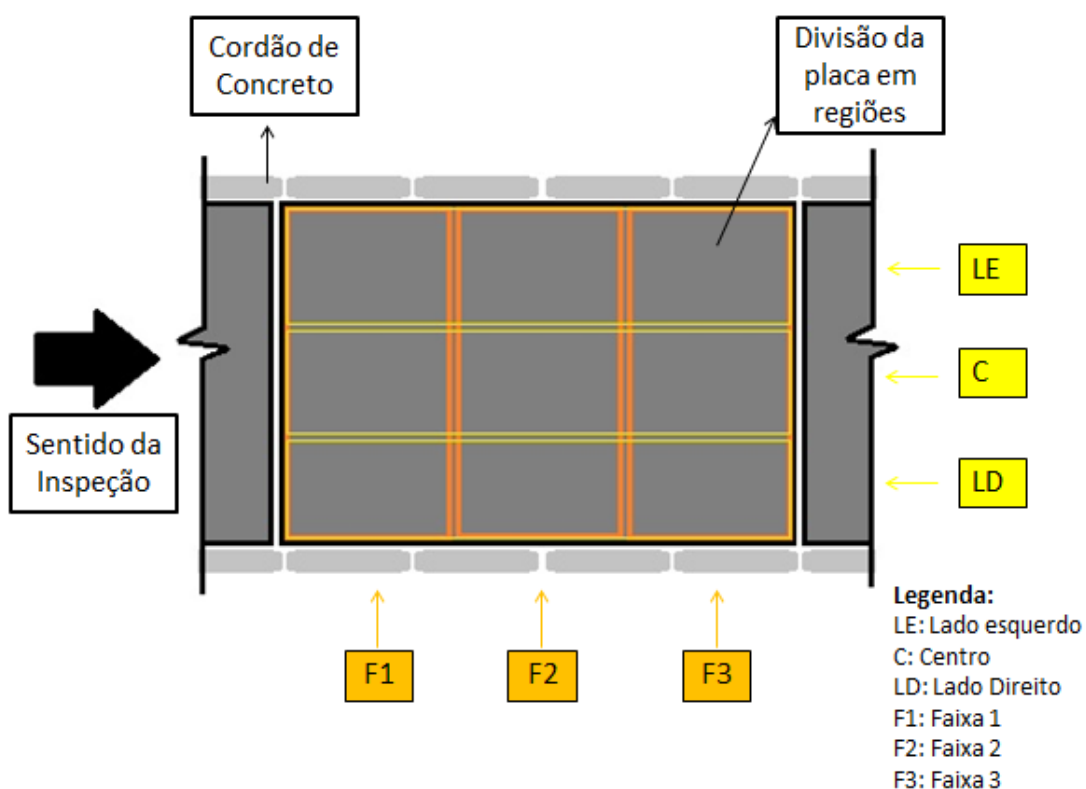


Figura 3.6: Esquema de divisão da placa por regiões para levantamento inicial das manifestações patológicas das ciclovias

Optou-se pela divisão por regiões do conjunto de placas para levantamento inicial das manifestações patológicas das ciclovias para quantificação das manifestações patológicas,

pois ela se adequa a disposição das manifestações patológicas presentes nas placas de forma individual.

As fissuras lineares, que ocorrem de forma transversal, são quantificadas quanto ao seu aparecimento nas faixas (F1; F2; F3); para as fissuras longitudinais, são utilizados os dois lados e o centro do conjunto (LE; C; LD) de acordo como se apresenta tal manifestação patológica. Ainda utilizando os lados e o centro, foram quantificadas as manifestações patológicas que ocorrem de maneira pontual ou em uma área específica da placa, podendo ocorrer em apenas um ou nos três locais da placa, como no caso de machas, desgaste superficial, fissuras por retração plástica ou em caso de placa dividida.

Para as fissuras diagonais, não é possível fazer esse tipo de avaliação por área de incidência, pois a mesma transcorre mais de uma faixa e lados, no entanto esse tipo de fissura fica fora da quantificação por região.

Para as manifestações patológicas que ocorreram em dois lugares distintos, são quantificadas em cada placa afetada individualmente, como por exemplo: uma fissura de canto ocorre tanto no lado esquerdo (LE) como no lado direito (LD).

No caso da ocorrência de duas ou mais manifestações patológicas em um mesmo lado ou faixa, essa também é quantificada conforme o número de ocorrências, para que se tenha o número real de defeitos contidos nas placas. Para o caso das fissuras por retração plástica, essa contagem leva em consideração a sua incidência, e não a contagem de cada uma das fissuras ali presentes, tendo em vista a dificuldade para a quantificação visual correta desse tipo de manifestação na superfície da ciclovia.

Para organização dos dados coletados de cada trecho foi desenvolvida uma planilha de campo, e depois eram transcritos para uma planilha eletrônica (Microsoft Excel 2010) para a devida organização dos dados e plotagem de gráficos para melhor identificação e interpretação dos resultados obtidos.

3.2.2.1 Parâmetros utilizados para criação dos graus de severidade

Neste item são mostrados os valores utilizados para os graus de severidade nos pavimentos rígidos de ciclovia na cidade de Brasília-DF. Esse procedimento é necessário para a posterior classificação da severidade de cada um dos defeitos, e conseqüentemente a inserção dos dados

no momento da aplicação da metodologia proposta. Nas pesquisas feitas em várias plataformas de busca em periódicos não foi encontrado trabalhos que tratassem desse assunto para pavimentos rígidos de ciclovia.

Os graus de severidade utilizados para este trabalho são classificados como Baixo – B; Médio – M e Alto – A, definidos pela influência do dano causado por determinada anomalia nas placas do pavimento rígido de ciclovia. Esses graus são definidos através dos dados levantados nas inspeções em campo, a partir da medição de cada manifestação patológica de acordo com a necessidade de medição peculiar de cada uma delas.

A seguir serão apresentados os parâmetros utilizados para criação dos graus de severidade das diferentes manifestações patológicas:

- Buracos

Para esse defeito foram utilizados três graus de severidade, dispostos na Tabela 3.3:

Baixo, identificado por “B”, para aberturas de diâmetro máximo menor ou igual a 40 mm;

Médio, identificado por “M”, para aberturas de diâmetro máximo maior que 40 mm e menor ou igual a 100 mm;

Alto, identificado por “A”, para aberturas maiores do que 100 mm de diâmetro.

Tabela 3.3: Valores dos graus de severidade para as manifestação patológica denominadas por “Buraco”

Grau de Severidade	Diâmetro (mm)
B	≤ 40
M	>40 e ≤ 100
A	> 100

- Quebra de Canto

Os valores utilizados para a severidade desta manifestação patológica estão na Tabela 3.4 a seguir.

Baixo, identificado por “B”, para profundidade de quebra menor ou igual a 0,5 cm com dimensões dos lados das quebras de 8 cm x 8 cm até 15 cm x 15 cm; maior do que 15 cm x 15 cm, e para profundidade de quebra maior que 0,5 cm e menor ou igual a 1,0 cm com dimensões dos lados das quebras de 8 cm x 8 cm até 15 cm x 15 cm;

Médio, identificado por “M”, para profundidade de quebra maior que 0,5 cm e menor ou igual a 1,0 cm, com dimensões dos lados das quebras maior do que 15 cm x 15 cm, e para profundidade da quebra maior do que 1,0 cm, com dimensões dos lados das quebras de 8 cm x 8 cm até 15 cm x 15 cm;

Alto, identificado por “A”, para profundidade da quebra maior do que 1,0 cm, com dimensões dos lados das quebras maior do que 15 cm x 15 cm.

Tabela 3.4: Valores dos graus de severidade para as manifestação patológica “Quebra de Canto”

Profundidade da Quebra (cm)	Dimensões dos lados da Quebra (cm)	
	8x8 até 15x15	>15x15
≤ 0,5	B	B
> 0,5 e ≤ 1,0	B	M
> 1,0	M	A

- Fissura de Canto

Observou-se que esse tipo de defeito variava o tamanho da sua dimensão na lateral das placas, ou seja, o parâmetro proposto neste trabalho fixou-se dessa forma: A placa foi dividida em três terços (3/3), na medida em que a extensão da manifestação patológica atingia maior dimensão, maior é o valor atribuído ao grau de severidade, tendo em vista que quanto maior o defeito, maior será o efeito danoso para cada placa.

Baixo, identificado por “B”, com o comprimento da fissura até 1/3 da placa;

Médio, identificado por “M”, com o comprimento da fissura até 2/3 da placa;

Alto, identificado por “A”, com o comprimento da fissura até 3/3 da placa.

Tabela 3.5: Valores dos graus de severidade para as manifestação patológica “Fissura de Canto”

Grau de Severidade	Comprimento atingido na placa
B	1/3
M	2/3
A	3/3

- Placa Dividida

Os valores usados para esse defeito foram coletados durante as inspeções nos trechos submetidos à avaliação estão na Tabela 3.6.

Baixo, identificado por “B”, com severidade das fissuras “B” quebras localizadas com 4 ou 5 pedaços, e com severidade da fissura “M” com 4 pedaços;

Médio, identificado por “M”, com severidade das fissuras “B” quebras localizadas com 6 ou mais pedaços; com severidade da fissura “M” com 5 pedaços, e com severidade de fissura “A” até com 4 pedaços;

Alto, identificado por “A”, com severidade da fissura “M” com 6 ou mais pedaços, e com severidade da fissura “A” com 5 ou com 6 ou mais pedaços.

Tabela 3.6: Valores dos graus de severidade para as manifestação patológica “Placa Dividida”

Severidade das fissuras	Número de pedaços em que a placa está dividida		
	Até 4	5	6 ou Mais
B	B	B	M
M	B	M	A
A	M	A	A

- Fissuras Lineares

Para essas manifestações patológicas, os parâmetros utilizados serão:

Baixo (B): Fissuras com menos de 12 mm de abertura;

Médio (M): quando ocorrem fissuras com abertura entre 12 e 30 mm;

Alto (A): quando se observa fissuras com abertura superior a 30 mm, medida na parte superior da placa de concreto.

- Desgaste Superficial

Para essa manifestação patológica não há uma definição de graus de severidade, entretanto o defeito deverá ser anotado na ficha de inspeção.

Neste defeito especificamente se torna bastante difícil diferenciar o que é um desgaste superficial, ou se é um erro de execução das ciclovias, ou se a qualidade do concreto, ou traço, são os indicados para esse tipo de pavimento. Em alguns pontos das diferentes ciclovias que foram inspecionadas, se observa a grande variedade no que se diz a respeito do acabamento final do concreto. Esse procedimento é realizado com uma vassoura com cerdas de piaçava a fim de criar pequenas irregularidades que irão melhorar a aderência durante o tráfego.

- Quebra Localizada

Neste defeito serão utilizados os valores dispostos na tabela 3.7.

Baixo, identificado por “B”, com severidade da fissura “B” com 2 a 3 ou 4 a 5 pedaços em determinada região da placa, e com a severidade da fissura “M” com mais de 2 a 3 pedaços numa determinada região;

Médio, identificado por “M”, com a severidade da fissura “B” com mais de 5 pedaços, com a severidade da fissura “M” de 4 a 5 pedaços em determinada região da placa, e com a severidade da fissura “A” com 2 a 3 pedaços em determinada região da placa;

Alto, identificado por “A”, com severidade da fissura “M” com mais de 5 pedaços em determinada região da placa, e com severidade da fissura “A” com 4 e 5 ou mais do que 5 pedaços em determinada região da placa.

Tabela 3.7: Valores dos graus de severidade para as manifestação patológica “Quebra Localizada”

Severidade das fissuras	Número de pedaços em determinada região da placa		
	2 a 3	4 a 5	Mais que 5
B	B	B	M
M	B	M	A
A	M	A	A

- Fissura de Retração Plástica

Para essa manifestação patológica utiliza-se o grau de severidade “Baixo”, tendo em vista que a influência dela na condição estrutural das placas das ciclovias é muito pequena.

- Esborcinamento de Juntas

Para essa manifestação patológica foram utilizados os valores da Tabela 3.8.

Tabela 3.8: Valores para atribuição de grau de severidade para “Esborcinamento de juntas”.

Partes Esborcinadas	Grau de Severidade	Comprimento do Esborcinamento
Firmes - não podem ser removidas facilmente (podem ter alguns pedaços faltando)	Baixo	< 30 cm
Soltas - podem ser removidas e faltam alguns pedaços	Médio	< 30 cm
Ausentes - Grande parte ou todos os pedaços foram removidos	Alto	< 30 cm

- Defeito na selagem da junta

Nos trechos avaliados, nenhuma das amostras apresentou algum tipo de tratamento de juntas, isso pode ser dar pela falta de padronização de execução das ciclovias, ou pelo simples fato do órgão executor desse pavimento não achar necessário a sua aplicação.

No entanto, quando não há normas que façam o regimento de tal procedimento, é interessante buscar ajuda em outras bibliografias, como por exemplo, manuais técnicos. Por isso, neste trabalho se julga necessário a utilização do tratamento da junta com selante. Segundo Maranhão (2014), o projeto deve prever o tratamento de juntas. Estas devem ser espaçadas a uma distância igual à largura da ciclovia formando placas quadradas. Desta forma, evita-se o empenamento das mesmas acarretando um conforto maior ao usuário do que juntas executadas com espaçamentos maiores.

Admitindo ser necessário o uso de tratamento de juntas, os graus de severidade são:

Baixo (B): o selante apresenta bom estado e desempenho em todo o trecho, com um mínimo de defeitos em áreas localizadas;

Médio (M): o selante apresenta condições razoáveis em todo o trecho, com um ou mais tipos de defeitos ocorrendo em grau moderado;

Alto (A): o selante está em más condições, apresentando um ou mais tipos de defeitos em graus elevados, necessitando de substituição imediata.

3.2.3 Metodologia de Mensuração da Degradação (MMD)

Esse procedimento foi desenvolvido tendo como base a metodologia criada e consolidada nas pesquisas desenvolvidas no Laboratório de Materiais-UnB (LEM) para a mensuração de danos em sistemas construtivos de edificações, no entanto, alguns pontos foram adaptados para nossa proposta de inseri-la no contexto das ciclovias.

Nessa etapa é realizada a quantificação da área degradada (m²) pelas manifestações patológicas, portanto o desenvolvimento dos cálculos posteriores depende de uma coleta eficiente das incidências.

No que diz respeito à quantificação das manifestações patológicas possíveis de ser detectadas nas ciclovias na realização do mapeamento, devido ao fácil acesso a região em estudo

(ciclovias) não é fundamental à utilização de fotos para auxiliar no momento da quantificação, sendo assim, a contagem das manifestações patológicas feitas no momento da detecção durante a inspeção e desenhadas na ficha conforme modelo proposto da malha na área da placa da ciclovia (Figura 3.7 e Apêndice A) utilizado neste trabalho.

O modelo da malha inserida na área da placa para a quantificação da área danificada foi desenhado no programa AutoCad 2016, de acordo com as dimensões das placas das ciclovias, que variam entre as dimensões de 2,50 m x 3,00 m (B) e 2,50 m x 2,50 m (A), (Figura 3.7). Essas dimensões favoreceram a aplicação da metodologia, tendo em vista que essa utiliza uma malha com aberturas de 0,50 m x 0,50 m, resultando em uma área de 0,25 m², medida a qual se encaixa perfeitamente nas dimensões das placas das ciclovias.

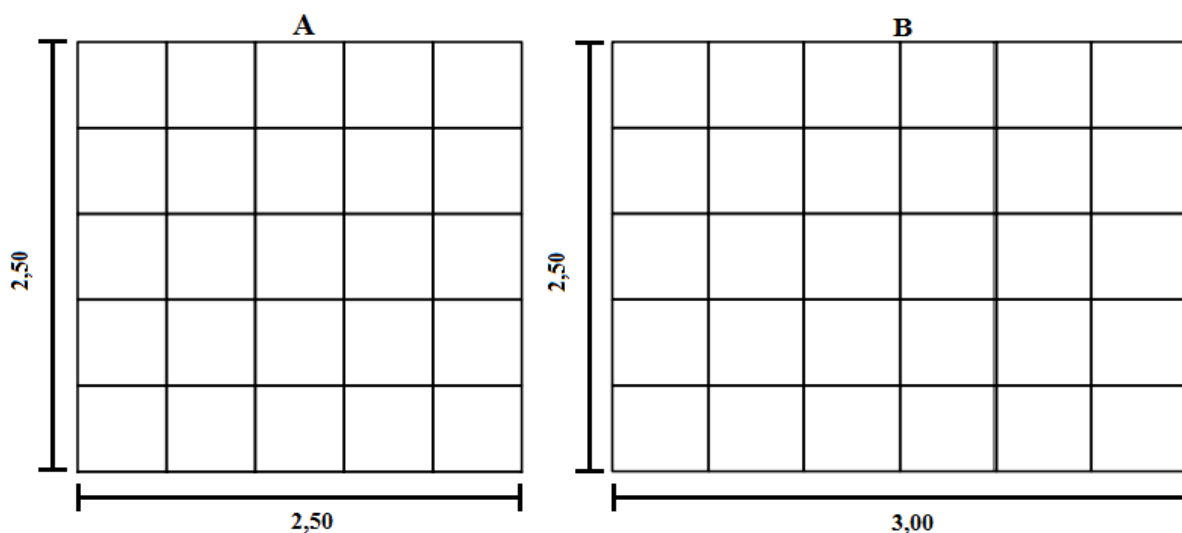


Figura 3.7: Ilustração da sobreposição da malha nas placas com diferentes dimensões, Placa (A) 2,50 m X 2,50 m; Placa (B) 2,50 m X 3,00 m

Na realização do mapeamento, as áreas afetadas (quadrados da malha) são identificadas para a quantificação dos danos com o intuito de mensurar a degradação de cada uma delas através do cálculo do Fator de Danos (FD). As patologias são identificadas de acordo com a cor do desenho feito no modelo de quantificação (mapeamento) para facilitar a diferenciação de cada uma (Figura 3.8).

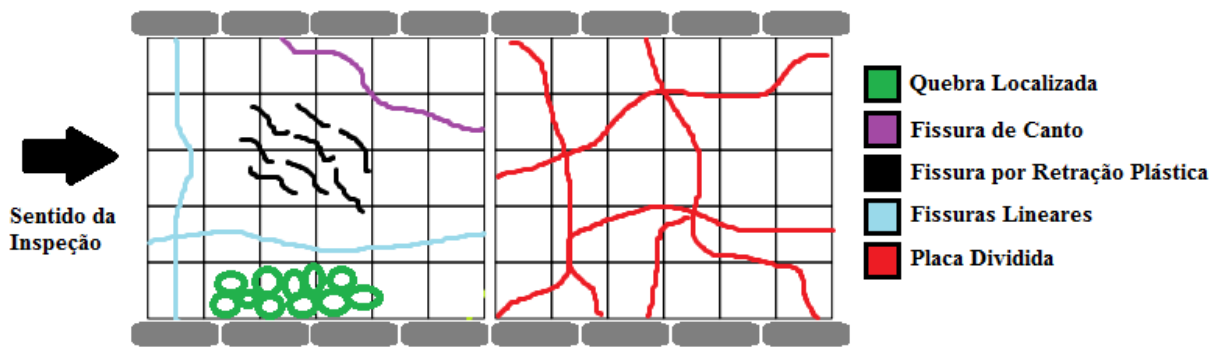


Figura 3.8: Ilustração dos tipos de patologias incidentes sobre a superfície da ciclovias representadas na ficha de mapeamento: Verde Escuro – Quebra Localizada; Verde Claro – Quebra de canto; Preto – Fissura por Retração Plástica; Roxo – Fissura de Canto; Azul – Fissuras Lineares; e Vermelho – Placa Dividida

3.2.4 Fator de Dano (FD)

Após o mapeamento das amostras, são feitas as análises utilizando o Fator de Dano de cada amostra, sendo esse um parâmetro base para os estudos da degradação das ciclovias de pavimento rígido.

Para obtenção dos dados de degradação das ciclovias utilizou-se o fator de danos o que representa a área degradada da ciclovias. Esse procedimento foi feito de maneira idêntica, estando descrito no item 2.3, pois se trata de um procedimento simples e que não foi necessário nenhuma alteração para ser utilizado em pavimentos rígido de ciclovias.

Nesta fase, o fator de danos pode ser usado de duas maneiras distintas, tanto relacionando os valores de forma geral, como também em função das regiões das placas da ciclovias. A primeira forma é o Fator de Danos Total (FD_{total}), esse sendo um parâmetro inicial para o estudo de degradação. Porém são dados limitados, apenas verifica a área afetada pelos danos, onde não são adicionados outros fatores que influenciam diretamente na degradação, como os tipos dos danos (patologias) e a influência que cada um causa individualmente. O fator de danos total (FD_{total}) pode ser calculado conforme a equação 2.3, que é obtido pelo somatório de todos dos FD's de cada manifestação patológica.

3.2.5 Distribuição de Danos (DD)

Finalizando a fase inicial para obtenção dos dados de degradação das ciclovias, fez-se o cálculo da Distribuição de Danos (DD) (equação 2.6), dividindo a área degradada pelo

somatório das áreas degradadas, sendo esse responsável em mostrar as manifestações patológicas mais comuns (%) nas diferentes amostras.

3.2.6 Fator de Danos de Ciclovias – FDC

A fim de obter uma avaliação mais apurada sobre a degradação dos pavimentos rígidos de concreto de ciclovias de Brasília, houve a necessidade de formular um modelo de cálculo que contemplasse as características particulares das ciclovias. Para isso foi necessário realizar a junção de duas metodologias utilizando os parâmetros aplicáveis, para esse modal, do Índice de Condição de Pavimento – ICP (Dnit, 2010), e a Metodologia de Mensuração da Degradação – MMD e Fator Geral de Danos - FGD (Silva, (2014); Santos Júnior, (2016); Souza, (2016)).

Com isso, foram utilizadas etapas fundamentais das metodologias anteriormente citadas, tendo em vista que juntando os parâmetros utilizados em ambas, teria um nível de avaliação mais coerente, na tentativa de abranger e avaliar todos os pontos pertinentes e necessários a esse modal.

Cabe esclarecer que este estudo não tem como objetivo avaliar o desempenho das partes que compõem esse pavimento, e sim, mensurar a sua condição em relação à degradação, com a obtenção de dados classifiquem esses pavimentos, e também classificar os danos e apontar as possíveis causas que levaram a deterioração das ciclovias.

O intuito da utilização dessa metodologia é tentar padronizar a execução das inspeções em pavimentos de concreto de ciclovias, sabendo que para esse modal ainda são vagos todos os tipos de informações tanto de execução, como para as possíveis inspeções para tomadas de decisões futuras ou urgentes.

Vale salientar que os dados dos parâmetros aqui utilizados são característicos das ciclovias existentes em Brasília-DF, e que esses números podem mudar de um local para outro, no entanto, os cálculos que aqui serão propostos, podem ser utilizados em qualquer lugar, desde que haja a correção dos dados, como por exemplo, a severidade das patologias entre outras.

Como anteriormente citado, utilizou-se a combinação de metodologias distintas (ICP, MMD e FGD) para que essa fosse montada. O modelo de cálculo tomado como base para montagem dessa proposta foi o Fator Geral de Danos (FGD), especificamente o FGD_A proposto por Souza (2016), no entanto foram necessárias modificações por essa metodologia não

contemplar características importantes na avaliação da degradação das ciclovias. Com isso, é proposta uma metodologia que contemple todas as condições para avaliar os pavimentos rígidos de ciclovia, que por fim gera o indicador chamado de Fator de Danos de Ciclovia – FDC, onde o modelo de cálculo é apresentado na equação 3.1:

O FDC faz a ponderação de pontos necessários para a avaliação da condição da degradação dos pavimentos rígidos de ciclovia levando em consideração a influência da área degradada (A_d), o nível de condição da área degradada (C_{nA}), quantidade de placas com incidência de manifestações patológicas (C_p), e a severidade de cada manifestação patológica (C_s).

$$FDC = \frac{\sum(A_{d(n)} \times C_{nA} \times C_p \times C_{nS})}{\sum C_{Am\acute{a}x} \times A_t} \quad \text{Equação 3.1}$$

Onde:

$A_d(n)$: área danificada por uma anomalia “n” (m^2);

C_{nA} : constante de ponderação das anomalias “n”, em função do nível de condição, onde $C_n \in \{1,2,3,4\}$;

C_p : Quantidade de placas afetadas em cada amostra (0 – 20);

C_{nS} : somatório das constantes de ponderação da severidade das anomalias detectadas, sendo (1 – Baixo; 3 – Médio, 6 – Alto);

$\sum C_{Am\acute{a}x}$: somatório das constantes de ponderação equivalente ao nível da pior condição, assim como nos trabalhos de Souza (2016), Bordalo et al. (2010), Silva (2009) e Silva et al. (2011a) – então usa-se o valor 19 (4+4+3+4+4) – (Quebra Localizada, Fissura de Canto, Fissura por Retração Plástica, Fissuras Lineares, Placa Dividida).

A_t : Área total da amostra de fachada (m^2).

As modificações feitas na proposta de Souza (2016) são os valores de C_{nA} , que foram obtidos a partir da verificação do mapeamento das amostras (croqui – Apêndice A), para que se tivesse um dado mais preciso possível da que foi visualizada na inspeção. Esses dados foram obtidos pela contabilização da porcentagem de incidência de cada anomalia em uma amostra, como também a severidade de cada anomalia. Esses valores estão dispostos na Tabela 3.9.

Outra mudança ocorreu nos valores de $\sum C_{Am\acute{a}x}$, onde esses foram adaptados para as condições das anomalias aqui estudadas, que parte do somatório das piores condições gerando um valor de 19, diferente do proposto por Souza (2016) sendo esse 17.

O C_p e o C_{nS} são os parâmetros adicionados ao modelo de cálculo da proposta, utilizados da metodologia do ICP do Dnit (2010), sendo essa uma metodologia que mais se assemelha as características das ciclovias. O C_p representa valores referentes à quantidade de placas afetadas em uma amostra, sendo esse um dado importante para a verificação da degradação das ciclovias estudadas. Nota-se a importância da utilização desse número no aspecto em que

quanto mais placas afetadas, existe uma maior tendência de uma amostra (20 placas) apresentar um grau de degradação maior, influenciando no valor de FDC. O grau de severidade da anomalia (CnS) 1; 3; 6, também é parte da proposta da montagem FDC. Optou-se pela utilização desse valor porque foi possível verificar que após utilizar outros valores para o cálculo de FDC, esses apresentavam números muito baixos, o que dá a entender que a condição de dano da ciclovía é baixa, para alguns casos, o que não condizia com o verificado durante a inspeção em campo.

Tabela 3.9: Dados do nível de condição CnA

Nível de Condição	Anomalia	CnA	% Degradada
Melhor Condição - Nível 0	Não há detecção de degradação	0	0
Boa Condição - Nível 1	Quebra Localizada	1	< 4,0 %
	Fissura de Canto		< 3,5 %
	Fissura por Retração Plástica		< 25,0%
	Fissura Linear		< 4,1%
	Placa Dividida		< 4,8%
Degradação Pequena - Nível 2	Quebra Localizada	2	4,0% < x < 9,2%
	Fissura de Canto		3,5% < x < 7,5%
	Fissura por Retração Plástica		25,0% < x < 50,0%
	Fissura Linear		4,1% < x < 9,7%
	Placa Dividida		4,8% < x < 9,0%
Degradação Moderada - Nível 3	Quebra Localizada	3	9,2% < x < 15,0%
	Fissura de Canto		7,5% < x < 10,0%
	Fissura por Retração Plástica		> 50,0%
	Fissura Linear		9,7% < x < 14,0%
	Placa Dividida		9,0% < x < 13,0%
Degradação Generalizada - Nível 4	Quebra Localizada	4	> 15%
	Fissura de Canto		> 10,0%
	Fissura Linear		> 14,0%
	Placa Dividida		>13,0 %

3.2.6.1 Conceituação dos valores de degradação de FDC

O fator de degradação de ciclovía (FDC) gera diferentes valores em função da sua aplicação, variando de acordo com a condição de degradação específica de cada amostra, para que esses valores façam sentido, é necessário fazer uma análise a fim de conceituar cada valor que foi obtido como resultado desse fator.

Esse estudo é feito a partir da utilização do valor de cada amostra, e paralelamente, faz-se a consulta na ficha de mapeamento obtida na inspeção, para que seja relacionado o resultado de FDC com a área danificada da amostra e a severidade das anomalias ali incidentes.

Não foi identificada a necessidade de um estudo piloto para classificação dos valores obtidos, pois nos resultados obtidos houve resultados com amostras com as piores condições possíveis (Péssimo), como também amostras com baixa incidência ou até nenhuma incidência de anomalias (Excelente), o que proporcionou a criação dos conceitos com base nesses dados, não necessitando de uma simulação.

Para tanto, é importante frisar, que em trabalhos que não se tenha esse intervalo entre destruído e excelente, é necessário simular as melhores e piores condições para a criação dos conceitos.

Os conceitos que foram utilizados para FDC são mostrados na Tabela 3.10. A conceituação vem do ICP (Tabela 2.2), no entanto, viu-se a necessidade de uma diminuição na quantidade desses conceitos, usando apenas: (Péssimo; Ruim; Razoável; Bom e Excelente).

Tabela 3.10: Conceitos de FDC utilizados neste estudo

	FDC
5 - Excelente	0,00 - 0,06
4 - Bom	0,07 - 0,45
3 - Razoável	0,46 - 1,29
2 - Ruim	1,30 - 3,49
1 - Péssimo	> 3,49

Os conceitos utilizados para classificação da degradação das amostras em estudo levam em consideração a condição da estrutura dos pavimentos rígidos de ciclovia (placas), e não a condição de tráfego na ciclovia. Esse parâmetro foi utilizado porque foi observado que mesmo com uma grande densidade de incidência de manifestações patológicas ainda é possível o tráfego com bicicletas. Ressaltando que esse trabalho trata da condição de degradação dos pavimentos rígidos de ciclovia.

3.3 Tratamento dos dados

Como é o objetivo deste trabalho fazer levantamento dos dados, verificar e avaliar a degradação dos pavimentos rígidos de concreto de ciclovia através da aplicação de uma

metodologia que fosse dotada de todos os parâmetros que influenciam para a deterioração de forma mais ou menos agressiva.

As amostras foram avaliadas de acordo com as áreas em que as cicloviadas foram executadas, como também, pode ser analisada a influência idade de cada uma delas, tendo em vista que foram executadas em datas diferentes, não sendo idades muito distantes, porém foi possível detectar algumas peculiaridades em função disto.

Tendo em mãos os resultados da aplicação da metodologia proposta, podem-se inferir informações importantes na tomada de decisões no que tange ao planejamento, execução e manutenção das cicloviadas estudadas.

Por fim propõem-se uma análise estatística básica (ANOVA) dos dados referente aos resultados obtidos pela metodologia de avaliação dos pavimentos de concreto de ciclovia com a intenção de verificar a confiabilidade dos dados referentes às áreas estudadas, e consequentemente saber se as amostras são significativas ou não.

4 RESULTADOS E ANÁLISES

Neste capítulo serão apresentados os dados referentes a todas as etapas que compõem esse trabalho, levantamento de dados; análise documental; aplicação metodologia de avaliação de ciclovias, com o intuito de fazer um diagnóstico geral da condição da degradação das ciclovias situadas em Brasília-DF.

4.1 Aplicação da Metodologia de Avaliação de Ciclovias

Neste item serão apresentados os resultados do levantamento quantitativo e classificação; catalogação das manifestações patológicas; e da aplicação da metodologia de avaliação de ciclovias - MAC_{PR} , que é composta pelas etapas: 1ª - MMD; 2ª - FD_{total} e por fim 3ª - FDC nos pavimentos rígidos de ciclovias em estudo.

4.1.1 Levantamento quantitativo e classificação das Anomalias

Nesse levantamento inicial buscou-se inspecionar o maior número de ciclovias executadas em pavimento rígido de ciclovias, tendo como principal objetivo observar a quantidade e tipos de manifestações patológicas existentes nos diferentes trechos que foram analisados. A quantificação e qualificação inicial é uma fase essencial para esse estudo, tendo em vista que não foi encontrado nas bases de pesquisa analisadas nenhum tipo de inspeção específica para ciclovias, e nem a catalogação dos defeitos incidentes para este tipo de pavimento.

A seguir serão apresentados os gráficos com os resultados obtidos no levantamento inicial e informações de cada trecho estudado.

Vale apenas ressaltar que essa etapa tem como objetivo apenas o levantamento das manifestações patológicas, para posteriormente definir os graus de severidade de cada defeito encontrado. Portanto, o mapeamento (Figura 3.6) é utilizado apenas para nessa situação.

Os resultados mostrados nas figuras a seguir, são indicados por meio das abreviações das manifestações patológicas relacionadas a seguir: FT – Fissura Transversal; FL Fissura Longitudinal; FD – Fissura Diagonal; FC – Fissura de Canto; FRP – Fissura por Retração Plástica; QL – Quebra Localizada; QC – Quebra de Canto; ESB – Esborcinamento; MAN – Manchas; AP – Alçamento de Placas; BU – Buracos; DS – Desgaste Superficial; PD – Placa Dividida.

- Trecho 1 UnB

Esse trecho tem 2170 metros de extensão, circundando os prédios da reitoria, Biblioteca, e os ICC's Norte e Sul. O somatório das manifestações patológicas encontradas neste trecho contabiliza 178 incidências. A manifestação patológica com maior incidência foi a Fissura Transversal (100 vezes), obtendo uma grande diferença em relação às outras apresentadas, como Quebra localizada (17); manchas (13), fissura por retração plástica (11) e fissura longitudinal (13) completando a lista dos maiores eventos.

Em relação a localização das manifestações patológicas, as únicas que apresentaram uma diferença visível foram as fissuras transversais, que apresentam maior incidência nas faixas 2, ou seja, na parte central da placa com 45, e menor quantidade de incidências na faixa 1, primeira faixa da placa com 20. A outra diferença não tão grande como a anterior é a fissura longitudinal com maior presença no Lado Direito da placa (9).

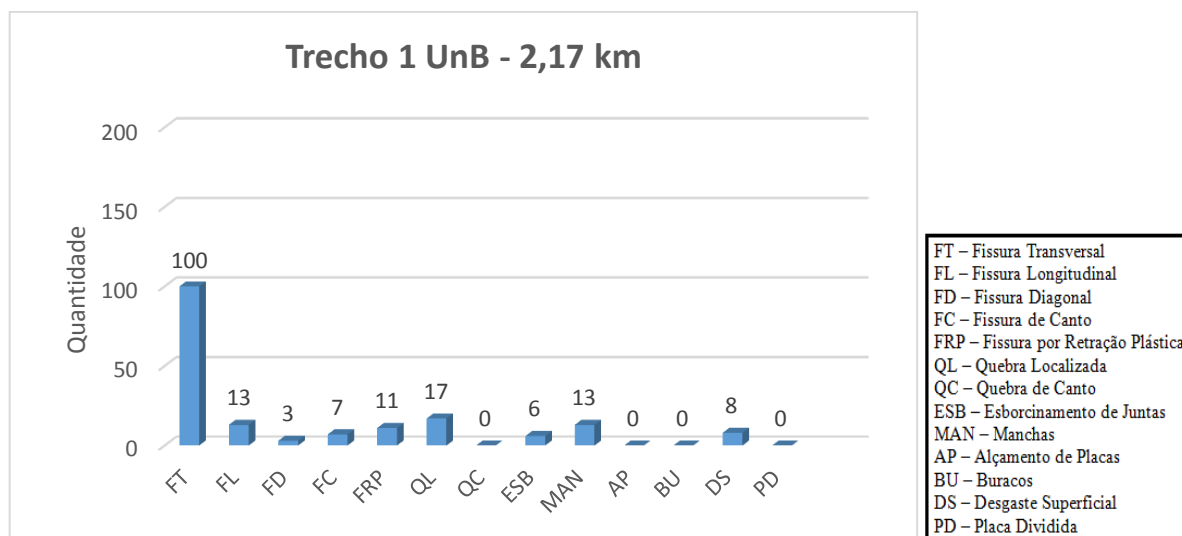


Figura 4.1: Quantitativo das manifestações patológicas no trecho 1 UnB com extensão de 2,17 km



Figura 4.2: Representação da extensão do trecho 1 UnB – 2,17 km

- Trecho 2 UnB

O trecho 2 possui 1270 metros de extensão, estando localizado com início e término em frente ao restaurante universitário, o qual percorre o perímetro que envolve a faculdade de tecnologia FT. Neste caso, as fissuras longitudinais apareceram maior número, com 37 incidências, alcançando um valor muito maior em relação as outras manifestações patológicas encontradas. As fissuras transversais com 15, fissuras diagonais com 6.

As fissuras longitudinais tiveram sua maior incidência no Lado Esquerdo (31) e nenhuma do Lado Direito das placas. Esse número muito maior em relação aos outros pode ser explicado pelo transito de transporte pesados (caminhões, etc) a caminho da obra do Laboratório de Graduação da Engenharia Florestal - UnB, situada do lado esquerdo da ciclovia. Outro fator agravante pode ter sido a movimentação de terra, escavação durante o processo de construção do prédio.

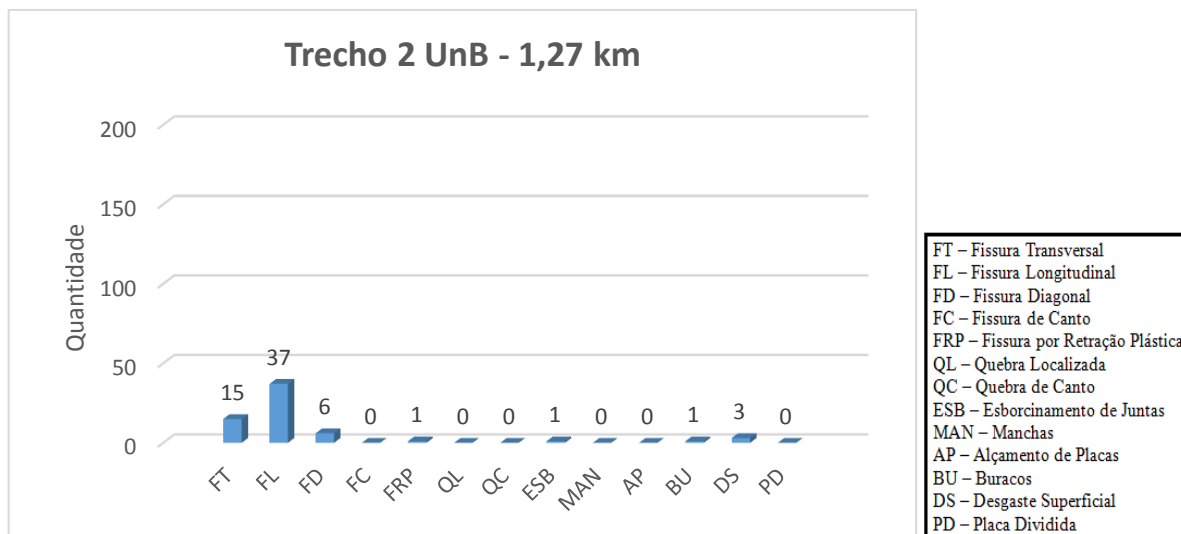


Figura 4.3: Quantitativo das manifestações patológicas no trecho 2 UnB com extensão de 1,27 km



Figura 4.4: Representação da extensão do trecho 2 UnB – 1,27km

- Trecho 3 UnB

O trecho 3 é o maior da área total compreendida como UnB. Essa ciclovia apresenta 2470 metros, tem início ao lado do prédio de Sismologia da UnB, via L3, e se dá até a via L4, quando termina a malha de ciclovia de concreto e se inicia outra com pavimento flexível. Como um valor total, esse trecho contabiliza 185 incidências de manifestação patológicas. Para esse trecho as fissuras transversais obtiveram maior número de incidência (110), seguida de fissuras por retração plástica (31), fissura de canto (13) e fissura longitudinal (8), Desgaste superficial (9), manchas (4) e quebra localizada (7).

As fissuras transversais surgiram em maior número na faixa 2 (centro da placa) 50 vezes, na faixa 1 (40 vezes) e na faixa 3 (20 vezes). As fissuras de retração plásticas ocorreram quase na mesma quantidade nos três lados (LD -9; LE – 11 e C – 11).

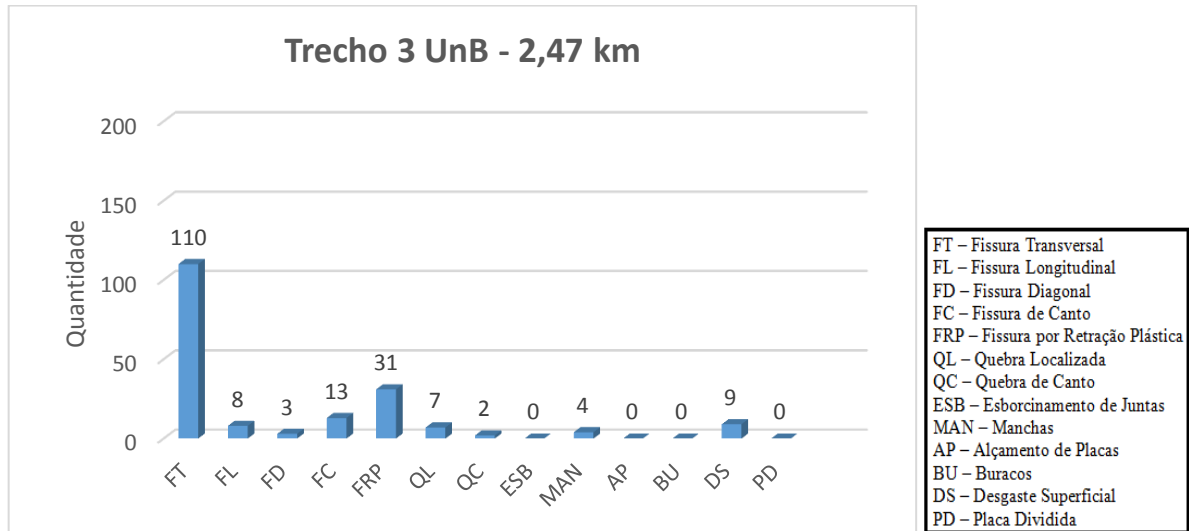


Figura 4.5: Quantitativo das manifestações patológicas no trecho 3 UnB com extensão de 2,47 km

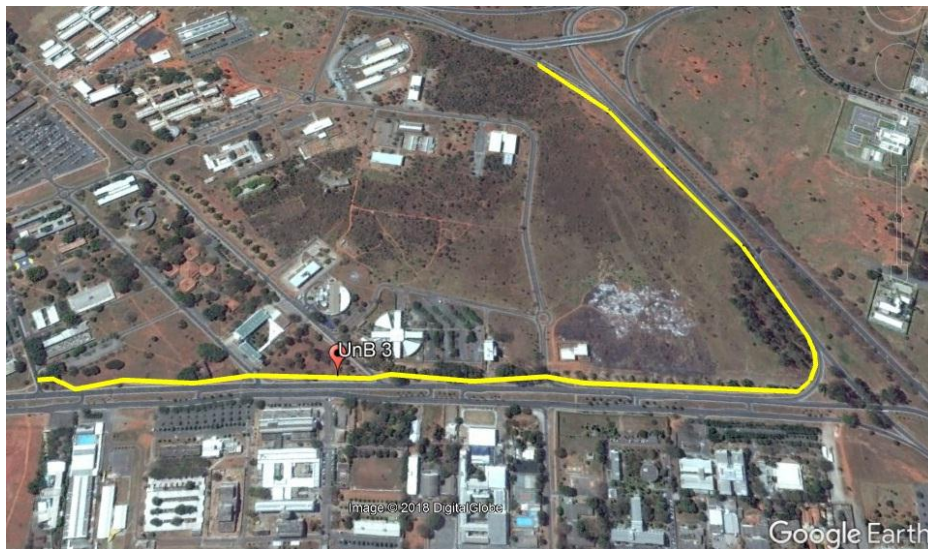


Figura 4.6: Representação da extensão do trecho 3 UnB – 2,47 km

- Trecho 4 UnB

O trecho 4 tem a extensão de 1810 metros, e se inicia no posto UnB e segue até o fim da colina. Esse trecho contabilizou um total de 187 incidências. A manifestação patológica com maior quantidade foi a fissura transversal com 11 vezes, acompanhada por Fissura de canto (10).

Para a localização das fissuras transversais, a sua maior presença se deu na faixa 2, com 5 vezes, faixa 1 com 18 vezes e faixa 3 com 7 vezes. Para a quebra localizada e fissura de canto apresentaram valores maiores de incidência no lado direito, com 4 e 13 respectivamente, percebendo que a maioria das manifestações patológicas aconteceu no lado direito das placas.

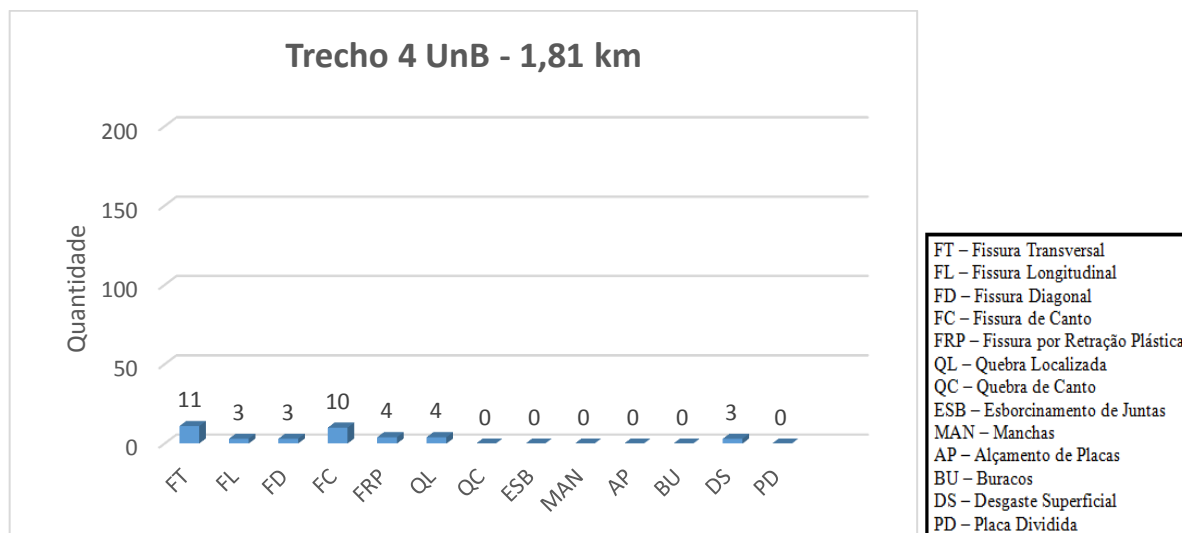


Figura 4.7: Quantitativo das manifestações patológicas no trecho 4 UnB com extensão de 1,81 km



Figura 4.8: Representação da extensão do trecho 4 UnB – 1,81 km

- Trecho 5 UnB

O trecho 5 é o que dá acesso ao centro olímpico da UnB, possui 660 metros de extensão. Esse é o menor trecho inspecionado de todos deste trabalho, porém é um trecho que apresenta uma grande densidade de incidência de manifestações patológicas. Novamente as fissuras transversais são as mais recorrentes, assim como nesse trecho, apresentando 100 surgimentos,

uma quantidade muito maior do que as outras ali existentes, como: fissura longitudinal (13), Fissura de canto (7), Fissura Diagonal (3), Quebra Localizada (17), fissura por retração plástica (13), esborcinamento (6) e desgaste superficial (8).

As localizações das fissuras transversais ocorreram em maior quantidade na faixa 2, com 45 vezes, na faixa 1 - 21 vezes, e faixa 3 – 34 vezes. Para as fissuras longitudinais o lado direito apresentou 9 incidências, já no centro e no lado esquerdo apresentou 2 surgimentos.

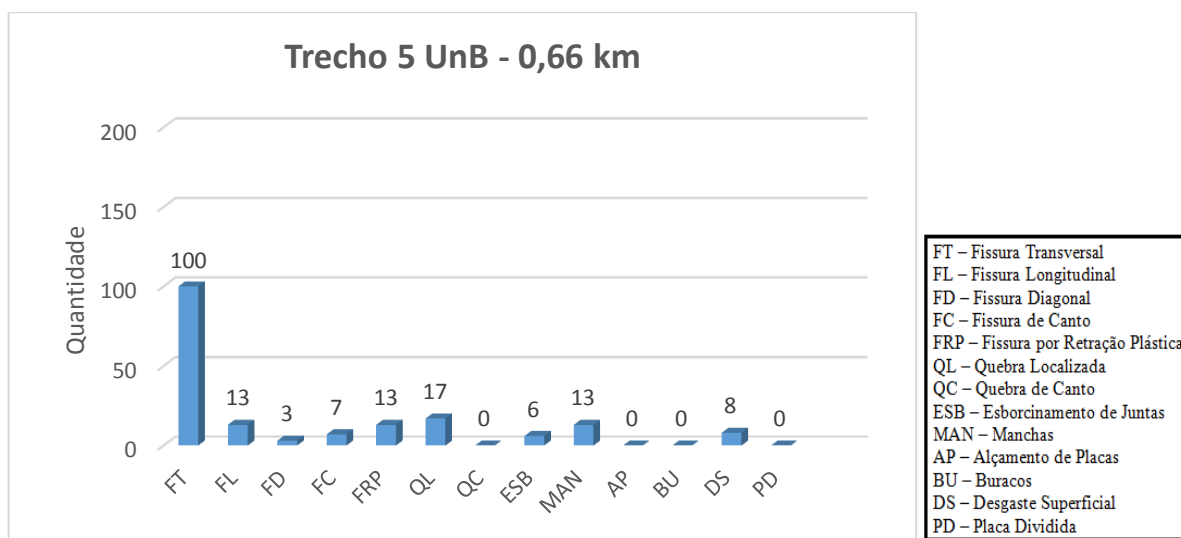


Figura 4.9: Quantitativo das manifestações patológicas no trecho 5 UnB com extensão de 0,66 km



Figura 4.10: Representação da extensão do trecho 5 UnB – 0,66 km

Como quantitativo de todos os trechos que compõem a área UnB, 799 incidências foram detectadas na inspeção. Junto a esses dados pode-se listar as manifestações patológicas com maior incidência nessa área, as Fissuras transversais com 423 incidências; Fissura

Longitudinal com 81 incidências; Quebra Localizada com 65 incidências; Fissura por Retração Plástica com 60 incidências; Fissura de canto com 45 incidências, essas como as de maior densidade nos trechos.

Com relação as incidências nas diferentes localizações das placas das manifestações patológicas com maior quantidade nesses trechos pode-se dizer que: As fissuras transversais ocorrem em maior quantidade no centro da placa (faixa 2 – 44%), as fissuras longitudinais no lado esquerdo (52%). Já para Fissura de canto, Fissura de retração Plástica e Quebra Localizada, os valores são muito próximos não apresentando grandes diferenças.

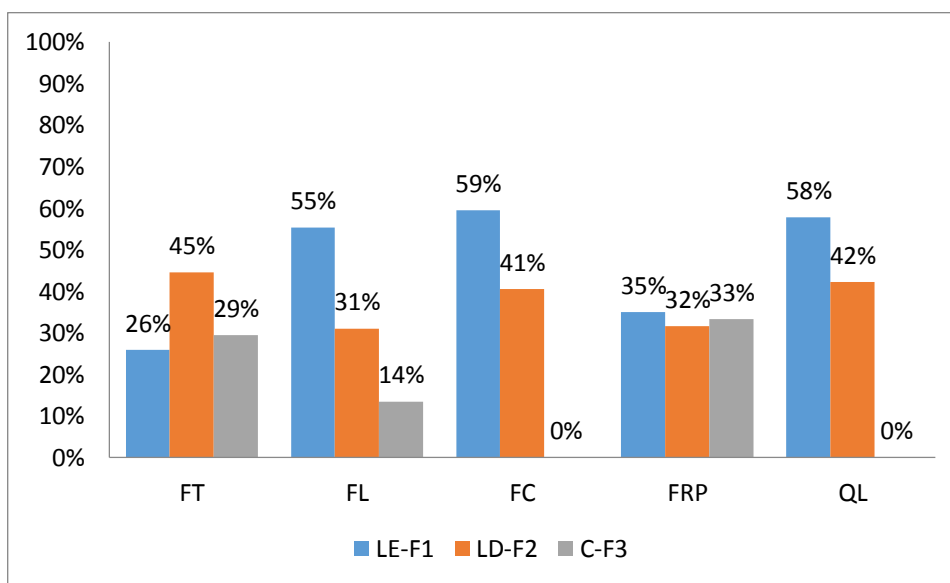


Figura 4.11: Porcentagem da Incidência das manifestações patológicas nas diferentes localizações das placas, Trechos UnB

- Trecho A.N. L2

Esse trecho possui 4180 metros de extensão, e compreende toda a extensão da via L2 Norte. Contabilizando o total de incidência de manifestações patológicas nesse trecho, chegou-se a 167. Aparecendo como o maior surgimento, as Fissuras de Canto surgiram 47 vezes, seguida por Fissuras Diagonais 29 vezes, Fissura por Retração plástica com 21 vezes, Desgaste Superficial também com 2, fissura transversal com 11, fissura longitudinal com 13, quebra localizada com 7, esborcinamento com 3, machas 10 e placa dividida com 5.

Para as localizações das fissuras de canto, a maior parte delas aconteceu no lado esquerdo das placas, assim também como o desgaste superficial com 11. As outras manifestações patológicas não apresentaram grandes diferenças nas localizações.

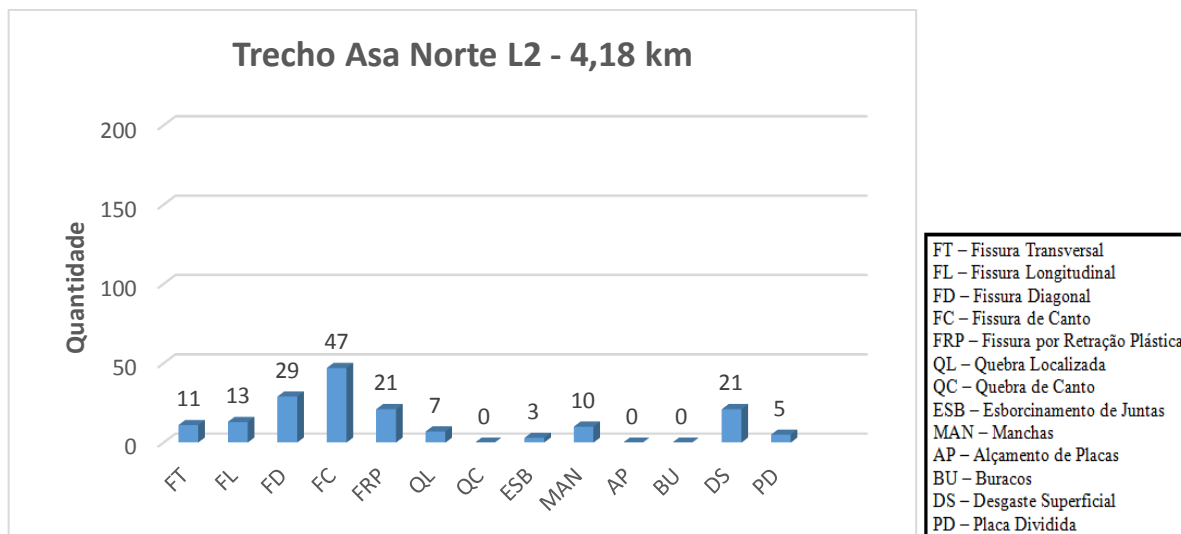


Figura 4.12: Quantitativo das manifestações patológicas no trecho A.N L2 com extensão de 4,18 km



Figura 4.13: Representação da extensão do trecho A.N L2 – 4,18 km

- Trecho A.N. L1

Neste trecho, a malha de ciclovia possui 4020 metros de extensão, assim como o trecho anterior, corresponde ao trecho inteiro da via L1 Norte. O total de manifestações patológicas visualizadas neste trecho representa 160 vezes. Para este caso, o defeito com maior incidência foram as fissuras de retração plástica, contabilizando um total de 26 vezes, em seguida vem as fissuras de canto com 24 vezes, depois as quebras localizadas com 19 e as fissuras longitudinais com 18 vezes. As outras aparecem com uma menor densidade, no caso das fissuras transversais com 18, fissuras diagonais com 14, quebras localizadas com 19, esborcinamento com 6, manchas com 15, alçamento de placas com 2 e placas divididas com 16 vezes.

As localizações para as manifestações patológicas localizadas não apresentaram grandes diferenças, mostrou valores muito parecidos para as incidências nas diferentes regiões da placa.

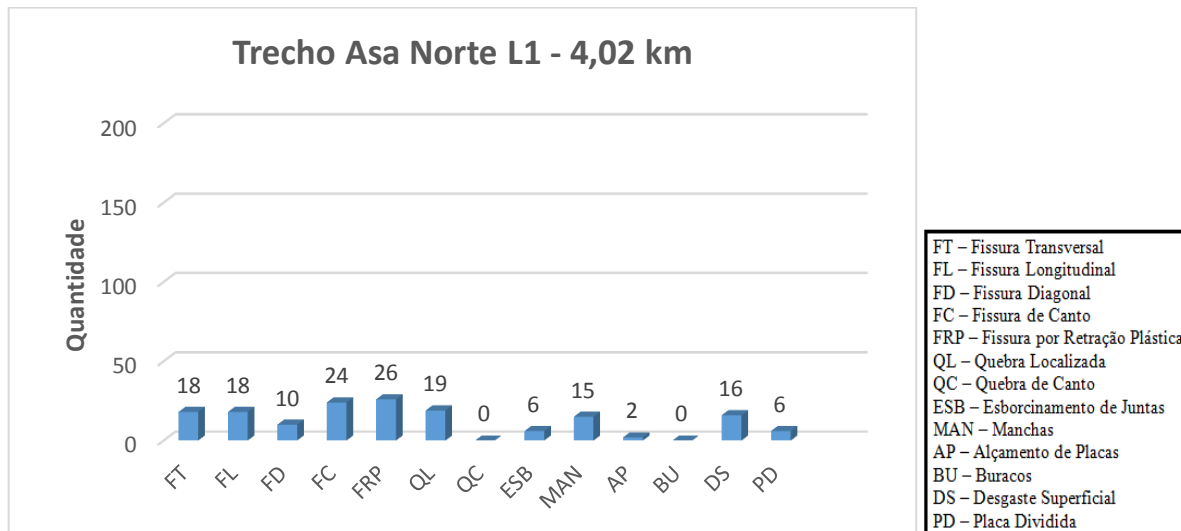


Figura 4.14: Quantitativo das manifestações patológicas no trecho A.N L1 com extensão de 4,02 km



Figura 4.15: Representação da extensão do trecho A.N L1 – 4,02 km

- Trecho A.N W1

O trecho foi o último vistoriado da área da Asa Norte, possui extensão de 5000 metros que corresponde a toda via W1 Norte. O somatório do trecho obteve 68 de incidências das fissuras transversais com maior densidade em todo o trecho, o que foi deferente dos outros dois trechos da Asa Norte. As outras incidências mais significativas foram as fissuras de canto com 27 vezes, fissura longitudinal com 18, quebra localizadas com 15, desgaste superficial com 12, e por fim as placas divididas com 3 vezes.

Para a contabilização das incidências nas diferentes localizações das placas, os valores não diferiram tanto. As fissuras transversais obtiveram: faixa 1 – 18, faixa 2 – 28 e faixa 3 – 22. As fissuras de canto tiveram o somatório de 15 vezes para o Lado Esquerdo e 12 vezes para o lado Direito. As outras não apresentaram grandes diferenças no quantitativo.

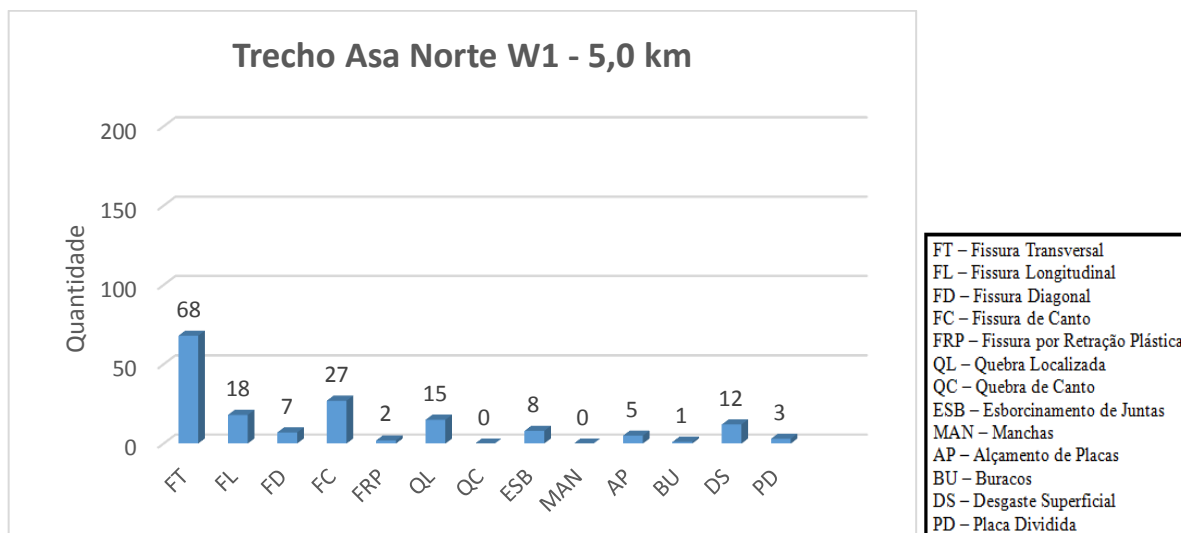


Figura 4.16: Quantitativo das manifestações patológicas no trecho A.N W1 com extensão de 5,0 km

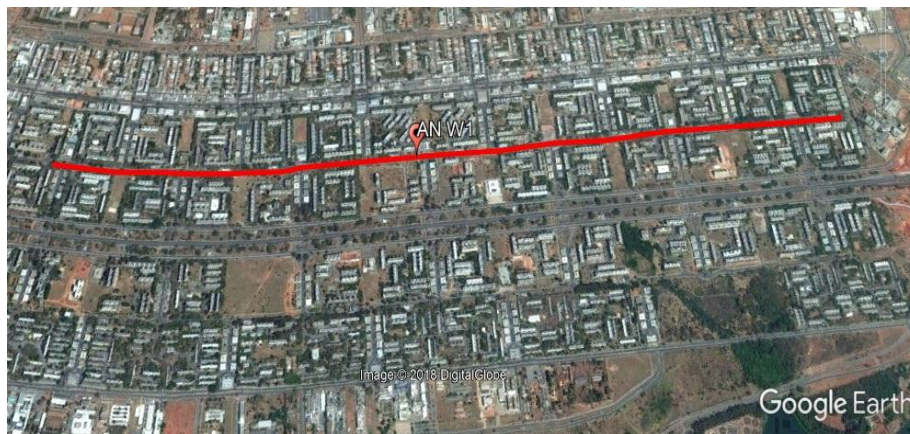


Figura 4.17: Representação da extensão do trecho A.N W1 – 5,0 km

Tendo o resultado do somatório de todos os trechos dessa área foram detectadas 780 incidências dos vários tipos de manifestações patológicas nas ciclovias. Separando de forma individual, ou seja, os somatórios de cada um têm: Fissura de canto com 204 incidências, fissura transversal com 97, fissura longitudinal com 91, desgaste superficial com 111, placas divididas com 32 e fissuras por retração plástica com 71 vezes, essas sendo as de maiores densidades.

No que diz respeito a quantidades das incidências das manifestações patológicas nas diferentes localizações das placas pode-se afirmar que para as fissuras transversais, fissuras por retração plástica e quebra localizada ocorrem em maior número no lado direito das placas. Diferentemente as fissuras longitudinais apresentam mais ocorrência no lado esquerdo das placas. No entanto os valores não demonstram uma diferença muito grande de uma patologia para outra.

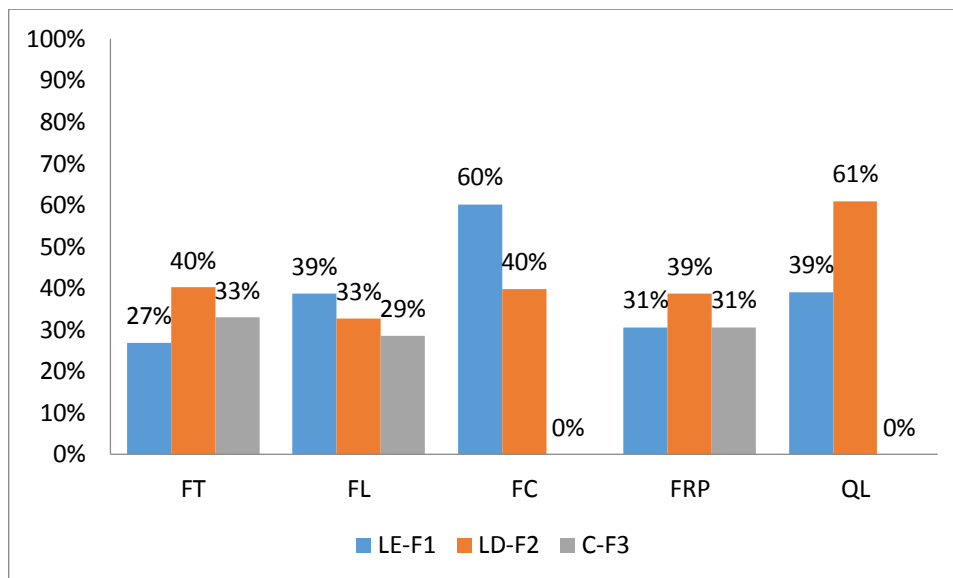


Figura 4.18: Porcentagem da Incidência das manifestações patológicas nas diferentes localizações das placas, Trechos Asa Norte

- Trecho Eixo 1

Esse trecho possui 3840 metros de extensão, está situado ao lado esquerdo do Centro de Convenções Ulisses Guimarães. Esse trecho possui na data de inspeção um total de 167 incidências de manifestações patológicas, tendo como a maior quantidade as fissuras longitudinais, com 39 vezes; fissuras de canto com 34; fissuras por retração plástica 31, fissura transversal com 12; e desgaste superficial com 13 vezes, essas sendo os valores maiores.

As fissuras longitudinais tiveram maior incidência no C (centro da placa 22%) e no LE (13%), as fissuras de canto (LE – 14; LD – 18), e as fissuras por retração plástica apareceram em maior quantidade nos lados (LE – 18; LD – 11).

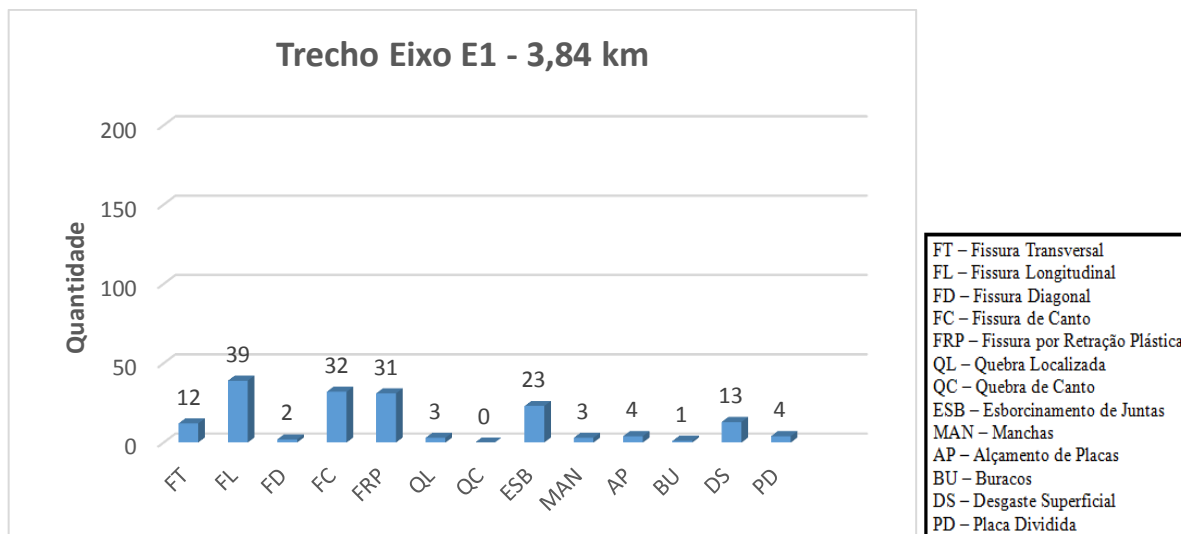


Figura 4.19: Quantitativo das manifestações patológicas no trecho E1 com extensão de 3,84 km



Figura 4.20: Representação da extensão do trecho Eixo 1 – 3,84 km

- Trecho Eixo 2

O trecho 2 está situado no lado contrário ao trecho 1, possuindo 2980 metros de extensão. Foi esse que apresentou menor incidência em relação aos outros quatro dessa área (Eixo Monumental/Esplanada dos Ministérios). Com um total de 67 incidências, as manifestações patológicas que surgiram com mais frequência são: Fissura de canto (28); Fissuras transversais (16); fissuras longitudinais (11) e quebras localizadas (4).

As fissuras de canto não apresentaram valores muito diferentes para as incidências nos lados das placas (LE – 16; LD – 12), para as fissuras transversais da mesma forma (LE -7; LD – 7 e C - 2), e as fissuras longitudinais (LE – 4; LD – 5 e C – 2), e finalmente quebra localizada (LE – 3; LD – 1).

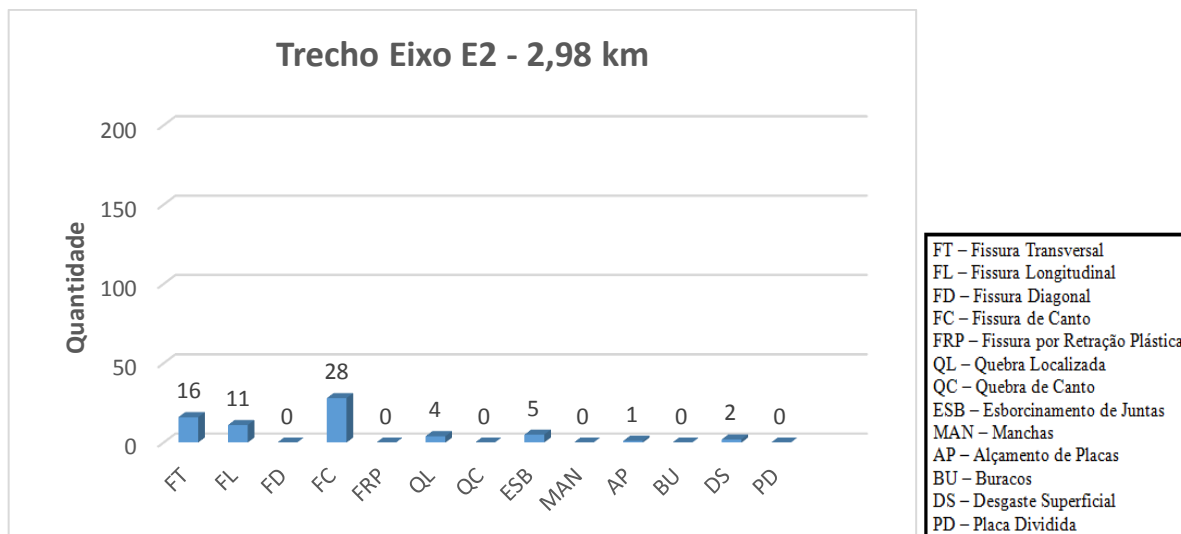


Figura 4.21: Quantitativo das manifestações patológicas no trecho E2 com extensão de 2,98 km



Figura 4.22: Representação da extensão do trecho Eixo 2 – 2,98 km

- Trecho Eixo 3

Esse trecho fica localizado paralelamente à via que dá acesso ao Estádio Nacional de Brasília, possuindo 2460 metros de extensão. O terceiro trecho apresentou 85 incidências de manifestações patológicas, sendo as mais encontradas: Fissura de canto (46), Fissura Transversal (13), fissura por retração plástica (12), e desgaste superficial.

Se tratando das localizações das manifestações patológicas, para as fissuras de canto se contabilizou (LE – 22; LD - 24), as fissuras transversais (F2* - 8; F3* - 5), as quebras localizadas (LE – 5;LD – 7) e o desgaste superficial (LE – 2;LD – 3; C – 3).

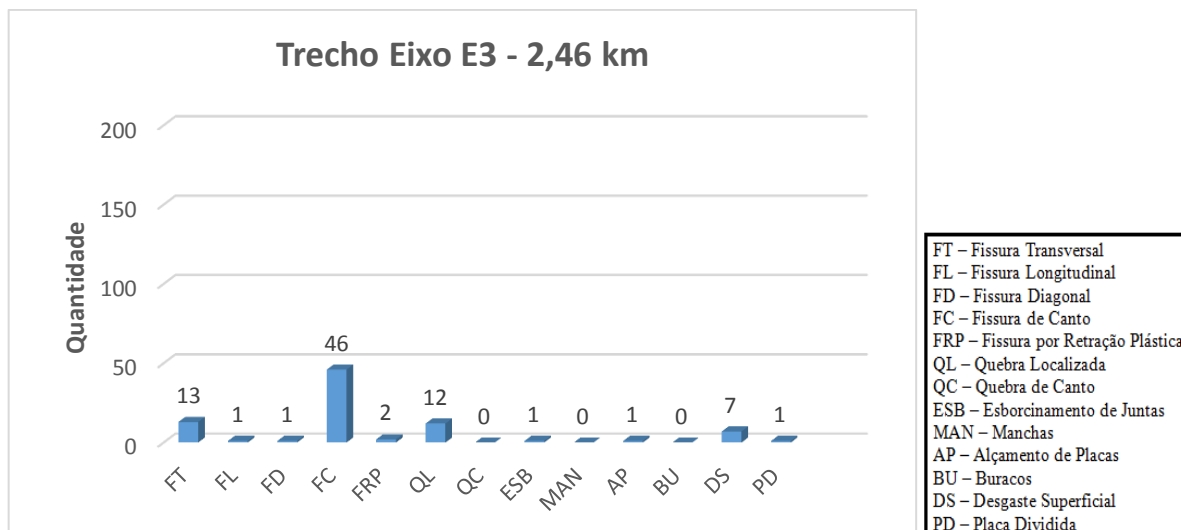


Figura 4.23: Quantitativo das manifestações patológicas no trecho E3 com extensão de 2,46 km



Figura 4.24: Representação da extensão do trecho Eixo 3 – 2,46 km

- Trecho Eixo 4

Esse trecho se situa no sentido contrário do trecho Eixo 3, estando paralelo a via de acesso à o parque da Cidade Sarah Kubitschek, possuindo 1070 metros de extensão. Como somatório de todas as manifestações patológicas em seu trecho obteve-se o valor de 69 incidências. As patologias com maiores acontecimentos foram: Fissuras transversais (19), Fissura de canto (13), Quebra Localizada (12) e Esbrocinamento (10).

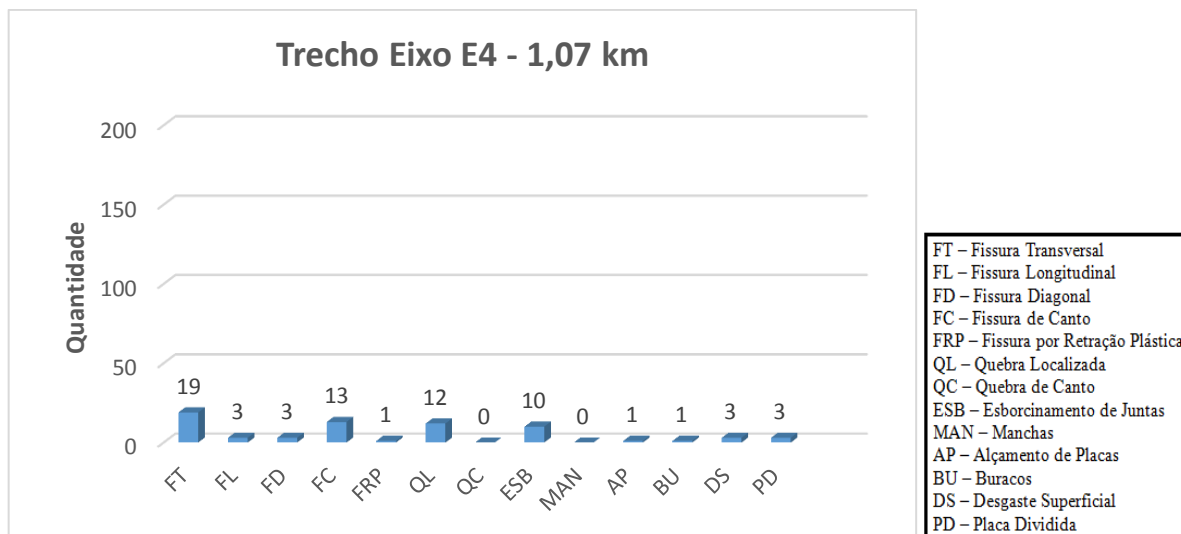


Figura 4.25: Quantitativo das manifestações patológicas no trecho E4 com extensão de 1,07 km



Figura 4.26: Representação da extensão do trecho Eixo 4 – 1,07 km

- Trecho Eixo E5

O trecho 5 está localizado no canteiro central da Esplanada dos Ministérios, fazendo a ligação com o terminal rodoviário do plano piloto, e possui 2940 metros de extensão. Como pode ser visualizado na Figura 4.26, esse trecho é portador da densidade de manifestações patológicas tanto dos trechos da área do Eixo Monumental/Esplanada dos Ministérios, como de todos os trechos pesquisados neste trabalho.

Em valores, esse trecho acumula um total de 453 incidências, sendo essas as que têm um maior potencial de degradação das placas. As que contabilizam maior densidade são: Fissura de canto com (191), Quebra Localizada (118), Fissura Longitudinal (104) e Placas

Degradadas (30). Em posse desses valores, pode-se previamente estimar a condição desse pavimento até mesmo sem a aplicação de nenhum método de inspeção, fato que é visualizado pela quantidade das patologias, como dos tipos que se manifestam em maior número nesse trecho.

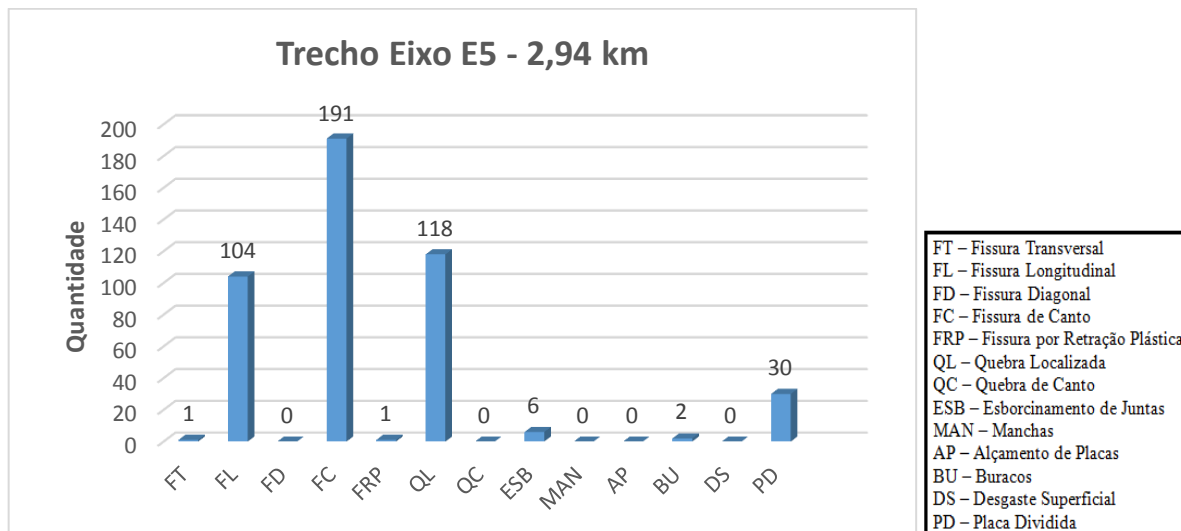


Figura 4.27: Quantitativo das manifestações patológicas no trecho E5 com extensão de 2,94 km

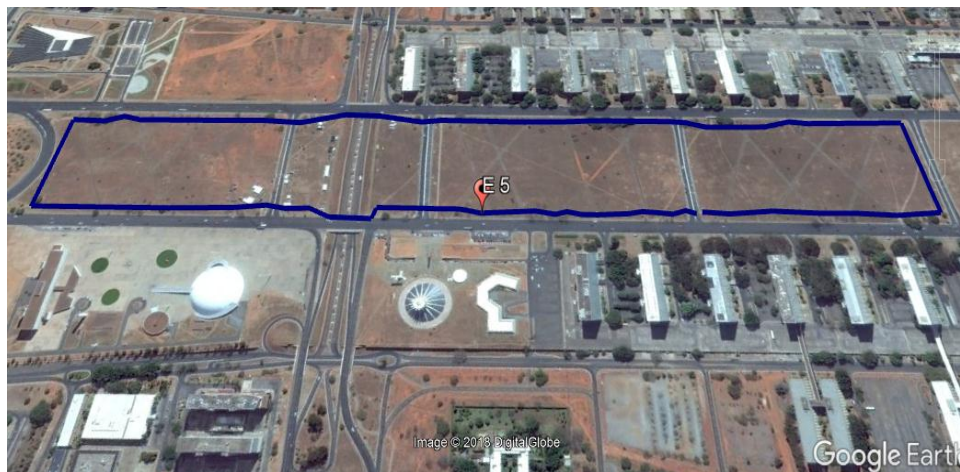


Figura 4.28: Representação da extensão do trecho Eixo E5 – 2,94 km

A respeito da localização dessas nas placas, os valores se mostram bem parecidos para a incidência de cada manifestação patológica em determinada localização. Para as fissuras longitudinais (LE – 35; LD – 41; C – 28), as fissuras de canto (LE – 95; LD – 96), as quebras localizadas (LE – 64; LD – 54).

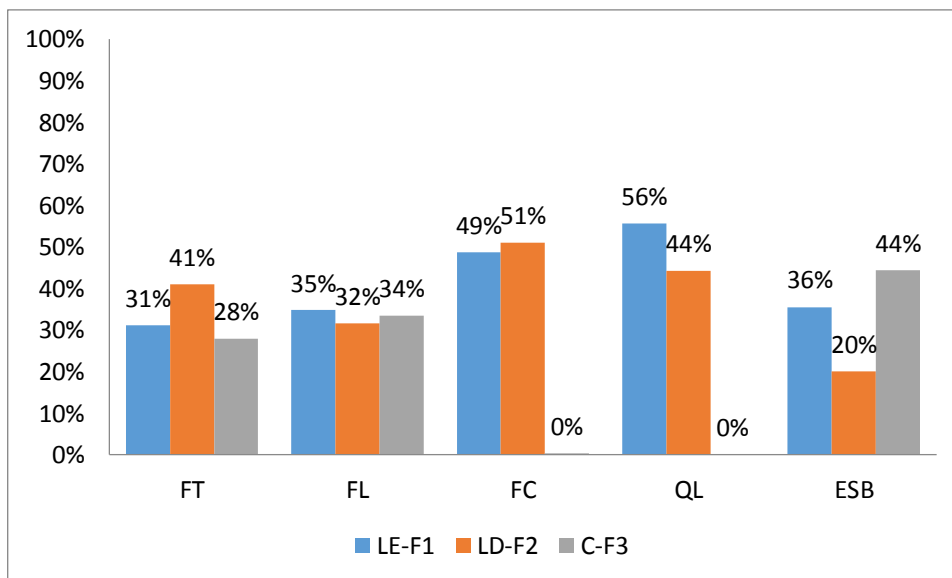


Figura 4.29: Porcentagem da Incidência das manifestações patológicas nas diferentes localizações das placas, Trechos do Eixo Monumental

4.1.1.1 Análise geral das áreas de estudo

Analisando os dados finais provenientes da análise qualitativa e classificação das anomalias nos trechos pesquisados, na Figura 4.30 é demonstrado que a área que Eixo Monumental/Esplanada dos Ministérios foi onde foi observada maior densidade de manifestações patológicas nas ciclovias estudadas, com o total de 843 incidências. É importante frisar que, apenas em um trecho dessa área de estudo, o trecho E.M. 5, representa mais do que 50% da quantidade de incidências de toda a área. Em seguida vem a área da UnB, como o total de 799 incidências em suas ciclovias. Nessa área, os valores do somatório de cada trecho são bem próximos, com a exceção do trecho 2 que somou apenas 69 incidências. Por último, a área da Asa Norte teve como total 493 incidências, sendo o trecho A.N L2 o que possui maior quantidade de incidências.

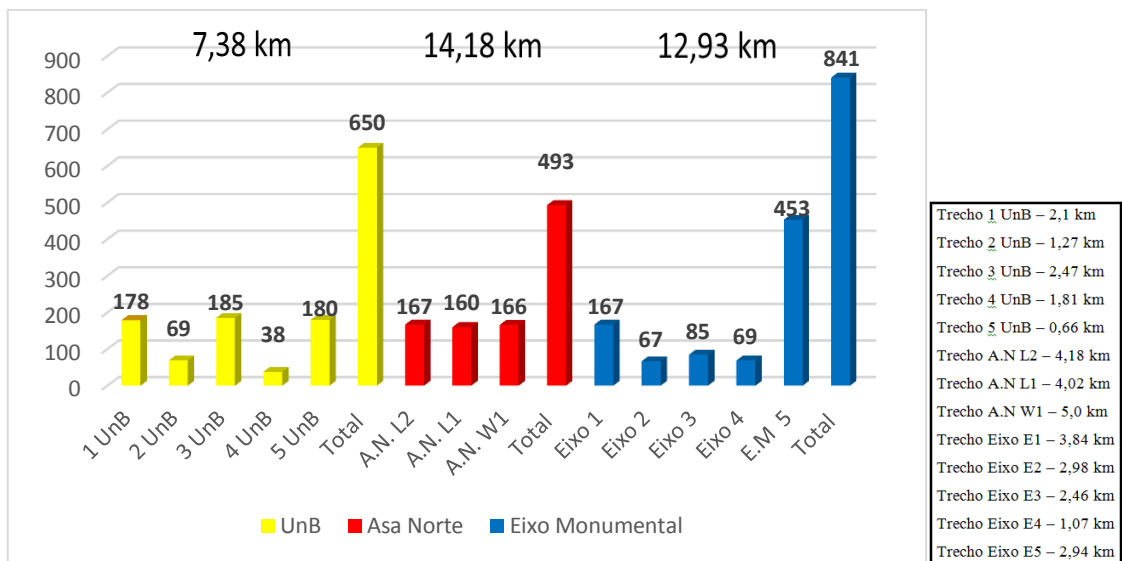


Figura 4.30: Quantitativo geral de anomalias por trechos pesquisados

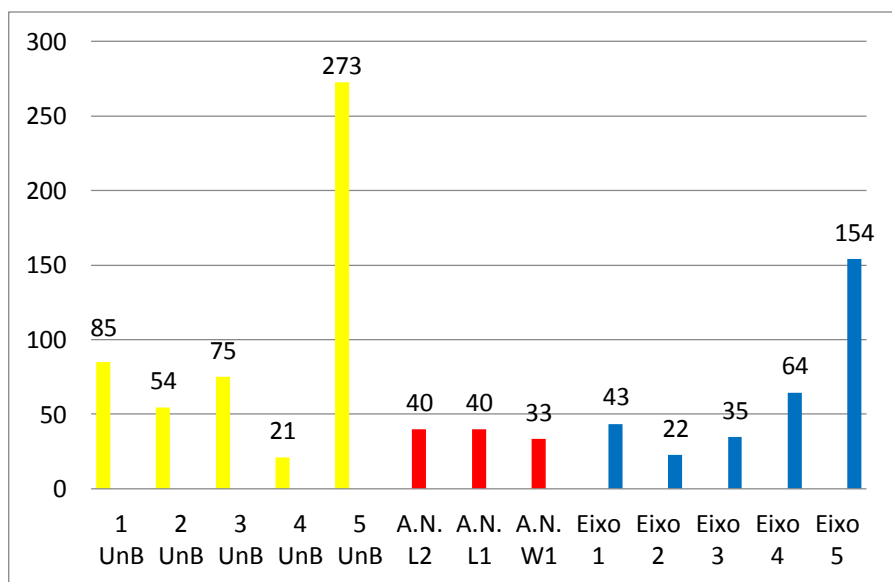


Figura 4.31: Quantitativo referente a relação anomalia por km para cada trecho estudado

Com relação às manifestações patológicas que tiveram maior incidência em cada trecho, observa-se que tais fenômenos ocorrem aleatoriamente, ou seja, na Figura 4.31 essa afirmação fica mais visível, tendo como exemplo as fissuras transversais (FT), elas se destacam quanto a sua quantidade na área da UnB, em relação às outras áreas que apresentam valores muito abaixo. Ainda no mesmo sentido, outro dado que chama atenção, são os das fissuras de canto (FC), sendo o defeito de maior quantidade nas áreas da do Eixo Monumental/Esplanada dos Ministérios. As quebras localizadas (QL) apresentam grandes quantidades no Eixo Monumental/ Esplanada dos Ministérios, tendo em vista que essa é uma manifestação patológica que contribui bastante para a degradação do pavimento rígido de ciclovia.

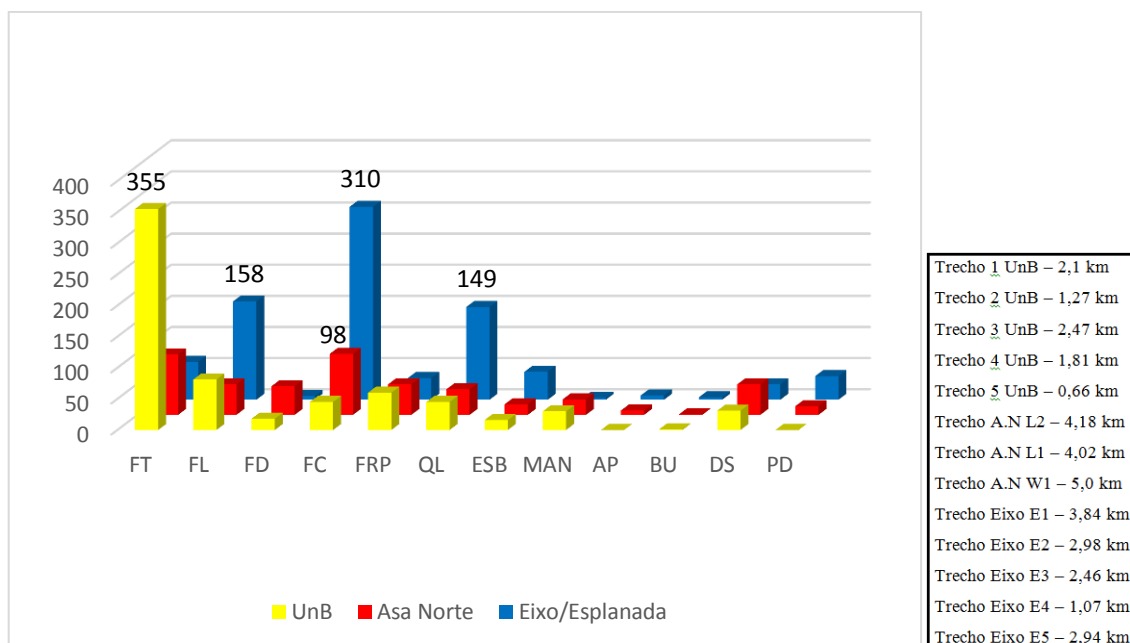


Figura 4.32: Quantificação da incidência para cada manifestação patológica nas diferentes áreas de estudo

Nas Figuras 4.33 a 4.35 são apresentados os valores referentes ao quantitativo das incidências das diferentes anomalias para cada quilômetro de cada trecho distinto.

Os valores de quantificação das anomalias na área de estudo da UnB (Figura 4.33) se percebe uma grande incidência de uma anomalia em especial, as fissuras transversais, tendo essa a quantidade de incidências muito acima das outras detectadas nesses trechos. As fissuras transversais contabilizam 48 incidências/km nos trechos da UnB, seguida pelas fissuras longitudinais (11 incidências/km), fissura por retração plástica (8 incidências/km), fissuras de canto e quebra localizada (6 incidências/km), manchas e desgaste superficial (4 incidências/km), fissuras diagonais e esborcinamento (2 incidências/km) e alçamento de placas, buracos e placa dividida não houve incidências para essas anomalias.

É importante frisar que nessa etapa não são levadas em consideração os graus de severidade de cada anomalia incidente nos trechos dessa área de estudo, assunto esse que será abordado na aplicação da metodologia de avaliação de ciclovias (MAC_{PR}).

As possíveis causas para as incidências das manifestações patológicas nas áreas de estudo mostradas anteriormente serão discutidas posteriormente na sequência desse estudo, nesta etapa apenas são feitas as quantificações das incidências por cada quilômetro das áreas de estudo.

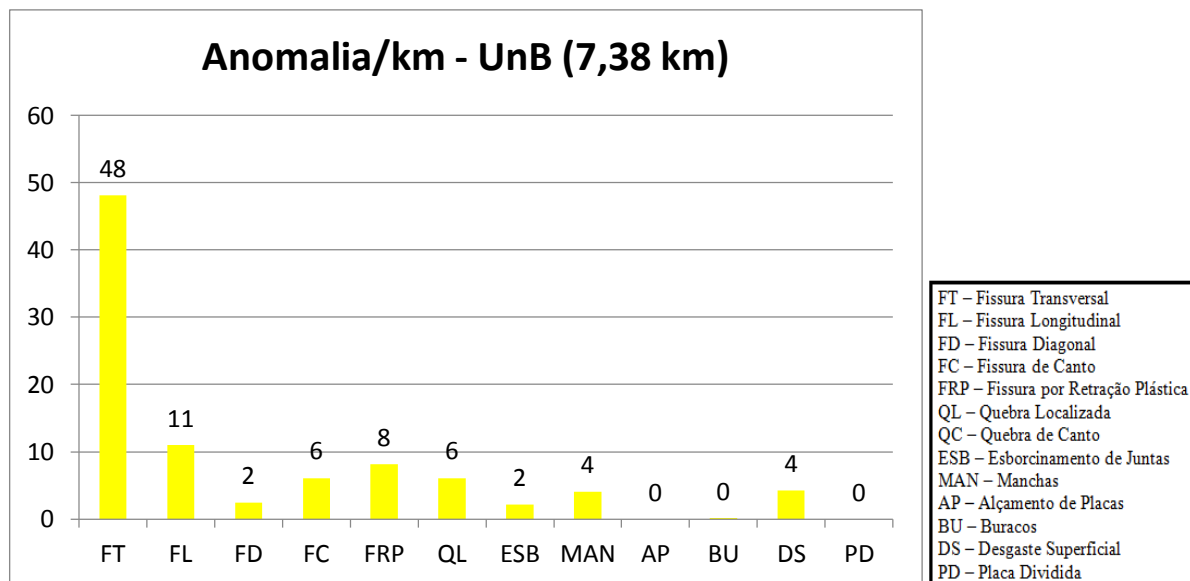


Figura 4.33: Quantificação de anomalias/km nos trechos das áreas de estudo da UnB

Para as amostras da área de estudo da Asa Norte (Figura 4.33) verificou-se que os valores maiores são para as anomalias fissuras transversais e fissura de canto com 7 incidências/ km, seguidas por fissura longitudinal, fissura diagonal, fissura por retração plástica, quebra localizada e desgaste superficial com 3 incidências/ km. As menores incidências são para as anomalias: manchas (2 incidências/km), esborcinamento (1 incidência /km), e as anomalias alçamento de placas e buracos não houve incidências. Mesmo essa área de estudo possuindo uma extensão considerável, percebe-se que a quantidade de incidências nessas ciclovias são pequenas, no entanto não se pode afirmar sua condição de danos, pois não são levados em consideração os graus de severidade dessas anomalias nessa etapa do estudo especificamente.

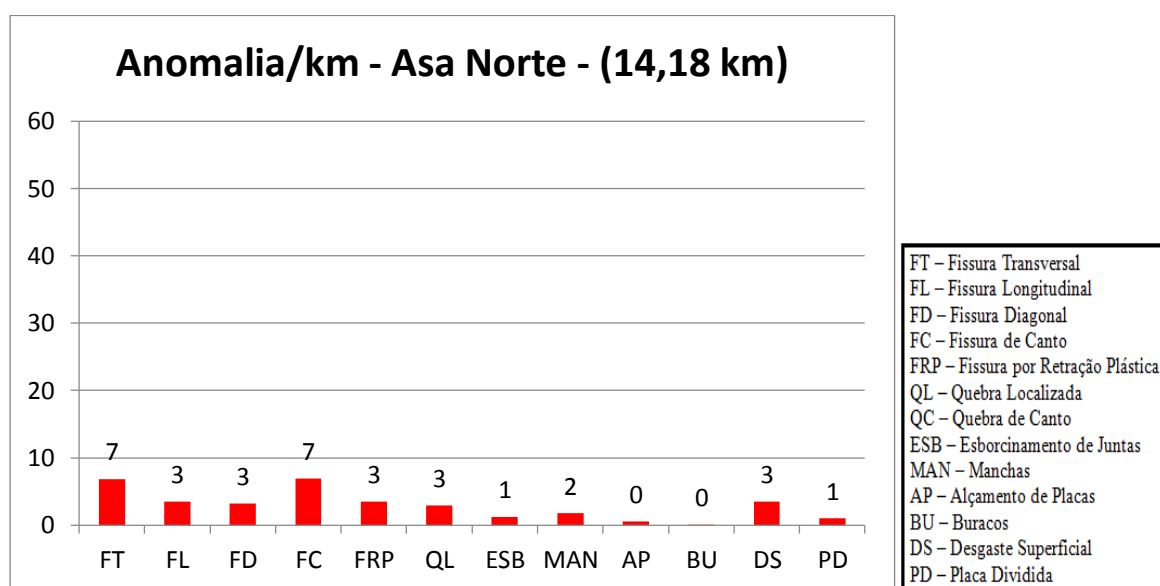


Figura 4.34: Quantificação de anomalias/km nos trechos das áreas de estudo da Asa Norte

O quantitativo das incidências por quilômetro das amostras da área de estudo do Eixo/Esplanada são apresentados na Figura 4.34, para essa situação se percebe valores bem mais alto do que na área de estudo da Asa Norte. A manifestação patológica fissura de canto aparece com a maior quantidade de incidências/km nessas amostras com 24 incidências/km, seguida das fissuras longitudinais e quebra localizadas com 12 incidências/km, fissuras transversais com 5 incidências/km, fissura por retração plástica, esborcinamento e placa dividida com 3 incidências/km, alçamento de placa 1 incidência/km e as anomalias fissuras diagonais, manchas e buracos não apresentaram nenhuma incidência nessas amostras.

Diante desses números pode-se afirmar que nessa área de estudo existe uma grande quantidade de incidências de diferentes anomalias. Cabe também ressaltar que nessa área de estudo houve uma grande quantidade de casos/km da anomalia quebra localizada, que é considerada como um potencial agravante na condição de danos de uma ciclovía, mesmo não levando em consideração os graus de severidade desta, já se entende que a ciclovía apresenta pontos bem danificados.

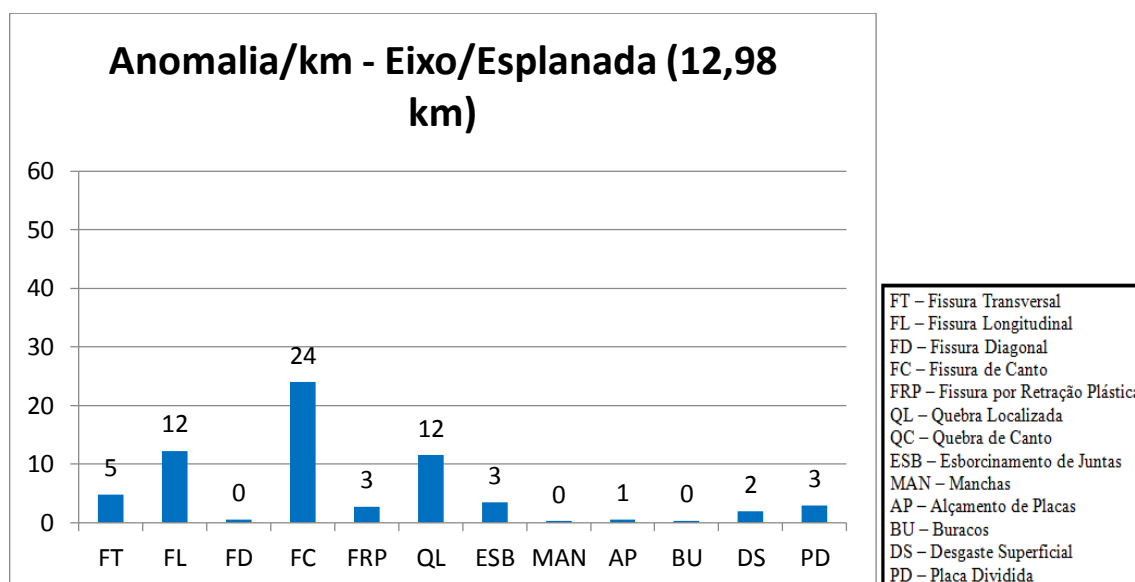


Figura 4.35: Quantificação de anomalias/km nos trechos das áreas de estudo do Eixo/Esplanada

Os dados obtidos nessa análise inicial dos pavimentos rígidos de ciclovía dão base para as possíveis explicações das causas das incidências. Como constatado nos resultados mostrados anteriormente, as Fissuras Lineares (transversais e de Canto) tornam possível afirmar as

possíveis causas para tamanha densidade desses tipos de manifestações patológicas encontradas nas ciclovias são causas como as fissuras em pavimentos de concreto estão diretamente ligados à execução não apropriada, recalque nas camadas inferiores, falha de materiais, erros de projeto, mau uso (ABREU, 2005).

As variações diárias e sazonais climáticas influenciam diretamente no comportamento dos pavimentos de concreto, frisando dois aspectos importantes influenciados por ele são: no momento em que ocorre o processo de hidratação do cimento, quando ocorrem as fissuras de retração, e após o endurecimento do concreto (GARGININ, 2016).

As fissuras transversais e longitudinais, as fissuras de canto e as quebras localizadas, também podem ser potencializadas quando a espessura do pavimento não é executada conforme as exigências do projeto. Em alguns pontos específicos, onde ocorreu o alçamento de placas, foi possível observar, e medir a espessura das placas naqueles locais com uso de uma régua, precisamente na ciclovia da L1 e W1. As placas nesses pontos (Figura 4.32), o que não se pode afirmar que é em todo trecho, não chegam a seis centímetros (6 cm) de espessura, o que contraria o projeto padrão estabelecido pela NOVACAP, que determina uma espessura de oito centímetros (8 cm).



Figura 4.36: Imagem das placas de concreto com menos de 8cm de espessura

Com relação às incidências de desgaste superficial, existe um problema que pode confundir no momento da avaliação. O que se percebe é que a execução do acabamento superficial, o desempenamento (liso) ou a texturização da camada de revestimento (rugoso), são executados de maneiras grosseiras e sem padrão nas ciclovias de Brasília. Em uma mesma ciclovia pode ser observada vários tipos de acabamento, e até em alguns casos extremos pode ser

confundido com fissuras transversais, por conta de profundidade das texturas feitas (Figura 4.33).

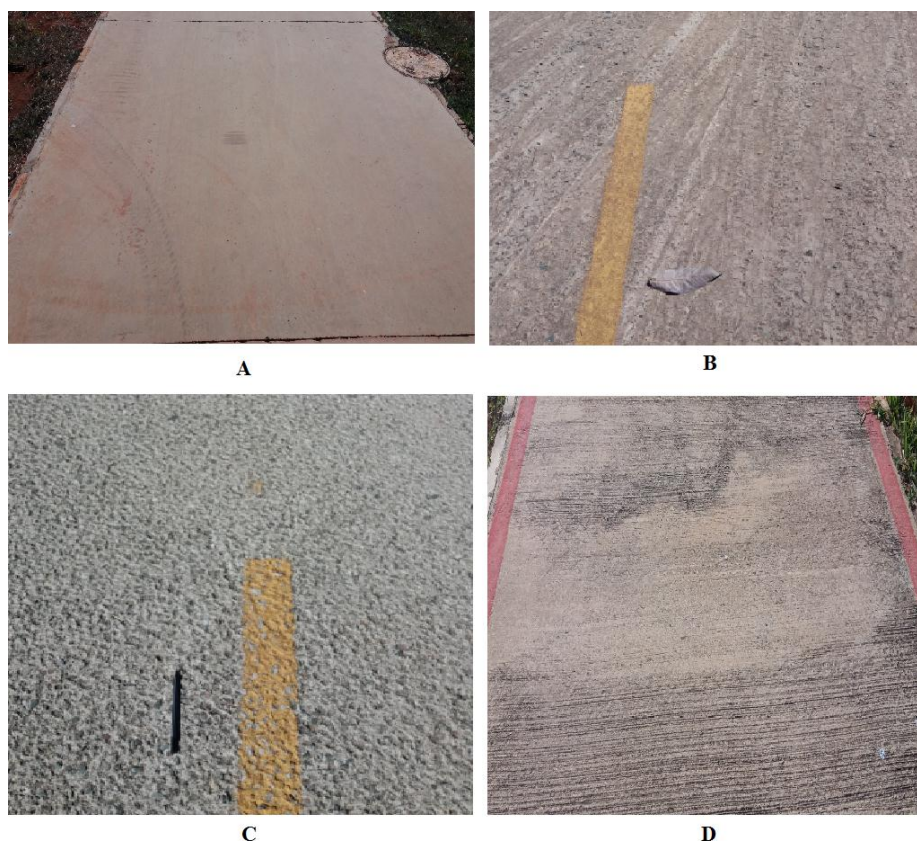


Figura 4.37: Diferentes texturas na camada de revestimento dos pavimentos rígidos de ciclovia em Brasília (A e C - Eixo Monumental; B – Asa Norte; D – UnB).

Com base nas informações levantadas nesta etapa, e complementadas com a apresentação das possíveis causas dos pavimentos rígidos de ciclovia de Brasília, é notório que é necessário à padronização de técnicas executivas e estudos aprofundados que levem em consideração desde as camadas inferiores, o clima de determinada região, os materiais utilizados e as etapas de construção seguidas à risca.

Com relação ao corte das juntas, o que determinam os tamanhos das placas, não se observou um padrão utilizado, e sim uma variedade de dimensões. Foram observadas placas com diferentes dimensões, sendo encontradas em grande quantidade as placas com dimensões aproximadas a 2,50 m x 2,50 m, e 2,50 m x 3,00 m.

As políticas de inspeções e manutenções são outros problemas que se somam aos anteriormente citados. São perceptíveis os erros de execução, e a falta de manutenções

periódicas, assim como os "reparos" realizados em alguns pontos detectados, esses são providos de uma baixa qualidade, tanto do material, como da execução.

Como qualquer outra estrutura constituída de concreto, uma deficiência ou inexistência de manutenção adequada não raramente culmina em elementos com manifestações patológicas de significativa intensidade, acarretando, não raras vezes, em custos de reparo ou substituição elevados (HELENE, 2007).

4.1.1.2 Utilização imprópria das ciclovias

Assim como todo tipo de estrutura de concreto tem suas restrições ao uso, os pavimentos de concreto de ciclovias também possuem restrições e limitações a determinado trânsito de automóveis, mesmo não tendo nenhuma norma específica para esse fim.

De acordo com Carvalho (2012) os pavimentos de ciclovias não são submetidos a grandes esforços, não necessitando de uma estrutura maior do que a utilizada para vias de pedestres, ou seja, calçadas. Dessa forma, é dimensionada conforme os requisitos para pavimentos em concreto para vias de baixo fluxo de veículos motorizados.

No entanto, nas ciclovias da Brasília, como citado anteriormente, é utilizado uma resistência de 22,5 MPa, o que já se configura um concreto classe 1, com função estrutural, de acordo com a ABNT NBR 8953:2015. De acordo com a NOVACAP, a utilização desse parâmetro, e que a ciclovia seja capaz de suportar o tráfego de veículos, uma vez que seja necessária a sua utilização para algum reparo de qualquer natureza que seja.

Ainda assim, é possível encontrar pontos onde há o tráfego de carros transversalmente ao sentido da ciclovia, e que são pontos certos de ciclovias em estado de degradação crítico (Figura 4.34).



Figura 4.38: Ciclovias degradada causada pelo tráfego de automóveis (A – local de tráfego de automóveis; B – rompimento da placa na junta)

Não bastando à falta de qualidade das ciclovias que são decorrentes da não padronização de execução, da falta de utilização dos parâmetros de projeto corretos e de materiais de boa qualidade, outros fatores podem ser adicionados com agravantes da condição das ciclovias de Brasília. Na Figura 4.35, são ilustradas situações bastante comuns nas ciclovias estudadas, presenciadas durante as pesquisas. No entanto não se pode afirmar o quanto elas influenciam negativamente para a condição das ciclovias, pois esse estudo não entra nesse contexto, como também não é objetivo desse estudo.
















Figura 4.39: Ilustrações de uso indevido das ciclovias: A e B – colocação de decoração natalina sobre a ciclovias do Eixo Monumental; C – tráfego de máquinas pesadas sobre o pavimento rígido da ciclovias da UnB; D – tráfego de transporte de tração animal sobre a ciclovias da L3 norte

4.1.2 Catalogação das Manifestações Patológicas do pavimento de concreto de ciclovia

Com o objetivo de criar um banco de dados em que contivesse a listagem das manifestações patológicas incidentes em pavimentos rígidos de ciclovia, criou-se um catálogo ilustrativo, mostrado na Tabela 4.1, com todas as manifestações patológicas encontradas durante a pesquisa. A partir desse catálogo têm-se informações específicas sobre as incidências em ciclovias, facilitando estudos posteriores, podendo haver a ampliação desse banco de dados através de outras manifestações incidentes em outras ciclovias estudadas em pesquisas futuras.

A seguir estão catalogadas as manifestações patológicas e suas respectivas legendas:

Tabela 4.1: Catalogação das manifestações patológicas dos pavimentos rígidos de ciclovia

<p>Fissura Transversal - FT</p>		<p>Fissura Diagonal - FD</p>	
<p>Fissura Longitudinal - FL</p>		<p>Fissura de Canto - FC</p>	
<p>Fissura Retração Plástica - FRP</p>		<p>Quebra Localizada - QL</p>	
<p>Quebra de Canto - QC</p>		<p>Esborcinamento de junta - ESB</p>	
<p>Manchas - MAN</p>		<p>Alçamento de Placas - AP</p>	
<p>Buracos - BU</p>		<p>Desgaste Superficial - DS</p>	
<p>Placa Dividida - PD</p>			

Na aplicação de metodologias para obtenção de indicadores que forneçam informações acerca da condição dos pavimentos rígidos de ciclovia de Brasília, até o dado momento não foi encontrado documentos ou artigos acadêmicos possuidores dessas informações. Neste sentido, este trabalho fornece como produto final informações que possam ser usadas para trabalhos futuros, como para a sua utilização prática.

Em relação às variáveis desse estudo, como se trata de uma estrutura executada relativamente recente, pôde-se verificar a condição desses pavimentos em diferentes áreas (Asa Norte; Eixo Monumental e UnB) com relação a sua idade, 3; 5 e 6 anos respectivamente, com base na data de execução que consta no projeto fornecido pela NOVACAP. Também foi possível constatar as diferentes incidências nas áreas das ciclovias, e por fim mensurar a condição de degradação através do fator de degradação de ciclovia - FDC.

4.1.3 Fator de Danos (FD)

Este fator faz a avaliação dos danos em uma área total (amostra), sendo este, como já falado, um parâmetro inicial, no entanto, muito importante para o desenvolvimento das etapas seguintes dessa metodologia.

Com base nos resultados de FD, que é a quantidade da incidência de cada anomalia em função da área total, gerando FD_{total} , que é o somatório de todos os FD's, foi possível analisar a degradação de cada área de estudo em relação a data sua execução, como também como se dá as incidências nas diferentes regiões das placas que compõem a amostra estudada.

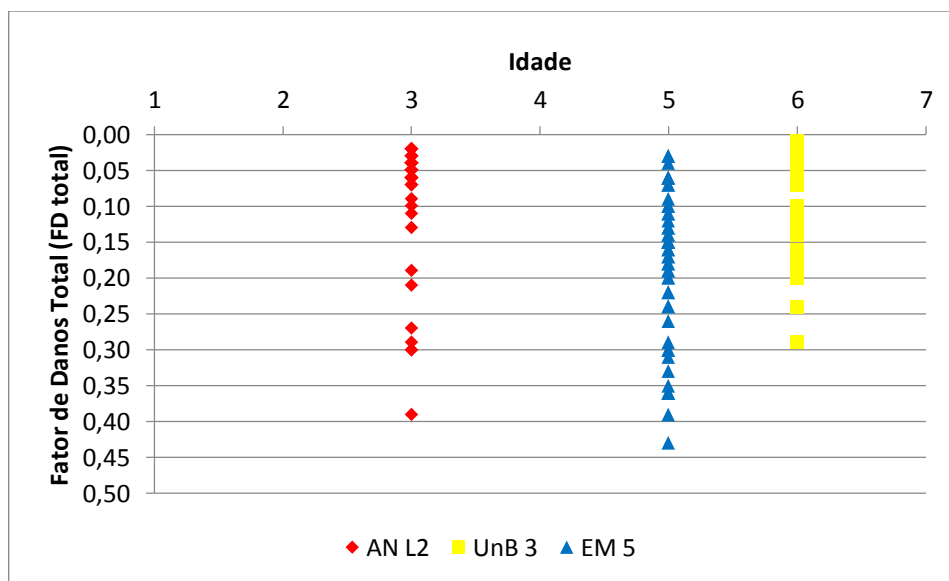


Figura 4.40: Valores de FD_{total} das áreas estudadas

Com base na Figura 4.36, pode ser afirmado que para os casos estudados a degradação nas ciclovias mais antigas não apresentou níveis de FD maior do que as executadas posteriormente a ela. As amostras que apresentaram maior degradação são da área E.M 5 (Esplanada dos Ministérios), essa sendo executada em junho de 2013, ou seja, um ano depois, podendo ser observada uma maior dispersão dos valores, variando entre os valores mínimos e o máximo obtido no estudo de FD.

Os valores de FD referente às amostras da Asa Norte (3 anos), apresentam uma grande densidade de amostras com baixo valor de FD, e alguns valores dispersos, sendo esses os valores mais altos dessa área. Partindo desses valores percebe-se que as amostras dessa área apresentam poucos danos em relação às demais.

As amostras da área UnB 3 apresenta a maior quantidade de valores mínimos de FD de todas as áreas. Os valores para essa área se concentram em dois grupos diferentes, sendo um com os valores mínimos, outro com uma maior densidade de valores médios de FD.

Na Figura 4.36 são observados três grupos de dados distintos, isso se deve a pouca diferença de idade das amostras, como também, as amostras de cada um dos grupos possuem a mesma idade.

Para uma melhor interpretação dos resultados, a Figura 4.37 representa a frequência de ocorrência FD_{total} para todas as amostras de uma forma geral.

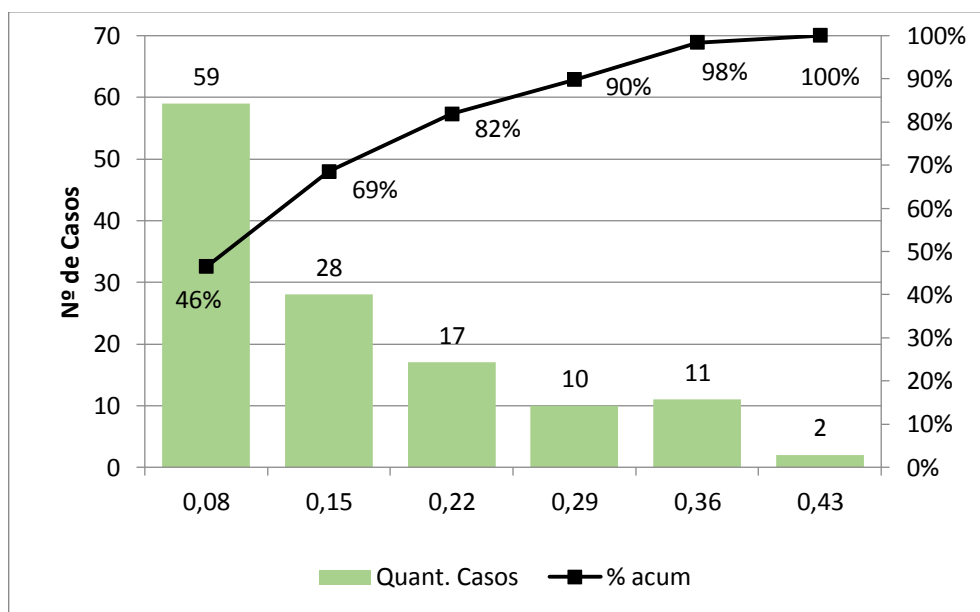


Figura 4.41: Histograma dos valores gerais de FD_{total} das 127 amostras

É nítida a grande concentração dos casos nas primeiras classes, sendo essas as com menores valores, com frequência de 46% dos casos com valores de FD_{total} menores do que 0,08. Ainda é possível observar que as duas primeiras séries contêm as maiores quantidades de casos, ou seja, 69% dos valores possuem valores inferiores a 0,15. Da terceira série se percebe uma queda de valores, com um pequeno aumento na 5ª série, retomando a queda de valores posteriormente. Para esse grupo de dados, tem-se um comportamento declive à esquerda, onde as maiores densidades são dos valores mínimos, ou seja, a esquerda.

Ainda sobre a análise de FD_{total} de maneira geral, sem levar em consideração as idades de cada área, a tabela 4.2 possui os dados estatísticos básicos.

Tabela 4.2: Dados estatísticos básicos de FD_{total}

FD_{total}	Idades			
	Geral	A.N L2 (3 anos)	E.M 5 (5 anos)	UnB 3 (6 anos)
Quant. Amostras	127	46	46	35
Mínimo	0,01	0,02	0,03	0,01
Máximo	0,43	0,39	0,43	0,29
Valor Caract. (80%)	0,20	0,10	0,30	0,16
Média	0,13	0,09	0,19	0,10
Mediana	0,10	0,05	0,17	0,10
Desvio Padrão	0,10	0,09	0,10	0,07
Variância	0,01	0,01	0,01	0,00
Coef. Variação	0,80	1,04	0,56	0,72
Erro Padrão	0,01	0,01	0,02	0,01

Na tabela 4.2 a média dos valores gerais de FD_{total} é (0,13), sendo maior do que as médias das amostras com idades de 3 e 6 anos, e menor do que as amostras com idade de 5 anos.

Mais uma vez, a partir dos dados representados na tabela acima, não apresenta uma tendência do aumento dos valores mínimos de FD_{total} , na medida em que aumenta a idade das ciclovias, observa-se então, para esse estudo, que as amostras com 6 anos, tem o menor valor máximo de FD_{total} , e não segue a tendência normal de degradação, que seria uma maior degradação conforme há o avanço das idades.

Com relação aos maiores valores de FD_{total} (0,43), esse está incluso no grupo das amostras com 5 anos, contrariando mais uma vez a tendência de que os maiores valores de FD_{total} deveriam está contidos nos grupos das amostras mais antigas (6 anos), essas obtendo o menor valor máximo de FD_{total} (0,29).

Nas amostras do grupo com 3 anos (Asa Norte L2), as suas variações de ocorrência são mostrados na Figura 4.38.

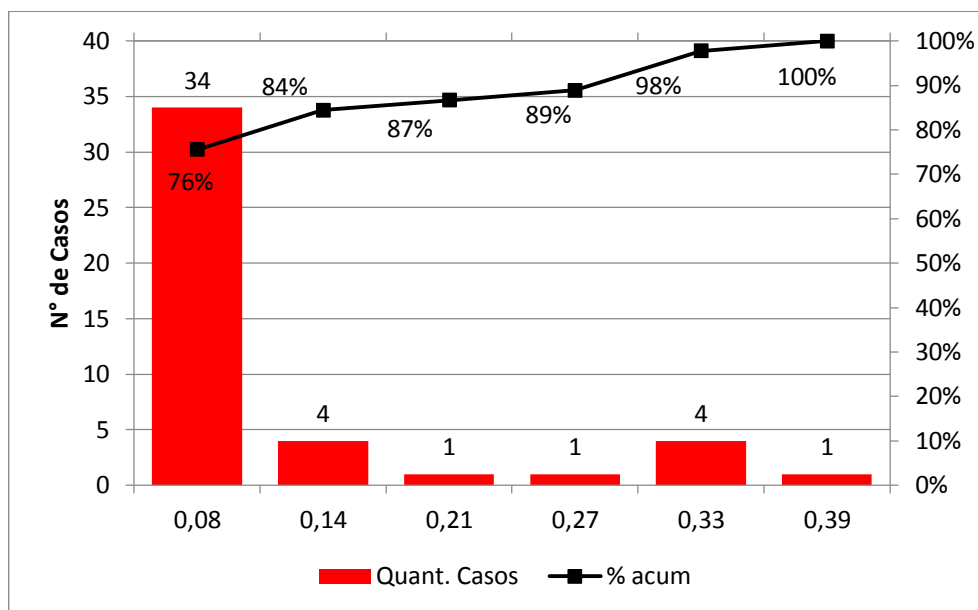


Figura 4.42: Histograma dos valores de FDtotal da área A.N L2

De acordo com a frequência das amostras do grupo com idade de 3 anos, há uma grande concentração dos dados na primeira classe, que variam de zero até 0,08. Na mesma figura pode-se observar o maior valor (0,39), sendo esse valor muito diferente quando comparado aos outros do mesmo grupo, como também difere bastante da média (0,09) apresentada na Tabela 4.4, sendo um valor muito alto em relação à média.

Ainda o maior valor desse grupo (0,39), é superior ao valor característico de (80%) das amostras de FD_{total} geral, no entanto, a grande maioria dos dados desse grupo são muito abaixo dele, e pode-se afirmar que os valores das amostras do grupo com 3 anos estão situadas nas duas primeiras classes de ocorrência do FD_{total} geral.

A frequência referente à ocorrência dos valores de FD_{total} para as amostras do grupo com idade de 5 anos estão dispostas no histograma da Figura 4.39.

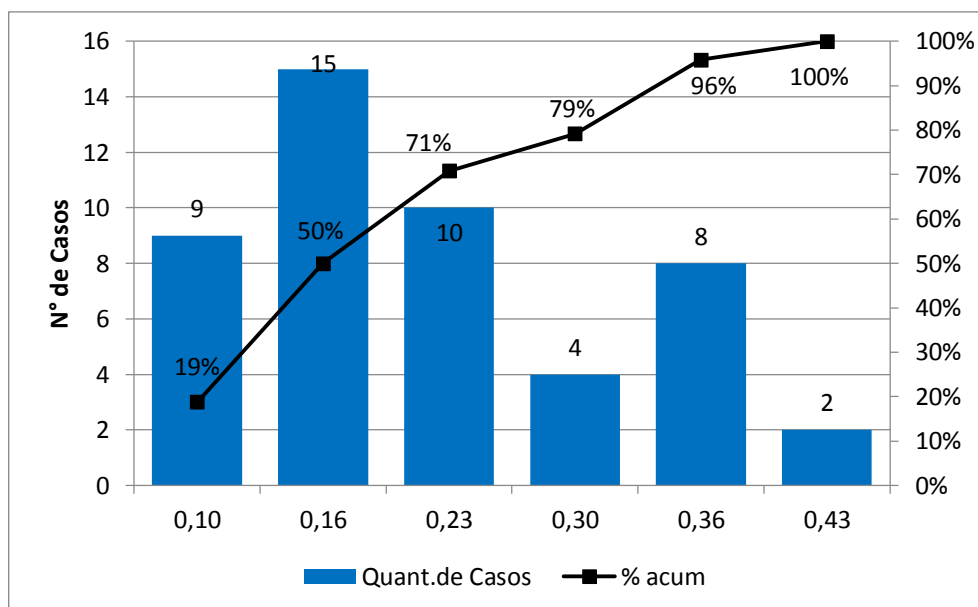


Figura 4.43: Histograma dos valores de FDtotal da área E.M 5

Em comparação à frequência das amostras com 3 anos, o valores de FD_{total} não estão em sua grande totalidade apenas na primeira classe do histograma, apresentando maior quantidade valores de FD_{total} mais altos.

De acordo com o histograma da Figura 4.39 é percebido uma maior quantidade de amostras em quatro diferentes classes para as amostras com 5 anos. A primeira, segunda, terceira e quinta classe apresentam valores mais altos de casos, com isso, nota-se o aumento dos valores de FD_{total} .

Analisando o valor característico (80%) das amostras com 5 anos (0,30), ele não se apresenta nas classes com maior número de ocorrência desse grupo, estando localizado na quarta série que contabiliza quatro casos. Diferente dos outros histogramas, este apresenta um aumento na quinta série com valores mais alto do que o valor característicos 80% (0,30), representando os casos com os maior concentração de valores altos de FD_{total} .

Ainda analisando o valor característico 80% para as amostras com 5 anos, é notado que esse valor é maior do que a média (0,19) para essas amostras, mostrando que valores de FD_{total} maiores do que o valor característico desse grupo apresentam uma condição crítica, ou seja, são os piores casos.

Para o grupo das amostras com 6 anos, no histograma a seguir (Figura 4.40) são apresentadas as frequências.

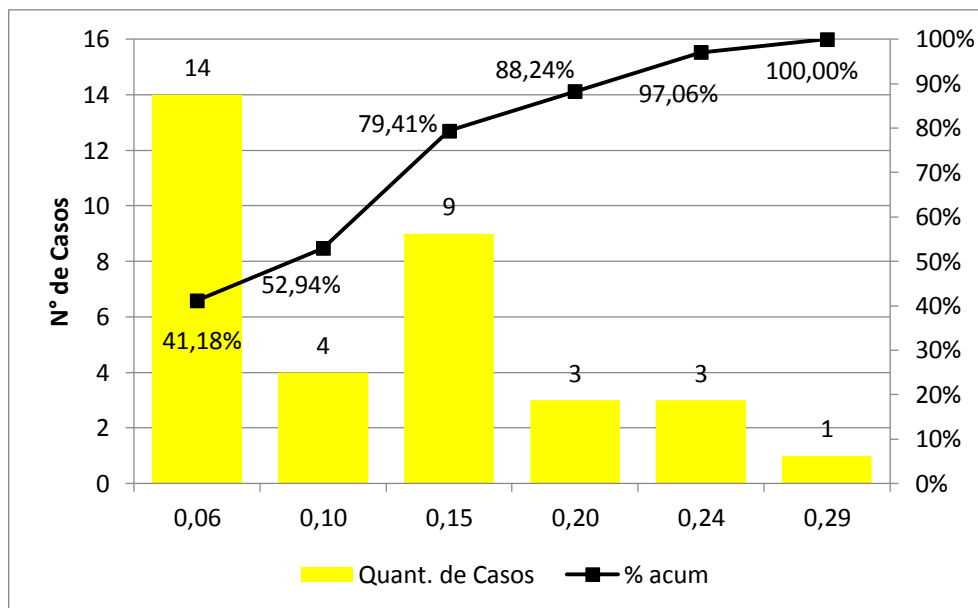


Figura 4.44: Histograma dos valores de FDtotal da área UnB 3

As frequências para esse grupo demonstra a maior ocorrência da casos na primeira classe, ou seja, valores pequenos de FDtotal, assim como o histograma do grupos das amostras com idade de 3 anos, no entanto com valores abaixo de 50% das ocorrências para as amostras com 3 anos.

Também é notado um aumento no número de casos na classe 3, que representa valores entre 0,10 e 0,15. Uma análise importante a ser feita é que para esse grupo de amostras, tendo 6 anos, apresentam os menores valores mínimos, e os maiores valores máximo, como mostrado na Tabela 4.2. Através desses dados mais uma vez é notada que para as ciclovias estudadas neste trabalho, a degradação não ocorre nas amostras mais velhas, tendo em vista que as amostras dos grupos com 3 e 5 anos apresentaram valores mínimo e máximo maiores do que o grupo das amostras com 6 anos, a que apresenta menores valores de FD_{total} .

Como resultado para o estudo da distribuição de danos dos grupos analisados anteriormente, é ilustrado na Figura 4.41 os resultados da porcentagem de incidência de cada anomalia em cada grupo de amostra distinto.

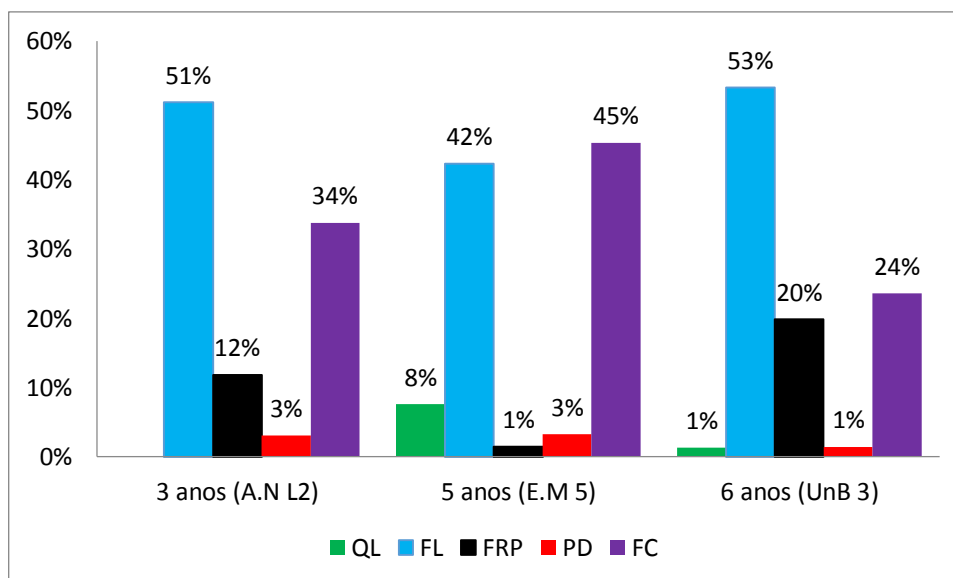


Figura 4.45: Distribuição de Danos (%) de FD_{total} das áreas de estudo analisadas

Como mostrado na Figura 4.41, fica fácil a análise da incidência de cada anomalia nos grupos de diferentes idades. De maneira bem diferenciada dos outros tipos de anomalias, as Fissuras Lineares e as Fissuras de canto são as que apresentam maiores densidade de ocorrência em todos os grupos de amostras, obtendo para as amostras com 3 anos (51% e 34%), para as amostras de 5 anos (42% e 45%) e por fim as amostras com 6 anos (53% e 24%).

Para as Fissuras de Retração Plástica, essas obtiveram valores razoáveis em relação as com maiores incidência (Fissuras Lineares e Fissuras de Canto). Suas maiores incidências foram nas amostras com 3 anos (12%), 5 anos (1%), e nas amostras com 6 anos a maior concentração desse tipo de anomalia com (20%), obtendo um valor próximo ao de fissuras de canto (24%).

Em relação à incidência das Quebras Localizadas e Placas Divididas no estudo de FD_{total} , apresentaram valores de 8% e 3% respectivamente, sendo esses os menores valores de incidência das anomalias estudadas. Em um caso específico, nas amostras com 3 anos (A.N L2), não houve a incidência de quebras localizadas, e nas amostras com 6 anos (UnB 3) apenas 1% das incidências foram causadas por “Quebra Localizada”. É de suma importância frisar que essas duas anomalias mesmo ocorrendo em pequenas quantidades, causam danos consideráveis às ciclovias.

As ciclovias aqui estudadas são relativamente novas, no entanto, através dos dados de FD_{total} mesmo sendo um parâmetro inicial de avaliação, já se percebe áreas que já podem ser

consideradas destruídas. Como já discutido no início desse capítulo, vários fatores somados são causadores dessa situação: erros de projeto; erros de execução; e a utilização incorreta dessas estruturas.

4.1.4 Fator de Danos de Ciclovias (FDC)

Como objetivo principal desse trabalho decidiu-se propor uma metodologia para a avaliação dos pavimentos rígidos de ciclovias, com a intenção de aplicá-la na cidade de Brasília – DF, e posteriormente obter dados que conceituassem a condição de degradação desses pavimentos.

A formulação do Fator de Degradação de Ciclovias (FDC) advém das metodologias de Souza (2016), onde foram utilizadas a ideia do $Ad_{(n)}$, $K_n A$, $\sum K_n A_{máx}$, At , além da estrutura da função, além do CP e $C_n S$ que são dados do Índice de Condição de Pavimentos do Dnit (2010) já com as adequações dos parâmetros proposto por esse trabalho para os pavimento de concreto de ciclovias. Todas as informações de cada constante do cálculo estão explicadas na metodologia desse trabalho.

A partir da aplicação do Fator de Avaliação de Ciclovias, na Figura 4.42 são apresentados os resultados dessa proposta.

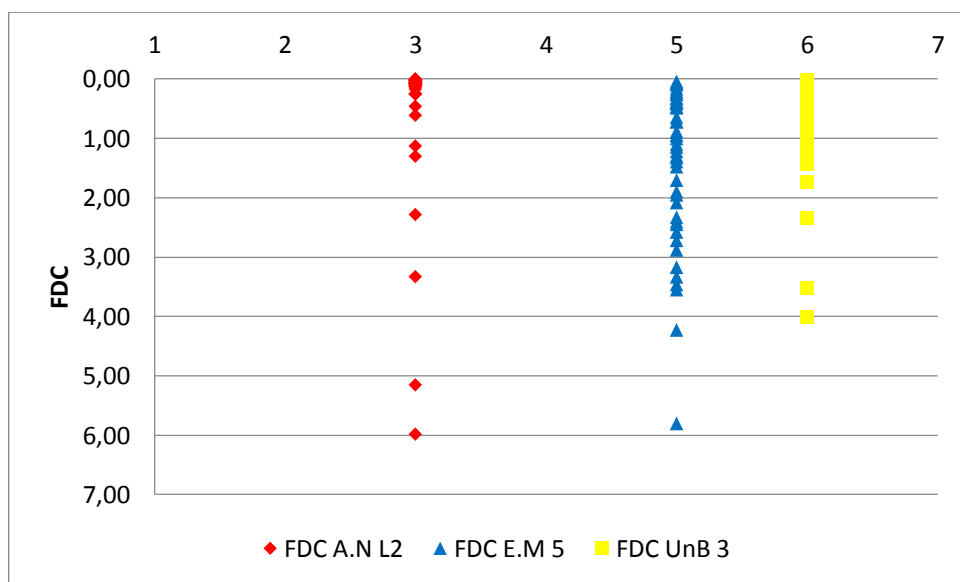


Figura 4.46: Resultados de FDC para todas as amostras de cada grupo de idade

Com apresentação dos resultados de FDC na Figura 4.42 fica fácil a identificação do grupo de amostras que representam as piores condições de danos desse estudo, e assim como no estudo de FD_{total} a área compreendida das ciclovias do Eixo Monumental 5, ou grupo das amostras

com 5 anos, apresentam uma condição mais danificada, sendo esse um fato diferente da normalidade dos estudos de degradação, onde muitas amostras com menos idade de execução, além da pequena diferença (1 ano), apresentam danos maiores em relação às amostras mais antigas.

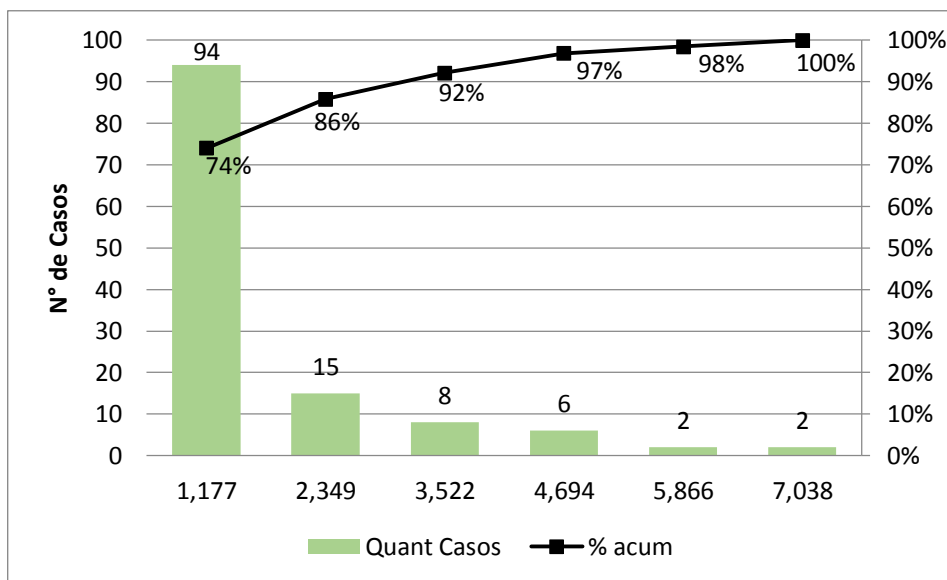


Figura 4.47: Histograma dos valores de FDC de todas as áreas de estudo (A.N L2; E5; UnB 3)

A Figura 4.42 e 4.43 apresenta os resultados da aplicação do FDC, e esses se assemelham bastante com a forma de dispersão e o histograma dos resultados de FD_{total} , evidentemente que os valores em si são diferentes pela particularidade de cada estudo distinto.

Para as amostras do grupo de 3 anos (A.N L2) a maioria dos resultados estão situados entre a faixa 0,01 e 0,62, conceituados entre “Excelente” e “Razoável” conforme a Tabela 3.10. Nesse mesmo grupo são verificados valores dispersos do grupo com grande quantidade, pontos esses que se encaixam em dois conceitos distintos, os valores com 2,29 e 3,34 estão presentes na faixa de conceito “Ruim”, assim como os outros três valores maiores desse grupo são 5,15, 5,99 e 7,04, obtendo o conceito de “Péssimo”. Vale a pena frisar que o maior valor desse grupo (7,04), é também o maior valor de FDC em todas as amostras desse estudo.

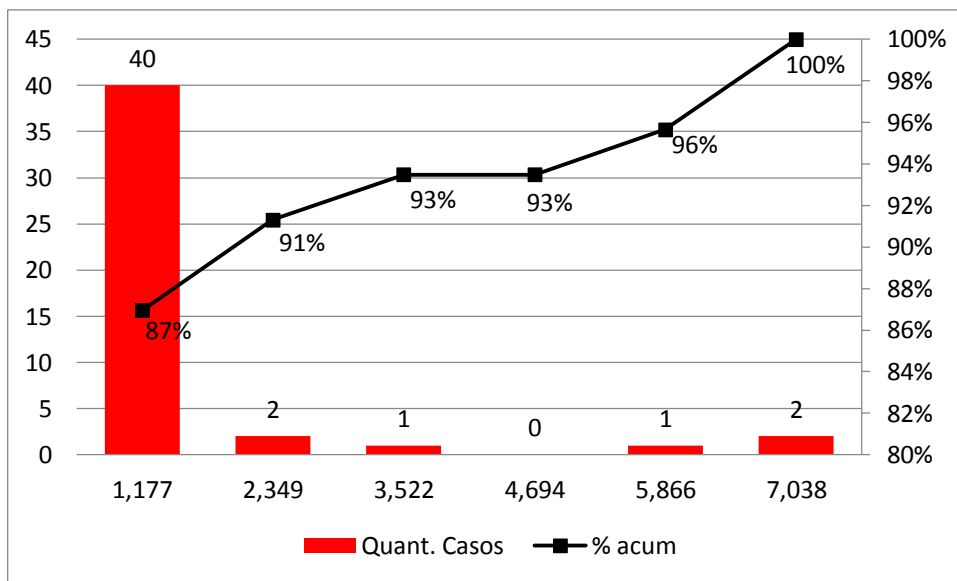


Figura 4.48: Histograma dos valores de FDC para a área de estudo A.N L2

No histograma da Figura 4.45 pode-se inferir dos resultados de FDC, em uma análise geral, que as amostras do grupo de 5 anos (E 5) são as que apresentaram mais amostras com piores condições de danos, podendo ser verificado uma grande maioria dos dados situados entre a faixa de valores que partem de 1,30 até 5,80, ou seja, esses valores estão conceituados de “Ruim” e “Péssimo”, tendo conceito “2” e “1” de acordo com a Tabela 3.10 e a.

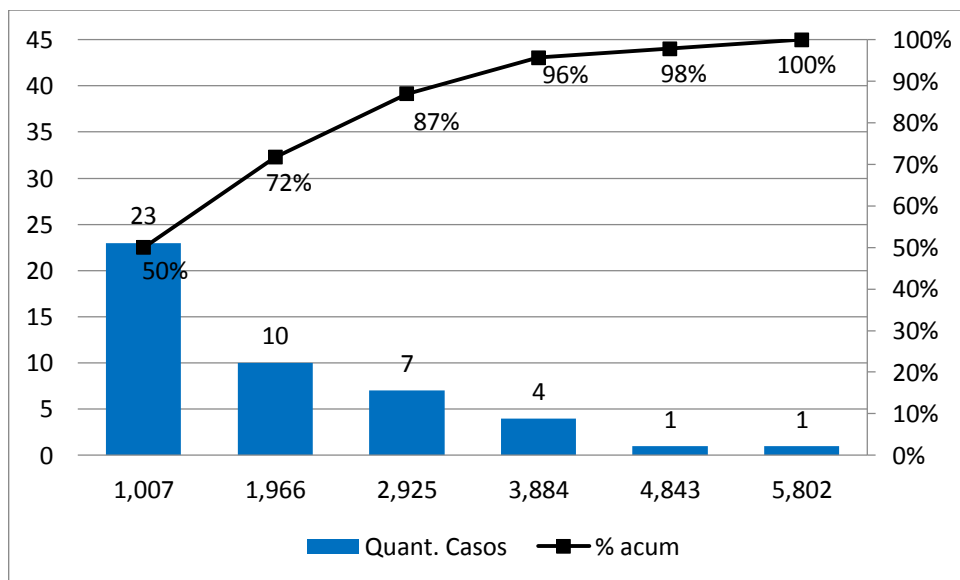


Figura 4.49: Histograma dos valores de FDC para a área de estudo E 5

O grupo de amostras com idade de 6 anos exibe três comportamentos distintos em relação a dispersão dos seus valores. A maior densidade de valores de FDC está situada na faixa que compreende de 0,01 a 1,22, estando dentro dos valores dos conceitos “Excelente” e “Bom”.

Para o segundo comportamento os valores das amostras com 1,44; 1,73 e 2,34 se encaixam no conceito “Ruim”, enquanto os valores mais altos de FDC para esse grupo de amostras se dispersam ainda mais, valores com 3,52 e 4,00 são conceituados como “Péssimo”.

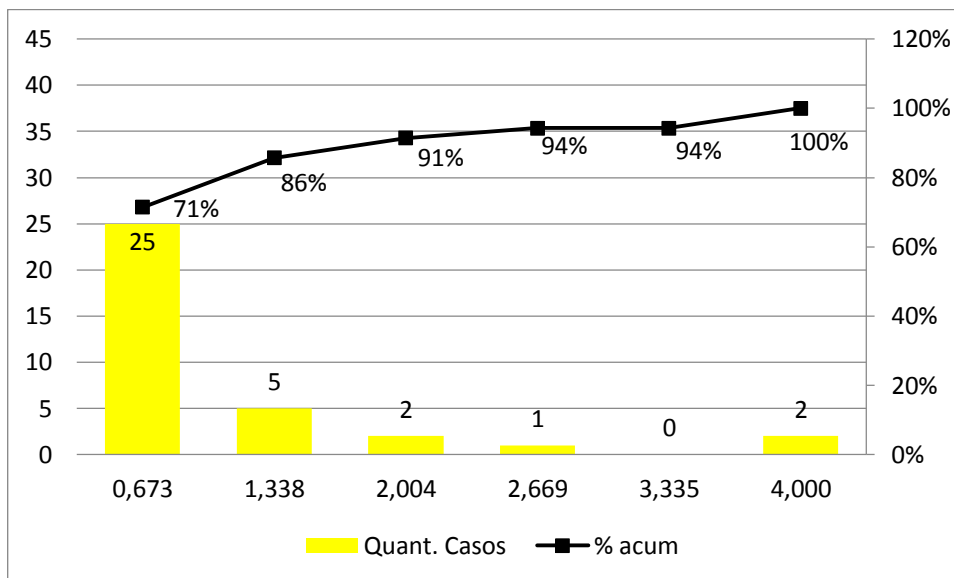


Figura 4.50: Histograma dos valores de FDC para a área de estudo UnB 3

Como análise complementar, na Figura 4.47, são mostrados os resultados de FDC para as diferentes áreas de estudos, consequentemente, pelos diferentes grupos de idade, classificando as amostras de acordo com a condição de degradação.

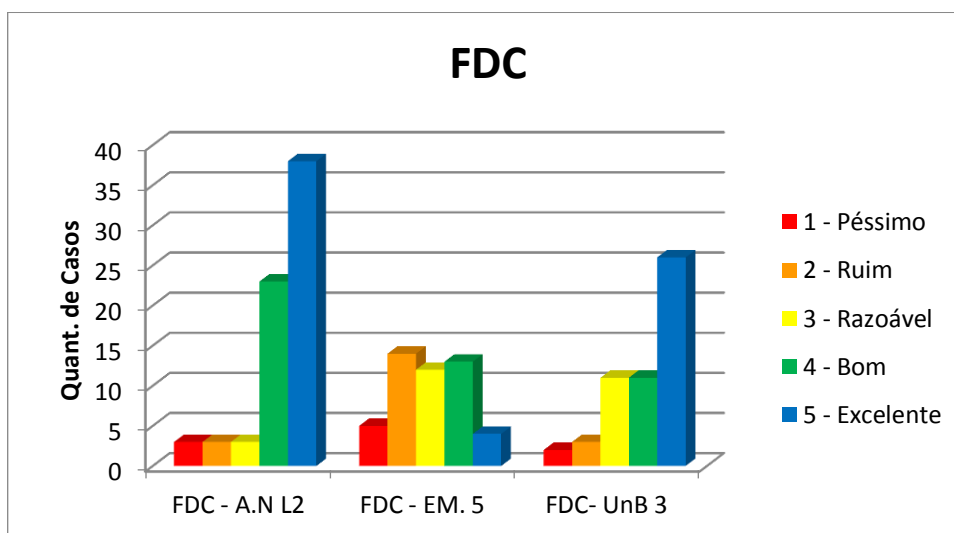


Figura 4.51: Quantidade de casos de FDC de acordo com a condição de degradação de cada área de estudo

Esses resultados auxiliam no entendimento da Figura 4.45, desta forma, com a classificação das amostras, a ideia da condição de danos é mais fácil. Numa avaliação geral se observa a

diminuição das amostras classificadas como “excelente” e o aumento das amostras “ruim” na área de estudo E 5 (5 anos) em relação as outras duas estudadas, assim se configurando com área de estudo mais degradada. As amostras do trecho 3 UnB (6 anos) apresenta uma quantidade de amostras classificadas como “Bom” e “Razoável” parecida com E.M 5, no entanto a quantidade de amostras com classificação “Excelente” é muito maior, e para as amostras “Ruim” esses valores são menores. Para as amostras da área de estudo A.N L2 (3 anos) é a menos danificada de todas, observa-se uma grande quantidade de amostras classificadas como “Excelente” e “ Bom”, já para as outras classificações obtiveram 3 amostras para cada uma.

4.1.5 Mapeamento das ciclovias

Como parte da metodologia de avaliação de ciclovia – MAC_{PR} são feitos os mapeamentos de acordo com os valores obtidos do Fator de Danos de Ciclovia – FDC, classificando cada amostra com a finalidade de facilitar a visualização da condição de degradação. Entende-se que dessa forma as tomadas de decisão referentes a reparos e manutenções são mais eficientes, tendo em vista a facilidade de identificar a condição de cada amostra (Figuras 4.48 a 4.50).



Figura 4.52: Ilustração da área de estudo A.N L2 referente a classificação da degradação de cada amostra: Vermelho – PÉSSIMO; Laranja – Ruim; Amarelo – RAZOÁVEL; Verde – BOM e Azul - EXCELENTE



Figura 4.53: Ilustração da área de estudo E. 5 referente a classificação da degradação de cada amostra: Vermelho – PÉSSIMO; Laranja – Ruim; Amarelo – RAZOÁVEL; Verde – BOM e Azul - EXCELENTE

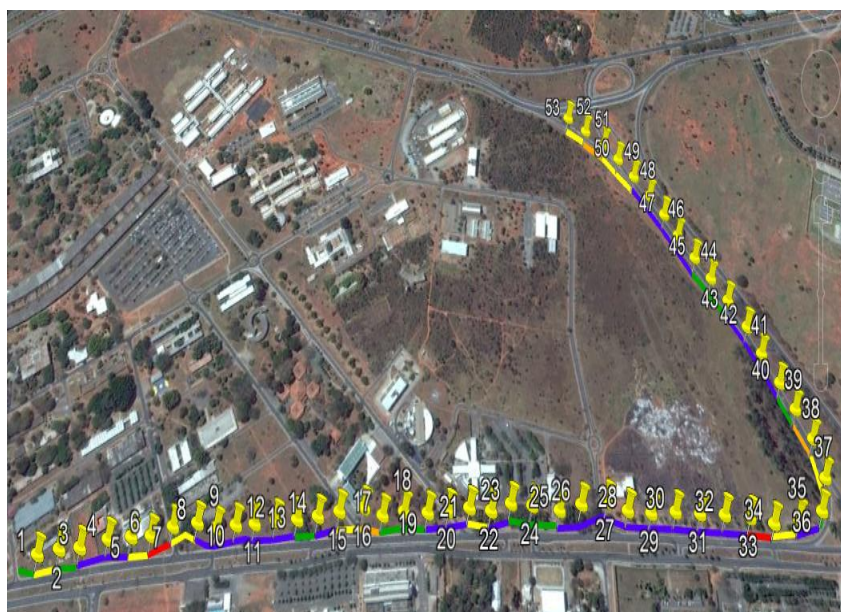


Figura 4.54: Ilustração da área de estudo 3 UnB referente a classificação da degradação de cada amostra: Vermelho – PÉSSIMO; Laranja – Ruim; Amarelo – RAZOÁVEL; Verde – BOM e Azul - EXCELENTE

4.1.6 Análise de variância (ANOVA)

A ideia principal da análise de variância é determinar a quantidade de variabilidade dos grupos que o efeito do tratamento acumula da variabilidade total e na distribuição de Fisher (F). Admite-se como hipótese básica a igualdade entre os valores médios das diferentes

situações. Os valores calculados de F são comparados com os valores tabelados, em função dos graus de liberdade do tratamento avaliado e do resíduo (erro). O objetivo é testar hipóteses apropriadas sobre médias de tratamentos. Para testar essas hipóteses os erros aleatórios são assumidos ser uma variável aleatória independente normalmente (MONTGOMERY e RUNGER, 2003).

Na Tabela 4.3 são apresentados os valores obtidos no estudo de variância (ANOVA) realizados com o programa STATÍSTICA 10.0, para as áreas em estudo, sendo essa a variável independente, e os resultados de cada amostra para cada metodologia distinta (FDtotal; FDC) são as variáveis dependentes, a partir desses dados é possível verificar se as diferenças amostrais observadas são reais (causadas por diferenças significativas nas populações observadas) ou casuais (decorrentes da mera variabilidade amostral). Como resultado dessa análise, o valor de p maior que 0,05 mostram que não existe diferença significativa entre os grupos analisados, ou seja, os resultados tem uma distribuição uniforme e, portanto, equivalentes. O valor de p menor que 0,05 indica que há diferença significativa, ou seja, são diferentes entre si.

Tabela 4.3: Resultados da análise de variância (ANOVA)

Efeito	SQ	MQ	F	p	Resultado
FDtotal					
Interseção	1,870403	1,870403	225,8635	0,000000	Significativo
Área/Idade	0,277306	0,138653	16,7433	0,000000	Significativo
Erro	1,026859	0,008281			
FDC					
Interseção	110,3391	110,3391	59,71064	0,000000	Significativo
Área/Idade	20,3563	10,1781	5,50796	0,005108	Significativo
Erro	229,1393	1,8479			
SQ = soma dos quadrados; MQ = média dos quadrados; F = parâmetro de Fisher para o teste de significância dos efeitos; Resultado = resultado da análise, com a indicação se o efeito é significativo ou não.					

Conforme mostrado na Tabela 4.3, os resultados de Anova todos obtiveram valores de p menores do 0,5, assim podendo afirmar que as amostras dos diferentes grupos (Área /idade) apresentam diferenças significativas entre si em todas as metodologias aplicadas.

Essa diferença também pode ser observada nos gráficos de confiabilidade do intervalo das médias dos resultados de cada área/idade. Na Figura 4.51 e 4.52 estão apresentados os

gráficos de confiabilidade para cada metodologia distinta. Pôde ser constatado que os comportamentos dos dados são bem parecidos, e confirmam que há diferença significativa nas amostras dos diferentes grupos para cada metodologia, tem em vista o intervalo que separam as médias, como também não há sobreposição dos valores.

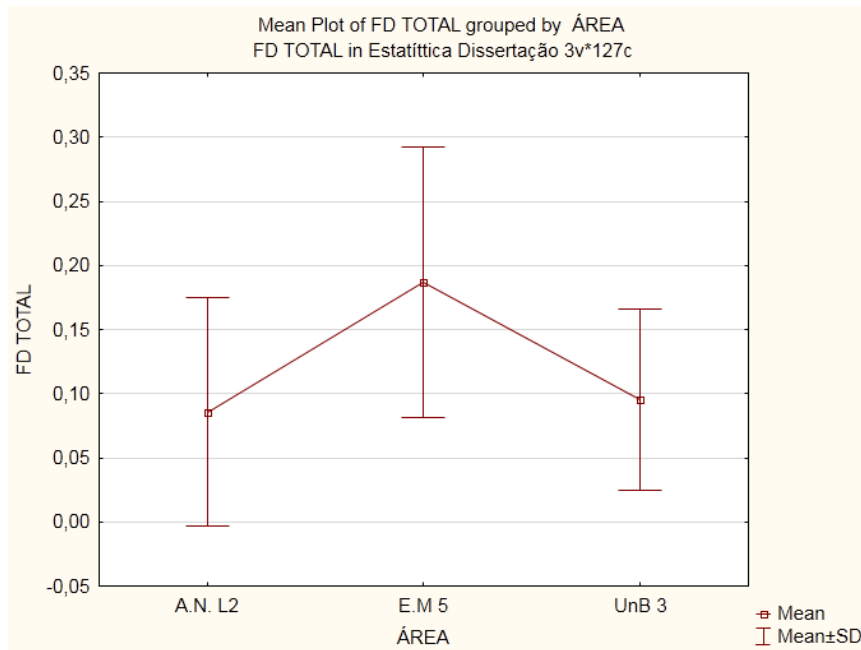


Figura 4.55: Gráfico do valor médio e intervalo de confiança de FD_{total}

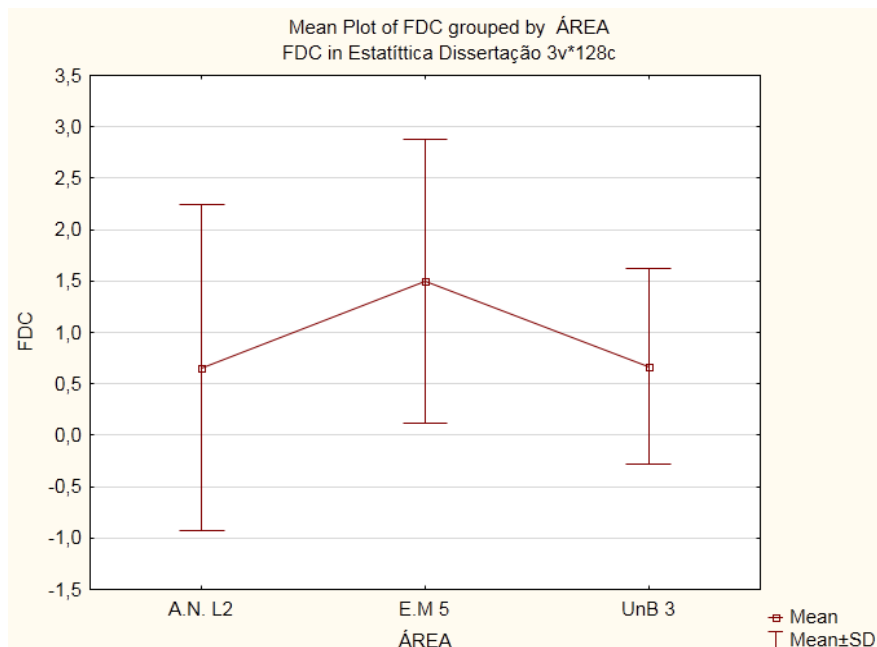


Figura 4.56: Gráfico do valor médio e intervalo de confiança de FDC

Outra análise possível de ser feita através dos gráficos é que para os casos dos pavimentos rígidos de ciclovia tratado neste estudo, a idade não está influenciando no processo de

degradação, pois é visualizado que as maiores médias de confiabilidade são para o grupo de amostras com 5 anos.

Como parte da análise de variância, foi utilizado o teste de Duncan (Tabela 4.4) com a intenção de verificar se existe diferença significativa entre os dados de cada área/idade analisadas neste estudo.

Tabela 4.4: Resultados da análise do teste de Duncan

	FDtotal	1	2
A.N. L2	0,085435	****	
UnB 3	0,095143	****	
E.M 5	0,186522		****
FDC			
A.N. L2	0,658348	****	
UnB 3	0,666426	****	
E.M 5	1,494783		****

Os resultados contidos na Tabela 4.4 mostram que existem dois grupos distintos dentro dos grupos de amostras das diferentes áreas/idades. Isso pode ser observado com a exposição das médias em ordem crescente para cada metodologia que foi analisada neste trabalho.

No primeiro grupo estão contidas as amostras dos grupos de idade de 3 e 6 anos, que representam as idades em condições menos degradadas em relação às do segundo grupo, que estão contidas as amostras com 5 anos de idade, conseqüentemente, as que se encontram com a condição de degradação mais elevada.

5 CONCLUSÕES

O desenvolvimento do programa de pesquisa nos pavimentos de concreto de ciclovia permitiu concluir que:

- A metodologia de avaliação de ciclovia (MAC_{PR}) através dos valores do fator de danos de ciclovia (FDC) se mostra adequada para mensuração dos danos nos pavimentos rígidos de ciclovia. Sendo importante frisar a facilidade para aplicação desta metodologia, sendo possível para qualquer ciclovia.
- Os percentuais encontrados para cada tipo de manifestações patológicas existentes nas ciclovias de Brasília-DF são: Fissuras Lineares (Transversais (26 %); Longitudinais (14,5 %) e Diagonais (3,5 %)), Fissuras de Canto (22,8 %), Fissuras por Retração Plástica (7,2 %), Quebra Localizada (10,3 %), Alçamento de Placas (0,7 %), Placa Dividida (2,6 %), Esborcinamento de Juntas (3,9 %), desgaste superficial, Buracos, Manchas (2,9 %) e Defeito na Selagem das Juntas (não foi encontrado nenhum tipo de tratamento de junta nas ciclovias estudadas).
- Foi possível observar que nas ciclovias localizadas na UnB, manifestações patológicas com maiores incidência foram; fissuras transversais (52 %), fissuras longitudinais (11,2 %), fissura por retração plástica (8,8 %), quebra localizadas (6,6 %) e fissuras de canto (6,6 %), tendo o maior número de casos no lado direito e na faixa 2. Na Asa Norte as manifestações patológicas mais comuns foram Fissuras transversais (19,7 %), Fissuras Diagonais (9,3 %); Transversais; Longitudinais (9,9 %), Fissuras de canto (19,9%), fissura por retração plástica (9,9 %) e desgaste superficial (9,9 %), apresentando de forma geral maiores incidências no lado direito e na faixa 2. No Eixo Monumental/Esplanada Fissuras Longitudinais (32 %), Fissuras de canto (62,9 %), quebra localizada (30,2 %), esborcinamento (9,1 %), sendo essas distribuídas em quantidades bastante próximas para cada região.
- Com base nas ocorrências das manifestações patológicas anteriormente citadas, pode-se afirmar que os fatores como não execução da cura do concreto; utilização da lona plástica, espessura da camada de revestimento do concreto abaixo do especificado em projeto; possível atraso dos cortes das juntas e a falta do tratamento de juntas são provenientes de erros de projeto e falhas de execução.

- Percebeu-se que informações sobre comportamento físico-mecânico das camadas inferiores (Subleito e Sub-base granular) não estão inseridos no detalhamento executivo dos pavimentos rígidos de ciclovia executados em Brasília, assim como algumas fases do processo de construção das ciclovias não foram observadas no detalhamento executivo, como por exemplo, a utilização da lona plástica, qual tipo de cura foi executada, e a execução do tratamento da selagem das juntas, essa não sendo encontrada em nenhuma das ciclovias estudadas, além da constatação da utilização de placas subdimensionadas, estando fora das especificações de projeto.
- Os resultados de FDC demonstram que o grupo de amostras das ciclovias com 5 anos (E 5) apresenta maior danos do que as amostras com 3 anos (A.N L2) e 6 anos (UnB 3), o que contraria a condição normal de degradação, onde os valores mais altos de FDC deveriam constar para as amostras mais antigas (UnB3), subtendendo que quanto maior o tempo de utilização e exposição às intempéries ambientais, o processo de desgaste ou dano das ciclovias deveriam ser maior.
- Uma das causas para o alto valor do Fator de Danos de Ciclovia para as amostras do grupo com 5 anos de execução (E5), pode ser fato da utilização da área para grandes eventos, tendo em vista o trânsito de veículos de grande porte transportando grandes cargas. Para as outras áreas (UnB 3 e A.N L2) que apresentaram FDC alto, pode-se deduzir a má utilização e a ineficiência das camadas inferiores ao suporte da camada de revestimento.

5.1 Sugestões para trabalhos futuros

- Utilizar metodologia MAC_{PR} em outros pavimentos rígidos de ciclovia que não fazem parte desse estudo para posterior comparação com as desse trabalho;
- Aplicar essa metodologia em outros tipos de pavimento como asfáltico, blocos intertravados ou calçadas;
- Desenvolver um novo fator com o estudo do desempenho das ciclovias como um todo, aliado da padronização de estudos estatísticos para comparação dos resultados;
- Criação de parâmetros de projeto para pavimentos rígidos de ciclovia como um todo, a fim de padronizar a execução e materiais empregados que melhores se adequam a esse modal.

REFERÊNCIAS

- ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7583: Execução de pavimentos de concreto simples por meio mecânico**. Rio de Janeiro, 1986, 22p.
- _____. **NBR 12655: Concreto de cimento Portland – Preparo, controle, recebimento e aceitação – Procedimento**. Rio de Janeiro, 2015, 23p
- _____. **NBR 12821: Preparação de concreto em laboratório – Procedimento**. Rio de Janeiro, 2009, 5p.
- _____. **NBR 7211: Agregados para concreto – Especificação**. Rio de Janeiro, 2009, 9p.
- _____. **NBR 8953, Concreto para fins estruturais – Classificação pela massa específica, por grupo de resistência e consistência**. Rio de Janeiro, 2015.
- _____. Norma DNIT 061/2004 – TER: **Pavimento rígido – Defeitos – Terminologia**. Rio de Janeiro, 2004. Disponível em http://www.dnit.gov.br/menu/servicos/ipr/produtos/arquivos/DNIT061_2004_TER.pdf
- _____. Norma DNIT 062/2004 – PRO: **Pavimento Rígido – Avaliação objetiva de pavimentos rígidos – Procedimento**. Rio de Janeiro, 2004. Disponível em http://www1.dnit.gov.br/arquivos_internet/ipr/ipr_new/normas/DNIT062_2004_PRO.pdf
- _____. Norma DNIT 063/2004 – PRO: **Pavimento Rígido – Avaliação subjetiva de pavimentos rígidos – Procedimento**. Rio de Janeiro, 2004. Disponível em http://www1.dnit.gov.br/arquivos_internet/ipr/ipr_new/normas/DNIT063_2004_PRO.pdf
- _____. Norma DNIT 067/2004 – ES: **Pavimento Rígido – Reabilitação – Especificação de serviço**. Rio de Janeiro, 2004. Disponível em http://www1.dnit.gov.br/arquivos_internet/ipr/ipr_new/normas/DNIT067_2004_ES.pdf
- ABDEL-WAHED, T. A; HASHIM, I. H. **Effect of speed hump characteristics on pavement condition**. Journal of Traffic and Transportation Engineering. 4 (2017) 103-110.
- ABREU, V. J ; MEZZALIRA, A; F.e MAIA,C. O. L, **Brazilian special cements for shotcrete and injections in undergrounding constructions**. International Symposium for underground structures. Anais. São Paulo, 2005.
- AİTCIN, P.C. **The durability characteristics of High-Performance Concrete: a review**. Cement & Concrete Composites, Great Britain: Elsevier Science, v. 25, p. 409-420, 2003.
- ANDRADE, W. **Incentivo ao uso da bicicleta: uma tendência mundial**. Publicado em: 09 de julho de 2014. Disponível em:<<http://sustentarqui.com.br/urbanismo-paisagismo/incentivo-ao-uso-da-bicicleta-uma-tendencia-mundial/>>. Acesso em: 18 de agosto de 2017.
- ANTUNES, L.L. **Avaliação das Infraestruturas cicloviárias implantadas no corredor universitário em Goiânia**. Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geotecnia, Estruturas e Construção Civil da Universidade Federal de Goiás. Goiânia 2015.

- BALBO, J. T. **Pavimentos de Concreto**. Oficina de Textos. São Paulo. 2009. ISBN 978-85-86238-90-1.
- BASTOS, C; MOTA, E. **Pavimentação de ciclovias**. Rodovias & Vias – Infraestrutura e Desenvolvimento, Ano 14 – Edição 74/2013.
- BIANCHI, F. R.; BRITO, I. R. T.; CASTRO, V. A. B. **Estudo comparativo entre pavimento rígido e flexível**. Espírito Santo: Associação de Ensino Superior Unificado Centro Leste – UCL, 08 set. 2008.
- BORDALO, R.; BRITO, J. P.; GASPAR, L.; SILVA, A. **Abordagem a um modelo de previsão da vida útil de revestimentos cerâmicos aderentes - Service life prediction modelling of adhesive ceramic tiling systems**. Teoria e Prática na Engenharia Civil, p. 55–69, 2010.
- BRASIL. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. **Manual de Recuperação de Pavimentos Rígidos**. 140p. Rio de Janeiro, 2010.
- BRASIL. Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Transporte e Mobilidade Urbana. Programa Bicicleta Brasil. **Caderno de Referência para Elaboração de Plano de Mobilidade por Bicicleta nas Cidades**. Brasília-DF. Semob, 2007.
- CANADIAN CEMENT ASSOCIATION. **The benefits of concrete roads**. Ottawa, Canadá, 2000.
- CARGNIN, A.P. **Análise experimental e analítica da fissuração de pavimentos de concreto continuamente armados em clima tropical**. Dissertação de Mestrado – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Transportes. São Paulo, 2016. 188p.
- CARVALHO, M.D. **Recomendações de projeto e execução de ciclovias em concreto**. ABCP, São Paulo, 2012.
- CHANG, G., R. RASMUSSEN, D. MERRITT, S. GARBER, and S. KARAMIHAS. **Impact of Temperature Curling and Moisture Warping on Jointed Concrete Pavement Performance**. TechBrief: Federal Highway Administration, No. FHWA-HIF-10- 010, In, 2010.
- CHAPADEIRO, F.C. **Limites e potencialidades do planejamento cicloviário: um estudo sobre a participação cidadã**. 2011. 131f. Dissertação (Mestrado em Transportes) – Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, 2011.
- CHU, I. et al. **Estimation of temperature effects on autogenous shrinkage of concrete by a new prediction model**. Construction and Building Materials. v.35, p. 171-182, 2012.
- CONCRETE SOCIETY. Non structural cracks in concrete, Thechnical report n°22. London, 1982.
- CONFEDERAÇÃO NACIONAL DO TRANSPORTE – CNT. **Transporte Rodoviário: por que os pavimentos das rodovias do Brasil não duram?** Brasil: CNT, 2017.

CORAZZA, M. V; DI MASCIO, P; MORETI, L. **Managing sidewalk pavement maintenance: A case study to increase pedestrian safety**. Journal of traffic and transportation engineering (english edition); 3 (3): 203 e 214. 2016.

D.C.: Headquarters, Department of the Army, 1982. Disponível em: <<https://www.free-ebooks.net/ebook/Pavement-Maintenance-Management/pdf?dl&preview>>. Acesso em: 24 de agosto de 2017.

DAL MOLIN, D. C. C.; ISAIA, G. C. **Concreto: ciência e tecnologia**. São Paulo: IBRACON, 2011. v. 1.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRA-ESTRUTURA TERRESTRE. **Norma DNIT 060/2004 – PRO: Pavimento rígido – Inspeção visual – Procedimento**. Rio de Janeiro, 2004. Disponível em http://www1.dnit.gov.br/arquivos_internet/ipr/ipr_new/normas/DNIT060_2004_PRO.pdf

DNIT - DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRA-ESTRUTURA DE TRANSPORTES. **Manual de estudos de tráfego**. Rio de Janeiro: 2006.

ELBOSHY, B; NEGM, A; GAMLELDIN, M; ABDEL-FATTAH, S. **Life cycle assessment for sidewalk pavement types, Case Study: Extension of new Borg El-Arab city**. Procedia Engineering 181, 370-377, 2017.

GEIPOT. **Manual de Planejamento Cicloviário**. Empresa Brasileira de Planejamento de Transportes, Brasília: Ministério dos Transportes, 2001.

GÖTSCHI, T.; J. Garrard e B. Giles-Corti. **Cycling as a part of daily life: A review of health perspectives**. Transport Reviews, v. 36, n. 1, p. 45-71. (2016).

HELENE, P. 2007. **Rehabilitación y Mantenimiento das Estructuras de Concreto**. São Paulo, Paulo Helene & Fernanda Pereira, 775 p.

HOLCIM AUSTRALIA. **Curing of concrete techniques**. <www.holcim.com.au/products-and-services/tools/faqs-and-resources/do-it-yourself-diy/curing-of-concretetechniques.html> Acesso em: 28 de novembro de 2017.

HOLM, A. L.; GLÜMER, C. e DIDERICHSEN, F. (2012) **Health Impact Assessment of increased cycling to place of work or education in Copenhagen**. BMJ Open, v. 2, n. 4, e001135.

IEMA - INSTITUTO DE ENERGIA E MEIO AMBIENTE. **A bicicleta e as cidades: como inserir a bicicleta na política de mobilidade urbana**. São Paulo, 2010.

INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA (IPEA). **Mobilidade urbana. O Sistema de Indicadores de Percepção Social (SIPS)**, janeiro 2011. Brasília: IPEA, 2011. Disponível em:

<http://www.ipea.gov.br/portal/images/stories/PDFs/SIPS/110124_sips_mobilidade.pdf>. Acesso em: jul.2017.

INSTITUTO IDD. **5 motivos para se usar o pavimento rígido, principalmente em corredores de ônibus**. Disponível em: < <http://www.idd.edu.br/blog/idd-news/5-motivos-para-se-usar-o-pavimento-rigido-principalmente-em-corredores-de-onibus>> 29 de março de 2017. Acesso: 17 de julho de 2017.

JOSHAGHANI, A.; ZOLLINGER D. G. **Concrete pavements curing evaluation with non-destructive tests**. Construction and Building Materials. 154 (2017) 1250–1262.

KELLY, G; DELANEY, D; CHAI, G; MOHAMED, S. **Optimizing local council's return investing from annual pavement rehabilitation budgets through targeting of the average pavement condition index**. Journal of Traffic and Transportation Engineering. 3 (2016) 465-474.

LITMAN, T; **Quantifying the Benefits of Nonmotorized Transportation for Achieving Mobility Management Objectives**; Victoria Transport Policy Institute, 2010.

LONDON CYCLING DESIGN STANDARDS. **Chapter 7 – Construction, including surfacing**. Publicado por Transport for London, 2014.

LOPRECIPE, G; PANTUSO, A. **A Specified produce for distress identification and assessment for urban road surfaces based on PCI**. Coatings 2017, 7, 65.

LOPRECIPE, G; PANTUSO, A; DI MASCIO, P. **Sustainable pavement management system in urban areas considering the vehicle operating cost**. Sustainability 2017, 9, 453; doi:10.3390/su9030453.

MADSEN, T. K. O; LAHRMANN, H. **Comparison of five bicycle facility designs in signalized intersections using traffic conflict studies**. TransportationResearchPart F 46 (2017): 438-450.

MARANHÃO, M. L. N; SANTOS, A. R; ANTUNES, H; FABRÍCIO, J. V. F; KLEM, R. N. **Caderno de encargos para execução de projetos ciclovários**. Prefeitura do Rio de Janeiro. Junho de 2014.

MEAN, A; ANANIAS, R; OLIVEIRA, V. **Pavimentação Rígida**. Projeto de Pesquisa. Universidade São Francisco. Itatiba – SP. Novembro de 2011.

MICHELS, D. J. **Pavement Condition Index and Cost of Ownership Analysis on Preventative Maintenance Projects in Kentucky**. (2017).Theses and Dissertations--Civil Engineering. 53.

MOTTA, R. A. **Método para a Determinação da Sustentabilidade de Ciclovias**. Tese de Doutorado, Publicação T.TD-004A/2016, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 276p. (2016).

NASCIMENTO, M; BAUER, E; SOUZA, J; ZANONI, V. **Estudo da Degradação por Ação de Agentes Climáticos nas Fachadas de Edifícios**. REABEND, 24-27 de maio, 2016.

NETO, G. L. G. **Estudo comparativo entre a pavimentação flexível e rígida**. Universidade da Amazônia. Belém, 2011.

OECD. **Cycling, Health and Safety**. Organization for Economic Co-operation and Development, Paris. (2013).

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS (ONU). **UN bike ride highlights importance of sustainable transport**, Un news centre, 2012. Disponível em: <<http://www.un.org/apps/news/story.asp?NewsID=42188#.VgG19N9Vikp>>. Acesso em: jul. 2017.

PINHEIRO, P. I. SANTOS; BAUER, E; SOUZA, J. S. **Aplicação do Método de \mensuração da Degradação com a Finalidade de Quantificação da Vida Útil**. XII Simpósio Brasileiro de Tecnologia das Argamassas. São Paulo. 22 a 24 de agosto de 2017.

REIS, T. **Ciclovias representam apenas 1% da malha viária das capitais do país**. Publicado em 23 de março de 2014. Disponível em: <<http://g1.globo.com/brasil/noticia/2014/03/ciclovias-representam-apenas-1-da-malha-viaria-das-capitais-no-pais.html>>. Acesso em: 18 de agosto de 2017.

RODRIGUES, J.L.A. **Concessão de Pavimentos Rígidos**. Mestrado Integrado em Engenharia Civil -2010/2011 - Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia de Universidade do Porto, Porto, Portugal, 2011.

SANDOVAL, C. H. H. **Patología de Pavimentos Articulados**. Revista Ingenierías. Universidade de Medellin, vol. 9, N° 17, pp. 75-94 – ISSN 1692-3324. 2010.

SANTOS, D. G; DE MACÊDO, M. S. P. H; SOUZA, J. S; BAUER, E. **Mensuração e Distribuição de Patologias na Degradação de Fachadas em Argamassa**. 6ª Conferência sobre Patologia e Reabilitação de Edifícios – PATORREB. 04-06 de abril POLI/UFRJ. 2018.

SANTOS, A. **Ciclovias se espalham pelo mundo, e preferem concreto**. Publicado em: 25 de fevereiro de 2016. Disponível em:< <http://www.cimentoitambe.com.br/ciclovias-pelo-mundo-concreto/>>. Acesso em: 18 de agosto de 2017.

SANTOS, A.Z.; SOUSA, S.R. (2016). **Aproveitamento de Resíduos da Construção Civil para uso em Pavimentação de Ciclovias**. Monografia de Projeto Final, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 79 p.

SENÇO, W. **Manual de Técnicas de Pavimentação**. 1ª ed., São Paulo, Pini, vol. 2, 671p. 2001.

SETYWAN, A. NAINGGOLAN, J. BUDIARTO, A. **Predicting the remaining service life of road using pavement condition index**. Procedia Engineering 125, 417 – 423, (2015).

SILVA, M. N. B. (2014). **Avaliação Quantitativa da Degradação e Vida Útil de Revestimentos de Fachada – Aplicação ao Caso de Brasília/DF**. Tese de Doutorado em Estruturas e Construção Civil, Publicação E.TD-006A/14, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 198 p.

SILVA, A. F. F.; BRITO, J.; GASPAR, P. L. **Modelo de previsão da vida útil de revestimentos de pedra natural de paredes (fixados directamente ao suporte)**. Engenharia Civil, p. 35–50, 2011(a).

SILVA, A. F. F. **Previsão da vida útil de revestimentos de pedra natural de paredes**. Dissertação (Mestrado) Universidade técnica de Lisboa Instituto Superior Técnico, 2009.

SILVA, P. F. A. **Manual de Patologia e manutenção de pavimentos**. 2 ed. São Paulo: Pini, 2008.

SOUZA, J. S. **Evolução da degradação de fachadas - efeito dos agentes de degradação e dos elementos constituintes**. Dissertação de Mestrado em Estruturas e Construção Civil, Publicação 07A/16, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 114p. (2016).

TAWALARE, A; RAJU, K. V. **Pavement performance index for Indian rural roads**. Perspectives in Science 8, 447—451, (2016).

Technical Manual TM 5-623: **Pavement Maintenance Management**. Washington U.S. ARMY CONSTRUCTION ENGINEERING RESEARCH LABORATORY.

Xu, C.; Yang, Y.; Jin, S.; Qu, Z.; e Hou, L. (2016). **Potential risk and its influencing factors for separated bicycle paths**. Accident Analysis & Prevention 87 (2016): 59-67.

APÊNDICE A

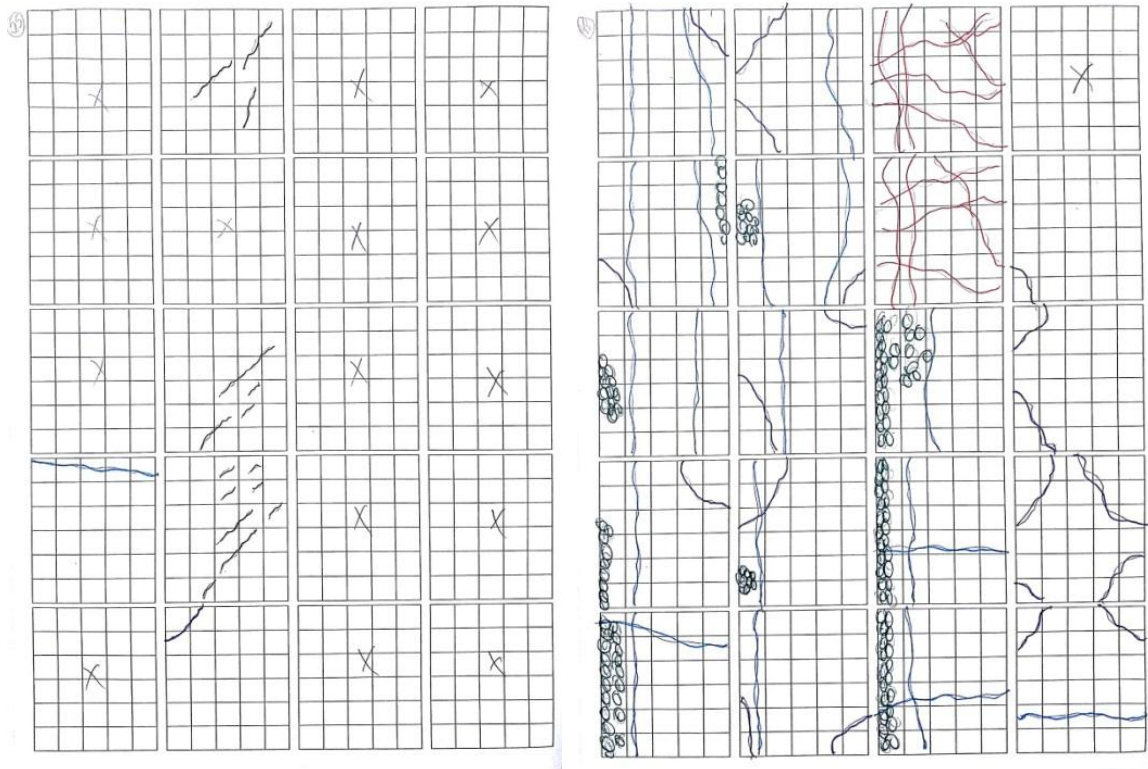
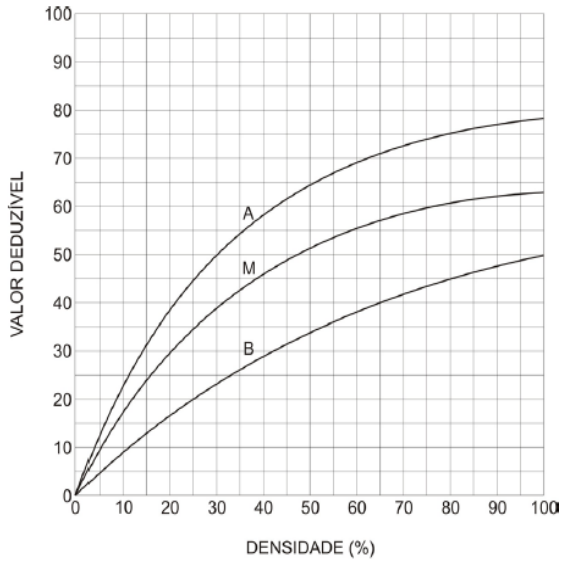
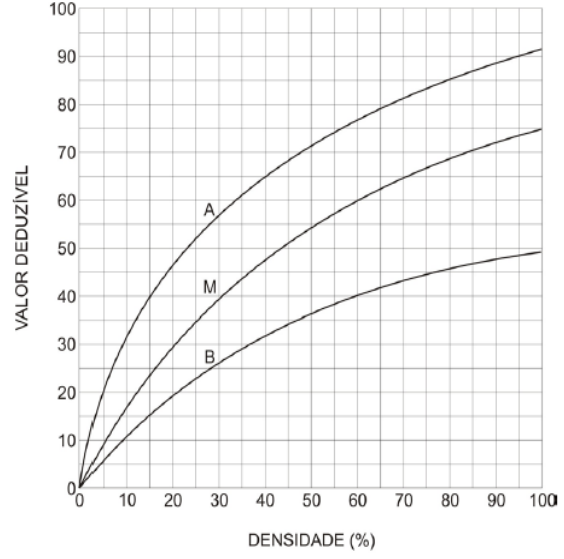


Figura A1: Ilustração dos croquis de amostras diferentes utilizados para quantificação dos danos. A esquerda uma amostra com poucas incidências, e a direita uma amostra bastante danificada

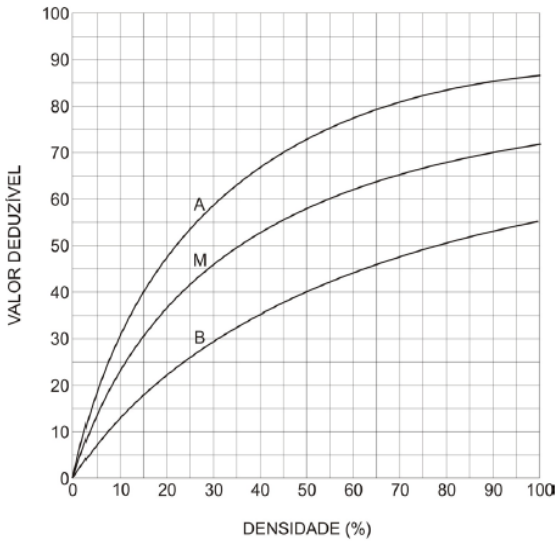
ANEXO A



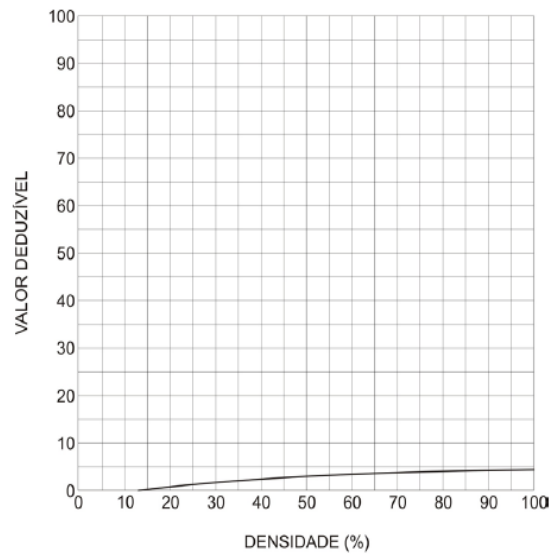
Fissura de canto



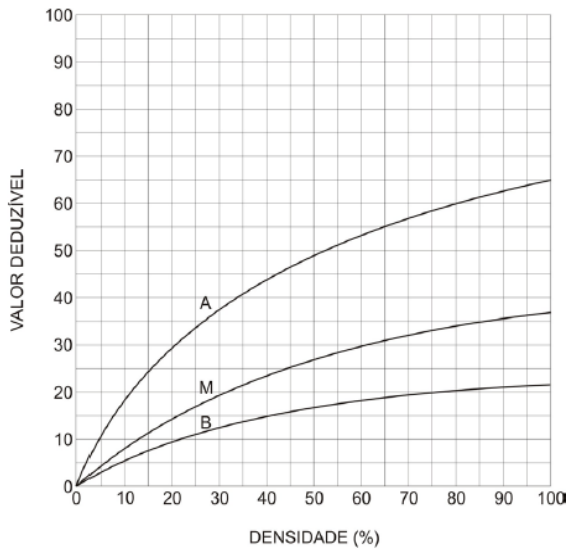
Placa Dividida



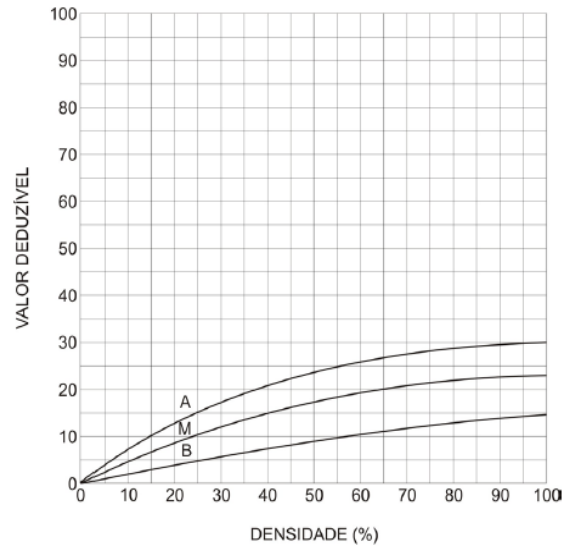
Quebra Localizada



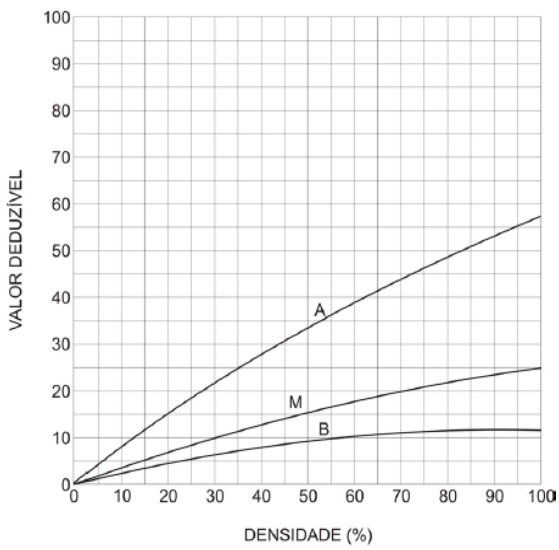
Fissura Por Retração Plástica



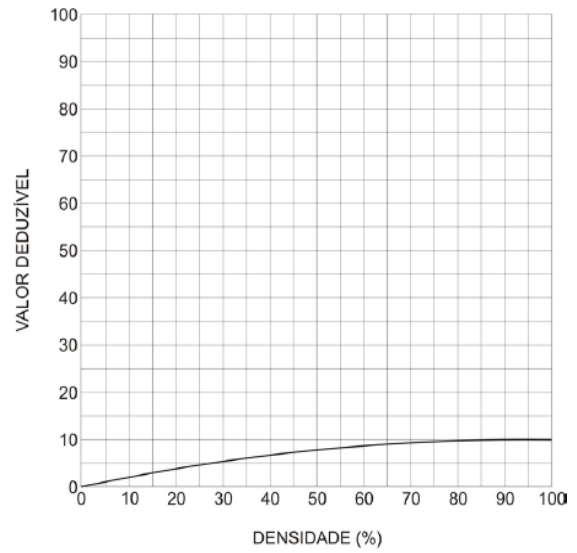
Fissuras Lineares



Quebra de Canto

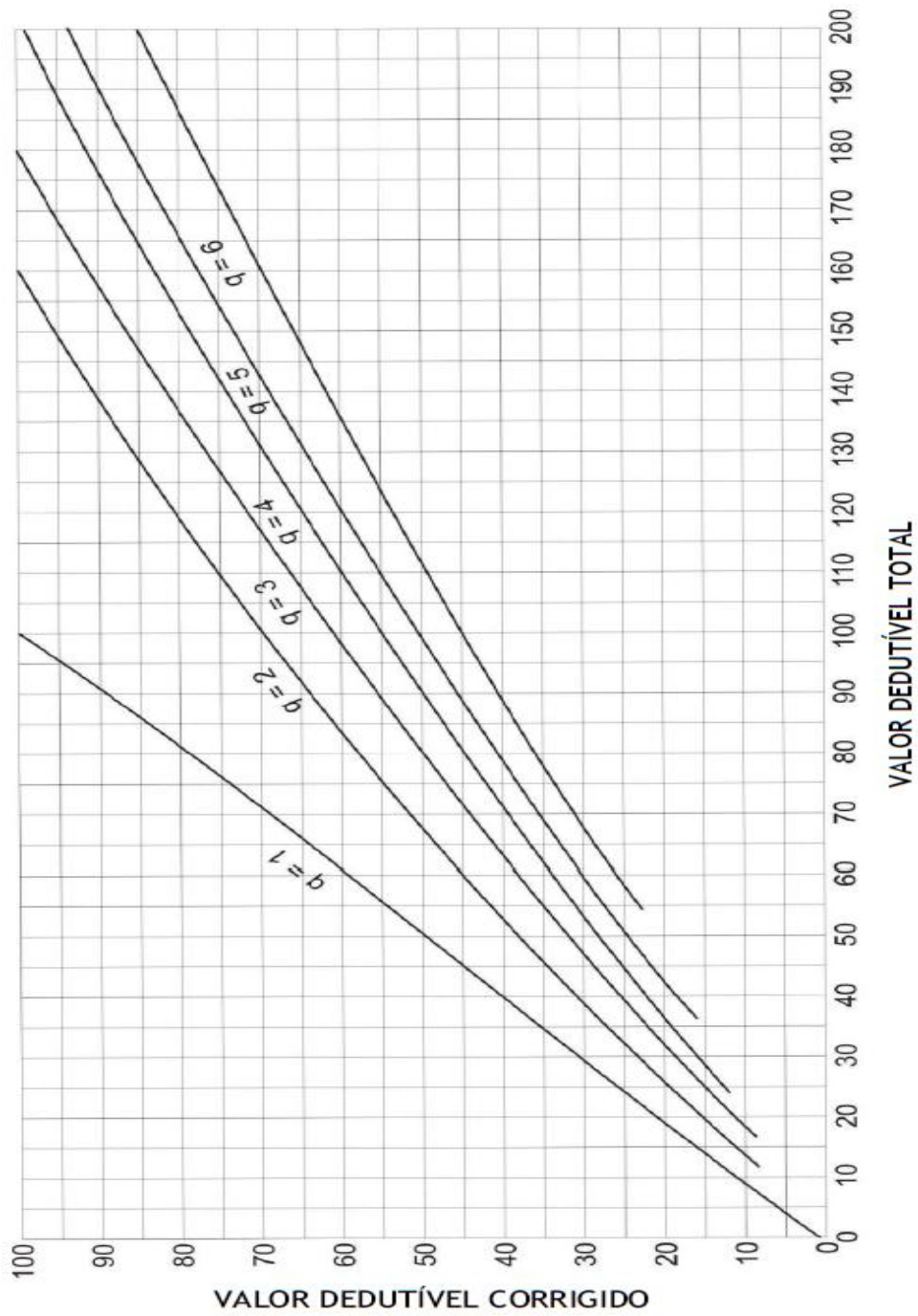


Esborciamento de Juntas



Desgaste Superficial

Figura: AN1: Curvas para a determinação dos valores dedutíveis dos defeitos



Fonte: CERL (1979)

Figura AN2: Curva para a determinação dos valores dedutíveis corrigidos dos defeitos