



FATEC – SP

Faculdade de Tecnologia de São Paulo

Departamento de Transporte e Obras de Terra

IAGO CAMILO DA SILVA

**ANÁLISE DE PAVIMENTO FLEXÍVEL: ESTUDO DE UM
TRECHO CRÍTICO NA RODOVIA BR – 222**

**SÃO PAULO
2015**

IAGO CAMILO DA SILVA

**ANÁLISE DE PAVIMENTO FLEXÍVEL: ESTUDO DE UM
TRECHO CRÍTICO NA RODOVIA BR – 222**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado à Faculdade de Tecnologia de
São Paulo, como parte dos requisitos para a
obtenção do grau de Tecnólogo em
Movimento de Terra e Pavimentação.
Orientador: Prof. Me. Josué Alves Roso

**SÃO PAULO
2015**

AGRADECIMENTOS

Estendo meus agradecimentos a todos aqueles que de alguma maneira contribuíram para a realização deste trabalho dentre os quais destaco:

Meu pai David Antônio Camilo da Silva e minha mãe Elaine Ana Maria Neri que sempre me incentivaram a estudar, indo em busca dos meus objetivos.

Ao professor Josué Alves Roso, pela orientação, compreensão e disponibilidade durante a execução deste trabalho.

RESUMO

O transporte rodoviário é o principal meio de escoamento da produção nacional. A malha viária brasileira merece especial atenção em sua conservação, pois se trata de um valioso patrimônio, representando muito para o desenvolvimento do país e para a manutenção do crescimento da economia. Este trabalho teve como objetivo principal estudar defeitos de pavimentos flexíveis, fundamentado em bibliografias atualizadas e em estudo de campo. Esse estudo foi disponibilizado pela rodovia BR 222 – MA no trecho na divisa de PI/MA e no subtrecho da entrada 006 (km 504,02) até o km 596,86, tendo sua extensão de 92,84. Foram analisados dois parâmetros de avaliação, sendo, o Índice de gravidade Global e o Afundamento de Trilha de Rodas, parâmetros obtidos na avaliação objetiva da superfície do pavimento flexível do km 504,02 até o km 509,02, uma extensão de 5 km. Pretendeu-se com este trabalho expor as técnicas de detecção dos defeitos em pavimentos flexíveis, servindo como um manual prático de pesquisa que proporcionará soluções técnicas de conservação para os pavimentos, suas causas e possíveis correções. Desta forma pode-se prolongar a vida útil do pavimento e melhorar suas condições de conforto e segurança devido, à aplicação da forma adequada de recuperação, assim tornando possível traçar um plano de gerenciamento com as necessidades atuais. O trabalho apresenta a avaliação comparativa de resultados coletados dos índices de gravidade global e afundamento de trilhas de rodas de um trecho de pavimento que foi efetuado durante um período de sete anos. Nesses trechos foram aplicadas duas técnicas de manutenção, sendo, um com recapeamento convencional e outro com reciclagem profunda. Os resultados demonstraram que as evoluções dos defeitos analisados foram menores nos trechos onde se aplicou a reciclagem profunda com adição de cimento. Também se observou que nos modelos de previsão de desempenho utilizados, o aplicado para o pavimento reciclado mostrou-se mais preciso na previsão e o modelo aplicado no pavimento recapeado apontou para uma necessidade de calibração dos índices do modelo.

Palavras-Chave: Pavimento flexível. Defeitos de pavimento.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Quadro2.1 – Extensão total das rodovias não pavimentadas 1996-2000	13
Quadro2.2 – Extensão total das rodovias pavimentadas 1996-2000	14
Figura 3.1 – Composição do pavimento flexível.....	17
Quadro 3.1 – Resumo dos defeitos – Codificação e Classificação	18
Figura 3.2 – Representação esquemática dos defeitos em pavimentos flexíveis	20
Figura 5.1– Variação da serventia com o tráfego ou tempo decorrido de utilização da via.	24
Figura 6.1 – Treliça para medição das flechas da trilha de roda	28
Quadro 6.1 – Valor de Ponderação.....	32
Quadro 6.2 – Planilha de Cálculo do IGG.....	34
Quadro6.3 – Conceitos de degradação do pavimento em função do IGG	35
Quadro 6.4 – Formulário de Inventário do estado da superfície do pavimento	36
Figura 7.1 – Trecho da Rodovia BR -222	38
Figura 7.2 – Perfil original do pavimento da BR-222	39
Figura 7.3 – Perfil recapeado (espessura de fresagem 6 cm) do pavimento da BR-222	39
Figura 7.4 – Perfil reciclado (espessura de fresagem 25 cm) do pavimento da BR-222	40
Gráfico 8.1 – Afundamento de Trilha de Roda (ATR)	41
Gráfico 8.2 – Índice de Gravidade Global (IGG).....	42
Figura 9.1 – Resultados da previsão do desempenho ATR pavimento recapeado.....	44
Figura 9.2 – Resultados da previsão do desempenho ATR pavimento reciclado	44
Figura 9.3– Resultados do desempenho do pavimento (previsto e medido) no período analisado	45
Gráfico 9.1 – Comparação do Trecho Recapeado Previsto e Analisado.....	45
Gráfico 9.2 – Comparação do Trecho Reciclado Previsto e Analisado	46
Gráfico 9.3 – Comparação dos Trechos Recapeado e Reciclado - Previsto e Analisado	46

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AASHTO – Associação Norte-Americana de Especialistas Rodoviários e de Transporte

ATR – Afundamento de Trilha de Rodas

CNT – Confederação Nacional do Transporte

CTVIAS – Centro Tecnológico de Infraestrutura Viária

DNER – Departamento Nacional de Estradas de Rodagem

DNIT – Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes

FWD – FallingWeightDeflectometer

GEIPOT – Grupo Executivo de Integração da Política de Transportes

GPR – GroundPenetrating Radar

IGG – Índice de Gravidade Global

IGI – Índice de Gravidade Individual

IRI – Índice de Irregularidade Longitudinal

TER – Trilhas de Roda Externa

TRI – Trilhas de Roda Interna

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	9
1.1	OBJETIVO	9
1.1.1	OBJETIVO GERAL	9
1.1.2	OBJETIVO ESPECÍFICO	10
1.2	JUSTIFICATIVA	10
1.3	MÉTODO DE TRABALHO	10
2	PAVIMENTO	12
2.1	SITUAÇÃO ATUAL DA PAVIMENTAÇÃO NO BRASIL	12
2.2	CONCEITO	15
2.3	CLASSIFICAÇÕES	15
2.3.1	PAVIMENTO FLEXÍVEL	15
2.3.2	PAVIMENTO RÍGIDO	16
2.3.3	PAVIMENTO SEMIRRÍGIDO	16
3	PAVIMENTO FLEXÍVEL	17
3.1	CARACTERÍSTICAS	17
3.2	DEFEITOS	18
3.2.1	DEFINIÇÕES DOS DEFEITOS	19
4	MANUTENÇÃO DO PAVIMENTO	21
5	AValiação DOS PAVIMENTOS	24
5.1	Avaliação Funcional	25
5.2	Avaliação Estrutural	25
5.3	Previsão de Desempenho	26
6	NORMA DNIT PRO-006/2003	27
6.1	Flecha na trilha de roda	27
6.2	Superfície de avaliação	27
6.3	Terminologia correlata	27
6.4	Condições de aplicação	27
6.5	Aparelhagem	28
6.6	EXECUÇÃO DA NORMA 006/2003	29
6.6.1	Localização das superfícies de avaliação	29
6.6.2	Demarcação das superfícies de avaliação	29
6.6.3	Medidas das flechas	29
6.6.4	Inventário das ocorrências (Defeitos)	30
6.7	CÁLCULOS DA NORMA 006/2003	30
6.7.1	Frequências absolutas e relativas	30
6.7.2	Parâmetros	31
6.7.3	Índice de gravidade individual (IGI)	32
6.7.4	Índice de gravidade global (IGG)	33
6.7.5	Conceito de degradação do pavimento	35
7	ESTUDO DE CASO	37

7.1	Matriz de avaliação	38
8	ANÁLISE DO ATR E IGG	41
9	PREVISÃO DE DESEMPENHO	43
9.1	Resumo dos Resultados.....	45
10	ANÁLISES DOS RESULTADOS	47
11	CONCLUSÕES	48
	REFERÊNCIAS	50
	ANEXO A – Formulário de Inventário do estado da superfície do pavimento da BR 222	53

1 INTRODUÇÃO

Os meios de transporte são elementos de extrema importância para que ocorra o desenvolvimento socioeconômico de uma determinada região. Através da mobilidade, sejam produtos de exportação ou importação, e da acessibilidade a todas as partes de um território, os meios de transporte tornam-se fundamentais à sociedade.

O objetivo principal da pavimentação é garantir a trafegabilidade em qualquer época do ano e condições climáticas, proporcionar aos usuários conforto ao rolamento e primordialmente segurança.

Diagnosticar os defeitos e aplicar soluções tecnológicas torna-se uma questão essencial no que se refere à manutenção da pavimentação. Haverá um momento em que será necessário algum tipo de medida, corretiva ou preventiva, para a manutenção da via. Busca-se, deste modo, a melhor relação custo-benefício para o tema.

A pesquisa desenvolvida tem por finalidade auxiliar na evolução tecnológica para dimensionamento e caracterização dos defeitos na via, visando estudos para execução de reparos em pavimentos flexíveis.

A análise efetuada do pavimento flexível, na divisa dos estados de Piauí e Maranhão, tem como finalidade apresentar os possíveis defeitos, além de várias e modernas técnicas de reparo deste pavimento, deixando assim um legado para a correta manutenção e conservação das vias, na tentativa de amenizar problemas como o congestionamento do tráfego de veículos.

1.1 OBJETIVO

Este trabalho teve como objetivo principal descrever, reconhecer e analisar os principais tipos de defeitos nos pavimentos flexíveis expondo alguns procedimentos de avaliação da superfície desses pavimentos.

1.1.1 OBJETIVO GERAL

Realizar o estudo de caracterização dos defeitos do pavimento flexível, descrever o procedimento de avaliação objetiva da superfície dos pavimentos utilizando, principalmente, a norma 006/2003 – PRO (avaliação objetiva da superfície de pavimentos flexíveis e semirrígidos). (DNIT, 2003b)

Aprimorando estudos para identificação e caracterização de defeitos em pavimentos flexíveis no trecho em questão.

1.1.2 OBJETIVO ESPECÍFICO

Por objetivo específico o autor apresenta um estudo de caso realizado na BR 222-MA, sendo, a realização de uma comparação dos resultados da avaliação da superfície dos pavimentos de acordo com a PRO-006/2003 DNIT em duas estruturas distintas, uma com reciclagem profunda e outra somente com recapeamento simples.

Caracterizar seu estado de conservação, observando e avaliando os defeitos em questão, verificando o histórico da via, pelo material disponibilizado pelo BR 222 – MA.

1.2 JUSTIFICATIVA

Para a tomada de decisão sobre técnicas de recuperação a serem aplicadas e/ou empregadas num determinado pavimento, são necessários conhecimentos de vários fatores que envolvem a infraestrutura desse pavimento, não só o estado da superfície e da estrutura do pavimento, bem como as técnicas que apresentam melhor desempenho na vida de serviço do pavimento, portanto a caracterização dos defeitos, formas de avaliação dos pavimentos e técnicas de manutenção são motivos de estudos para essas tomadas de decisão, ou seja, conhecer diversos fatores para melhor aplicar os recursos. Esse trabalho propõe-se a contribuir com o conhecimento de uma parte dessa necessidade.

1.3 MÉTODO DE TRABALHO

Este trabalho de pesquisa constitui-se de uma explanação sobre os defeitos encontrados nos pavimentos flexíveis, por meio de dados obtidos em artigos técnicos, dissertações, teses, normas, livros, publicações, analisando os métodos e conceitos utilizados atualmente e obras renomadas do assunto em questão.

A coleta das informações técnicas desenvolveu-se primeiramente com a localização do trecho do pavimento flexível, onde foi feito o reconhecimento dos defeitos existentes no pavimento e suas caracterizações.

Posteriormente, os defeitos identificados foram comparados, com aquelas constantes em manuais, com a finalidade de estudar as prováveis causas que levaram ao desenvolvimento dos defeitos no pavimento flexível.

De posse das informações de campo, procurou-se pesquisar as soluções técnicas mais adequadas para o trecho estudado.

Comparativo do desempenho funcional, segundo o Índice de Gravidade Global (IGG) e Afundamento de trilha de rodas (ATR) dos pavimentos ao longo de 7 anos onde foram coletados os dados.

2 PAVIMENTO

2.1 SITUAÇÃO ATUAL DA PAVIMENTAÇÃO NO BRASIL

Segundo dados da Confederação Nacional do Transporte (CNT), aproximadamente 61% do transporte de cargas realizado no Brasil é rodoviário. Já o modal ferroviário responde por 24%, o aquaviário por 12%, o dutoviário por 3% e o aéreo por menos de 1%. O modal de transporte rodoviário encontra-se em estado deficiente, sendo os investimentos às rodovias prioritárias neste momento, não apenas por ser o modal mais utilizado, mas por exigir menor investimento quando comparado aos demais. Importante destacar ainda que pelo modal rodoviário circulam 96% dos passageiros. (BERNUCCI et al., 2006)

Uma pesquisa realizada em 2013, pela CNT, sobre a qualidade das rodovias brasileiras, revelou um dado preocupante: 63,8% das rodovias federais e estaduais pavimentadas apresentaram algum tipo de comprometimento no pavimento, na sinalização ou na geometria da via. (CNT, 2013)

A Associação Norte-Americana de Especialistas Rodoviários e de Transporte (AASHTO) afirma que a manutenção de uma rodovia em boas condições é mais barata do que a recuperação de uma rodovia em más condições (AASHTO, 2009). Por sua vez, Colares (2011) diz que:

Rodovias em situação de boa qualidade custam menos aos cofres públicos e, por isso, deve-se buscar a reabilitação das condições do revestimento do pavimento antes que os danos se propaguem para além da camada de revestimento e sejam necessários trabalhos de recuperação estrutural.

Em 1997, indicações gerais da pesquisa CNT apontavam que 92,3% das estradas brasileiras avaliadas na pesquisa eram classificadas como deficientes ruins ou péssimas. Em 2004, esse índice era de 74,7% em 2009 de 69% e em 2013 este número passou para 46,9%. Observa-se uma melhoria nas condições dos pavimentos, uma vez que em 10 anos o percentual recuou aproximadamente 28%. (CNT, 2013)

De acordo com o Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte, a malha rodoviária do país tem quase 1,7 milhões de quilômetros em 2014. Desse total, 87,9% não têm pavimentação. De acordo com Quadro 2.1 identifica-se a extensão das rodovias não pavimentadas.

Quadro2.1 – Extensão total das rodovias não pavimentadas 1996-2000

km					
REGIÃO E UNIDADE DA FEDERAÇÃO	1996	1997	1998	1999	2000
NORTE	...	87.247	...	91.128	90.702
Rondônia	...	21.016	...	21.016	21.016
Acre	...	1.787	...	4.554	4.561
Amazonas	...	4.332	...	4.495	4.495
Roraima	...	4.122	...	4.359	4.384
Pará	...	30.926	...	30.860	30.735
Amapá	...	1.789	...	1.915	1.915
Tocantins	...	23.275	...	23.929	23.596
NORDESTE	...	355.097	...	360.683	360.158
Maranhão	...	48.476	...	48.308	47.840
Piauí	...	49.158	...	52.840	52.840
Ceará	...	41.814	...	43.752	43.752
Rio Grande do Norte	...	23.168	...	23.176	23.176
Paraíba	...	30.212	...	30.587	30.587
Pernambuco	...	35.858	...	36.109	36.109
Alagoas	...	10.759	...	10.680	10.680
Sergipe	...	7.791	...	7.562	7.562
Bahia	...	107.861	...	107.669	107.612
SUDESTE	...	427.011	...	458.207	458.312
Minas Gerais	...	213.458	...	245.632	245.737
Espírito Santo	...	26.942	...	27.135	27.135
Rio de Janeiro	...	16.892	...	16.746	16.746
São Paulo	...	169.719	...	168.694	168.694
SUL	...	430.738	...	443.648	443.758
Paraná	...	245.668	...	245.595	245.704
Santa Catarina	...	55.966	...	56.081	56.081
Rio Grande do Sul	...	129.104	...	141.972	141.973
CENTRO-OESTE	...	207.748	...	207.011	207.011
Mato Grosso do Sul	...	49.265	...	48.874	48.874
Mato Grosso	...	78.880	...	80.046	80.046
Goiás	...	78.877	...	77.365	77.365
Distrito Federal	...	726	...	726	726
TOTAL	...	1.507.841	...	1.560.677	1.559.941

Fonte: GEIPOT [20--]

NOTA: A fonte não realizou o levantamento dos dados nos anos de 1996 e 1998.

No Brasil, no ano de 2014, 12,1% das rodovias estavam pavimentadas segundo a Empresa de Planejamento de Transportes do Ministério dos Transportes (GEIPOT), distribuídas pelo território nacional conforme Quadro 2.2 identifica-se a extensão das rodovias pavimentadas.

Quadro2.2 – Extensão total das rodovias pavimentadas 1996-2000

km					
REGIÃO E UNIDADE DA FEDERAÇÃO	1996	1997	1998	1999	2000
NORTE	...	9.475	...	12.083	12.394
Rondônia	...	1.417	...	1.417	1.417
Acre	...	480	...	838	838
Amazonas	...	1.702	...	1.705	1.705
Roraima	...	746	...	908	900
Pará	...	3.417	...	3.725	3.840
Amapá	...	223	...	223	223
Tocantins	...	1.490	...	3.267	3.471
NORDESTE	...	41.763	...	44.693	45.232
Maranhão	...	4.210	...	4.926	5.407
Piauí	...	3.578	...	3.964	3.964
Ceará	...	6.270	...	6.622	6.622
Rio Grande do Norte	...	3.753	...	4.252	4.252
Paraíba	...	2.978	...	3.177	3.177
Pernambuco	...	5.405	...	5.549	5.549
Alagoas	...	2.230	...	2.252	2.252
Sergipe	...	1.719	...	1.849	1.849
Bahia	...	11.620	...	12.102	12.160
SUDESTE	...	52.574	...	54.216	54.184
Minas Gerais	...	19.075	...	19.266	19.234
Espírito Santo	...	3.015	...	3.090	3.090
Rio de Janeiro	...	5.178	...	5.483	5.483
São Paulo	...	25.306	...	26.377	26.377
SUL	...	29.820	...	32.441	32.364
Paraná	...	15.166	...	15.692	15.615
Santa Catarina	...	5.397	...	6.417	6.417
Rio Grande do Sul	...	9.257	...	10.332	10.332
CENTRO-OESTE	...	17.204	...	20.814	20.814
Mato Grosso do Sul	...	4.651	...	5.270	5.270
Mato Grosso	...	3.995	...	4.509	4.509
Goiás	...	7.822	...	10.295	10.295
Distrito Federal	...	736	...	740	740
TOTAL	...	150.836	...	164.247	164.988

Fonte: GEIPOT [20--]

NOTA: A fonte não realizou o levantamento dos dados nos anos de 1996 e 1998.

Dessa porcentagem, a grande maioria da pavimentação é constituída por pavimentos flexíveis; motivo pelo qual o presente trabalho terá como enfoque os tipos de defeitos, suas causas, métodos de avaliação e sua conservação.

Segundo a CNT nos últimos dez anos, a extensão avaliada cresceu 20,1%. Somente em 2014, foram analisados 1.761 quilômetros a mais que em 2013, o que representa uma elevação de 1,8%. (CNT, 2006)

2.2 CONCEITO

Pavimento é uma estrutura de múltiplas camadas de espessuras finitas, construída sobre a superfície final de terraplenagem, destinada técnica e economicamente a resistir aos esforços oriundos do tráfego de veículos e do clima, e a propiciar aos usuários melhoria nas condições de rolamento com conforto e segurança. (BERNUCCI; MOTTA; CERATTI; SOARES, 2008, p. 09)

De acordo com Balbo (2007) afirma que o pavimento é uma estrutura composta por camadas sobrepostas de diferentes materiais compactados, adequada para atender estrutural e operacionalmente ao tráfego, de maneira durável e ao mínimo custo.

Por fim, Danieleski (2004) citando a atual Norma Brasileira de Pavimentação NBR 72/1982, define pavimento como:

[...] uma estrutura construída após terraplanagem e destinada, econômica e simultaneamente em seu conjunto, a: a) resistir e distribuir ao subleito os esforços verticais produzidos pelo tráfego; b) melhorar as condições de rolamento quanto à comodidade e segurança; c) resistir aos esforços horizontais que nela atuam, tornando mais durável a superfície de rolamento.

2.3 CLASSIFICAÇÕES

Os pavimentos podem ser classificados em flexível, rígido e semirrígido. (DNIT, 2006a)

2.3.1 PAVIMENTO FLEXÍVEL

Pavimento flexível é aquele que em todas as camadas sofre uma deformação elástica significativa sob o carregamento aplicado e, portanto, a carga se distribui em parcelas aproximadamente equivalentes entre as camadas. Exemplo típico: pavimento constituído por base de brita (brita graduada, macadame) ou por uma base de solo pedregulho, revestido por uma camada asfáltica. (DNIT, 2006a)

De acordo com o DNER (2006):

Pavimento flexível é constituído por revestimento asfáltico sobre camada de base granular ou sobre camada de base de solo estabilizado granulometricamente. Os esforços provenientes do tráfego são absorvidos pelas diversas camadas constituintes da estrutura do pavimento flexível.

2.3.2 PAVIMENTO RÍGIDO

Pavimento Rígido é aquele que o revestimento tem uma elevada rigidez em relação às camadas inferiores e, portanto, absorve praticamente todas as tensões provenientes do carregamento aplicado. Exemplo típico: pavimento construído por lajes de concreto de cimento Portland. (DNIT, 2006a)

De acordo com o DNER (2006):

Pavimento rígido é constituído por placas de concreto de cimento Portland assentes sobre camada de sub-base granular ou cimentada. Quando a sub-base for cimentada pode, adicionalmente, haver uma camada inferior de material granular. Os esforços provenientes do tráfego são absorvidos principalmente pelas placas de concreto de cimento Portland, resultando em pressões verticais bem distribuídas e aliviadas sobre a camada de sub-base ou sobre a camada de fundação.

2.3.3 PAVIMENTO SEMIRRÍGIDO

Pavimento semirrígido caracteriza-se por uma base cimentada quimicamente, como por exemplo, por uma camada de solo-cimento revestida por uma camada asfáltica. (DNIT, 2006a)

De acordo com o DNER (2006):

Pavimento semirrígido é constituído por revestimento asfáltico e camadas de base ou sub-base em material estabilizado com adição de cimento. O pavimento semirrígido é conhecido como pavimento do tipo direto quando a camada de revestimento asfáltico é executada sobre camada de base cimentada e do tipo indireto ou invertido quando a camada de revestimento é executada sobre camada de base granular e sub-base cimentada.

3 PAVIMENTO FLEXÍVEL

3.1 CARACTERÍSTICAS

A seguir serão descritas as definições de cada camada do pavimento flexível conforme glossário do DNER -700-GT.(DNER, 1997)

Camada de rolamento: Camada superior de um pavimento.

Base: 1-Camada destinada a resistir aos esforços verticais oriundos dos veículos, distribuindo-os ao subleito, e sobre a qual se constrói o revestimento. Esta camada pode ser constituída de brita fina, cascalho, pedra amarrada, material estabilizado, concreto asfáltico ou de cimento Portland. 2- Substrato construído de material inorgânico não metálico, sobre o qual o revestimento é aplicado.

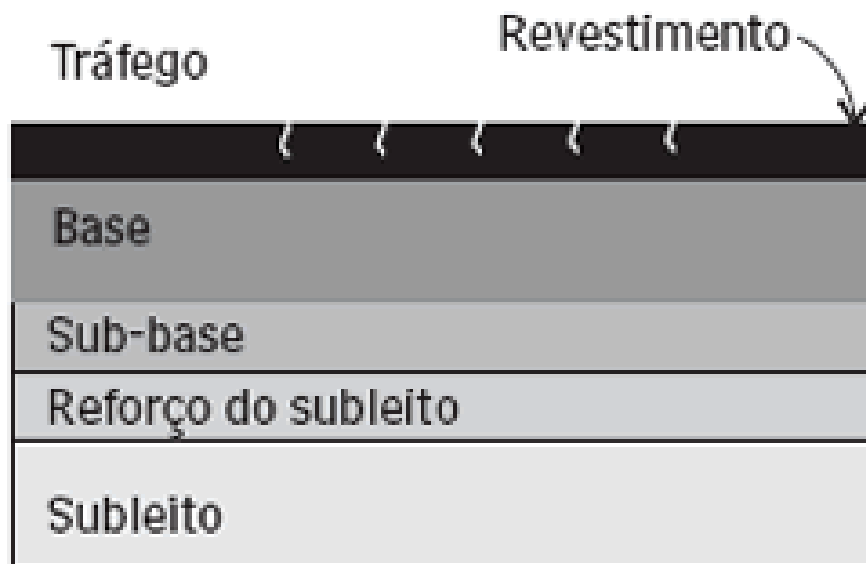
Sub-base: Camada complementar à base, com as mesmas funções desta, e executada quando, por razões de ordem econômica, for conveniente reduzir a espessura da base.

Subleito: Maciço teoricamente infinito que serve de fundação para um pavimento

Reforço do subleito: Camada em geral de 20 cm de espessura, constituída de material granular grosseiros, compactada, que se aplica no caso do subleito de estradas de terra ter baixa capacidade de suporte, antes da aplicação do revestimento primário ou para criar condições para a execução de agulhamento.

A figura 3.1 mostra uma estrutura-tipo de pavimento flexível, com as camadas descritas.

Figura 3.1 – Composição do pavimento flexível



Fonte: TÉCNHE (2006)

3.2 DEFEITOS

O Quadro 3.1 identifica-se todos os defeitos encontrados na Norma DNIT PRO – 06/2003.

Quadro 3.1 – Resumo dos defeitos – Codificação e Classificação

FENDAS				CODIFICAÇÃO	CLASSE DAS FENDAS		
Fissuras				FI	-	-	-
Trincas no revestimento geradas por deformação permanente excessiva e/ou decorrentes do fenômeno de fadiga	Trincas Isoladas	Transversais	Curtas	TTC	FC-1	FC-2	FC-3
			Longas	TTL	FC-1	FC-2	FC-3
		Longitudinais	Curtas	TLC	FC-1	FC-2	FC-3
			Longas	TLL	FC-1	FC-2	FC-3
	Trincas Interligadas	“Jacaré”	Sem erosão acentuada nas bordas das trincas	J	-	FC-2	-
			Com erosão acentuada nas bordas das trincas	JE	-	-	FC-3
Trincas no revestimento não atribuídas ao fenômeno de fadiga	Trincas Isoladas	Devido à retração térmica ou dissecação da base (solo-cimento) ou do revestimento		TRR	FC-1	FC-2	FC-3
	Trincas Interligadas	“Bloco”	Sem erosão acentuada nas bordas das trincas	TB	-	FC-2	-
			Com erosão acentuada nas bordas das trincas	TBE	-		FC-3
	OUTROS DEFEITOS					CODIFICAÇÃO	
Afundamento	Plástico	Local	Devido à fluência plástica de uma ou mais camadas do pavimento ou do subleito		ALP		
		da Trilha	Devido à fluência plástica de uma ou mais camadas do pavimento ou do subleito		ATP		
	De Consolidação	Local	Devido à consolidação diferencial ocorrente em camadas do pavimento ou do subleito		ALC		
		da Trilha	Devido à consolidação diferencial ocorrente em camadas do pavimento ou do subleito		ATC		
Ondulação/Corrugação - Ondulações transversais causadas por instabilidade da mistura betuminosa constituinte do revestimento ou da base					O		
Escorregamento (do revestimento betuminoso)					E		
Exsudação do ligante betuminoso no revestimento					EX		
Desgaste acentuado na superfície do revestimento					D		
“Painelas” ou buracos decorrentes da desagregação do revestimento e às vezes de camadas inferiores					P		
Remendos			Remendo Superficial		RS		
			Remendo Profundo		RP		

Fonte: DNIT (2003a)

Nota 1: Classe das trincas isoladas

FC-1: são trincas com abertura superior à das fissuras e menores que 1,0mm.

FC-2: são trincas com abertura superior a 1,0mm e sem erosão nas bordas.

FC-3: são trincas com abertura superior a 1,0mm e com erosão nas bordas.

Nota 2: Classe das trincas interligadas.

3.2.1 DEFINIÇÕES DOS DEFEITOS

De acordo com a norma DNIT 005/2003 – TER seguem definições para os defeitos dessas patologias encontradas em revestimentos asfálticos (DNIT,2003a):

Fenda: Qualquer descontinuidade na superfície do pavimento, que conduza a aberturas de menor ou maior porte, apresentando-se sob diversas formas, conforme adiante descrito.

Fissuras: Fenda de largura capilar existente no revestimento, posicionada longitudinal, transversal ou obliquamente ao eixo da via, somente perceptível a vista desarmada de uma distância inferior a 1,50m.

Trincas: Fenda existente no revestimento, facilmente visível a vista desarmada, com abertura superior à da fissura, podendo apresentar-se sob a forma de trinca isolada ou trinca interligada.

Afundamento: Deformação permanente caracterizada por depressão da superfície do pavimento, acompanhada, ou não, de levantamento, podendo apresentar-se sob a forma de afundamento plástico ou de consolidação.

Afundamento plástico: Afundamento causado pela fluência plástica de uma ou mais camadas do pavimento ou do subleito, acompanhado de levantamento. Quando ocorre em extensão de até 6 m é denominado afundamento plástico local; quando a extensão for superior a 6 m e estiver localizado ao longo da trilha de roda é denominado afundamento plástico da trilha de roda.

Afundamento de consolidação: Afundamento de consolidação é causado pela consolidação diferencial de uma ou mais camadas do pavimento ou subleito sem estar acompanhado de levantamento. Quando ocorre em extensão de até 6 m é denominado afundamento de consolidação local; quando a extensão for superior a 6m e estiver localizado ao longo da trilha de roda é denominado afundamento de consolidação da trilha de roda.

Ondulação ou Corrugação: Deformação caracterizada por ondulações ou corrugações transversais na superfície do pavimento.

Escorregamento: Deslocamento do revestimento em relação à camada subjacente do pavimento, com aparecimento de fendas em forma de meia-lua.

Exsudação: Excesso de ligante betuminoso na superfície do pavimento, causado pela migração do ligante através do revestimento.

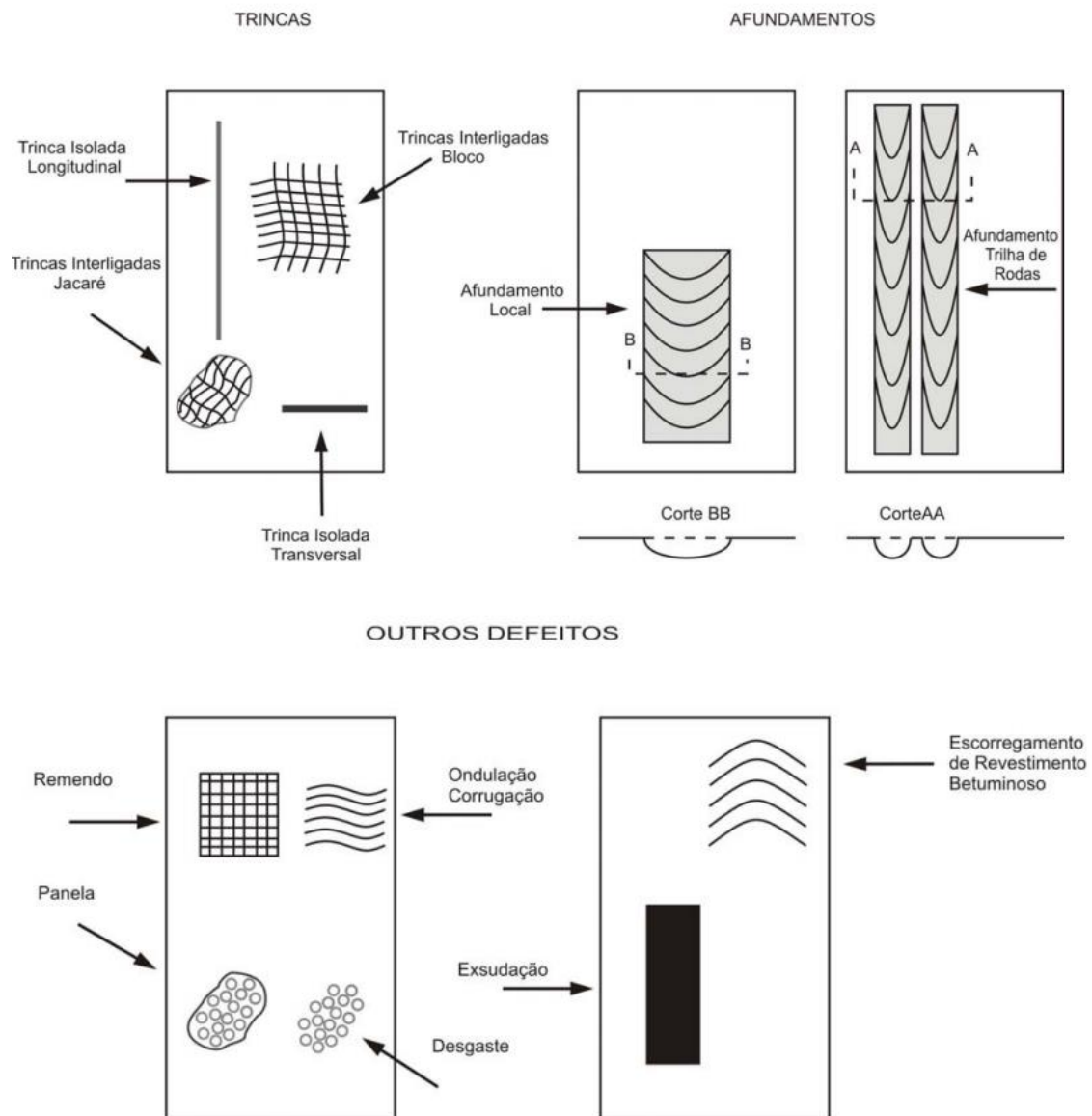
Desgaste: Efeito do arrancamento progressivo do agregado do pavimento, caracterizado por aspereza superficial do revestimento e provocado por esforços tangenciais causados pelo tráfego.

Panela ou buraco: Cavidade que se forma no revestimento por diversas causas (inclusive por falta de aderência entre camadas superpostas, causando o deslocamento das camadas), podendo alcançar as camadas inferiores do pavimento, provocando a desagregação dessas camadas.

Remendo: Panela preenchida com uma ou mais camadas de pavimento na operação denominada de “tapa-buraco”.

Na figura 3.2 é possível ver uma representação dos defeitos geralmente encontrados nos pavimentos flexíveis.

Figura 3.2 – Representação esquemática dos defeitos em pavimentos flexíveis



Fonte: DNIT (2003b)

4 MANUTENÇÃO DO PAVIMENTO

O DNIT em seus manuais de conservação e de restauração propõe algumas definições (DNIT, 2005, 2006b):

Manutenção de Rodovia: Compreende um processo sistemático a que, de forma contínua, deve ser submetida uma Rodovia, no sentido de que esta, de conformidade com suas funções e magnitude de tráfego, venha a oferecer ao usuário, permanentemente, um tráfego econômico, confortável e seguro, em consonância com competentes preceitos de otimização técnico-econômica do “Custo Total de Transporte”.

A manutenção se consubstancia através de ações sistemáticas e programadas que devem ter lugar diante de condicionamentos cronológicos e/ou da ocorrência de eventos supervenientes. Tais ações, contemplando a infraestrutura viária com todos os seus componentes podem ser enquadradas em 4 grupos básicos, a saber:

- Conservação da Rodovia.
- Introdução de Melhoramentos dos sistemas de proteção da infraestrutura e/ou drenagem e/ou dispositivos de segurança e obras complementares.
- Recuperação do Pavimento através de sua restauração Manual de Restauração de Pavimentos Asfálticos.
- Recuperação do Pavimento através de sua reabilitação.

Conservação Rodoviária: É o conjunto de operações rotineiras, periódicas e de emergência desenvolvido com o objetivo de preservar as características técnicas e físico-operacionais do sistema rodoviário e das instalações físicas, dentro dos padrões de serviço pré-estabelecidos e compatíveis com os preceitos de otimização técnico-econômica do “Custo Total de Transporte”. Tais ações de Conservação Rodoviária devem ser programadas e continuamente executadas, ao longo de cada um dos ciclos de vida do pavimento e tendem a ser tornar antieconômicas quando alcançado ou ultrapassado o final de tal ciclo—oportunidade em que deve ser procedida à recuperação de pavimento.

Conservação Corretiva Rotineira: É o conjunto de operações de conservação que tem como objetivo reparar ou sanar um defeito e restabelecer o funcionamento dos componentes da Rodovia, proporcionando conforto e segurança aos usuários.

Conservação Preventiva Periódica: É o conjunto de operações de conservação realizadas periodicamente com o objetivo de evitar o surgimento ou agravamento de defeitos. Trata-se de tarefas requeridas durante o ano, mas cuja frequência de execução depende do tráfego, da topografia e de efeitos climáticos.

Conservação de Emergência: É o conjunto de operações a serem eventualmente realizadas com o objetivo de recompor, reconstruir ou restaurar trechos que tenham sido seccionados, obstruídos ou danificados por um evento extraordinário ou catastrófico, colocando em flagrante risco o desenvolvimento do tráfego da Rodovia ou ocasionando a sua interrupção.

Melhoramentos: É o conjunto de operações que, acrescentando à Rodovia características novas objetivam:

- O atendimento a demandas operacionais que contemplam especificamente a geometria da via e/ou o sistema de sinalização e de segurança do tráfego.
- A adequação ou incorporação, face à ocorrência de eventos supervenientes, de elementos ou componentes integrantes de drenagem e de proteção da infraestrutura e/ou de obras complementares Para efeito de execução dos serviços pertinentes, quando detectada a necessidade da execução dos serviços, deverá ser considerado o seguinte:
- No caso dos melhoramentos decorrentes de demandas operacionais de cunho isolado ou localizado – bem como no caso dos melhoramentos decorrentes de Manual de Restauração de Pavimentos Asfálticos MT/DNIT/DPP/IPR demandas de outras naturezas, os serviços pertinentes quando evidenciada a urgência de sua execução, deverão ser incluídos na programação corrente da Conservação Periódica para execução imediata ou, então, assumidos na Conservação de Emergência. Para tanto, deverá ser devidamente elaborado o Projeto de Engenharia – que, sempre que possível deverá ser expedito.
- No caso dos melhoramentos decorrentes de demandas operacionais de cunho isolado ou localizado – bem como no caso dos melhoramentos decorrentes das demandas de outra natureza, os serviços pertinentes, quando não evidenciada a sua urgência, deverão ser registrados e listados para execução oportuna – sendo então incorporados ao objeto global das futuras obras de “Restauração e Reabilitação do Pavimento da Rodovia”.
- No caso de melhoramentos decorrentes de demandas operacionais que não sejam de cunho isolado ou localizado e que acusem tendência, face à magnitude do tráfego, de se expandir e/ou diversificar ao longo do trecho correspondente, tais melhoramentos deverão ser devidamente definidos e executados a partir dos competentes estudos de capacidade e segurança.

Os serviços pertinentes, a serem então executados, oportunamente e em função de particularidades de cada caso, deverão estar incluídos no objeto global de uma das seguintes modalidades de obras:

- Adequação da Capacidade e Segurança de Tráfego da Rodovia.
- Restauração e Reabilitação do Pavimento da Rodovia, incluindo Melhoramentos Físicos e Operacionais decorrentes de Intervenções de Baixo Custo.
- Restauração e Reabilitação do Pavimento da Rodovia, incluindo os melhoramentos objetivando, de forma plena, a Adequação da Capacidade e Segurança do Tráfego.

Recuperação do Pavimento: É um processo a ser ordinariamente aplicado a um pavimento desgastado, com o objetivo de restabelecer as suas adequadas características técnicas. As intervenções físicas pertinentes compreenderão a Restauração e/ou a Reabilitação do Pavimento – a seguir, devidamente conceituadas, em conjunto com outros termos correlacionados.

Recuperação do Pavimento através de sua Restauração: É um processo a ser ordinariamente aplicado a um pavimento que, desfrutando ainda da devida habilitação, e apresentando desempenho compatível com os competentes modelos de previsão, se encontra próximo de alcançar, conforme aferido por parâmetros temporais e/ou índices de desempenho, o estágio final do ciclo de vida correspondente.

Recuperação do Pavimento através de sua Reabilitação: É um processo a ser adotado para um pavimento que, conforme aferido por parâmetros temporais e/ou índices de desempenho já ultrapassou, de forma significativa, o estágio final do ciclo de vida correspondente e apresenta anomalias com tendências irreversíveis, em termos de desempenho funcional e estrutural – não desfrutando mais, portanto, da devida habilitação.

Recapeamento do Pavimento: Modalidade de intervenção, definida em Projeto de Engenharia específico relativamente à Restauração do Pavimento e/ou à Reabilitação do Pavimento, que consiste na adequada sobreposição ao pavimento existente de uma ou mais camada(s) constituída(s) de mistura betuminosa e/ou concreto de cimento Portland. Tal sobreposição conferirá ao pavimento existente adequado aporte estrutural, mantendo-o assim apto a exercer, em continuidade, um novo ciclo de vida, de conformidade com as premissas técnico-econômicas.

Reconstrução do Pavimento: Modalidade de intervenção, definida em um Projeto de Engenharia específico relativamente à Restauração do Pavimento e/ou à Reabilitação do Pavimento, que consiste na remoção parcial ou total da espessura do pavimento podendo eventualmente atingir o subleito, e na posterior execução adequada de novas camadas estruturais, cujas naturezas, constituições e especificações devem guardar consonância com os atributos correspondentes das áreas adjacentes do pavimento remanescente.

Reconstrução Parcial do Pavimento: É a modalidade de reconstrução em que a espessura total a ser removida e substituída se limita a uma profundidade tal que não atinge a espessura total do pavimento.

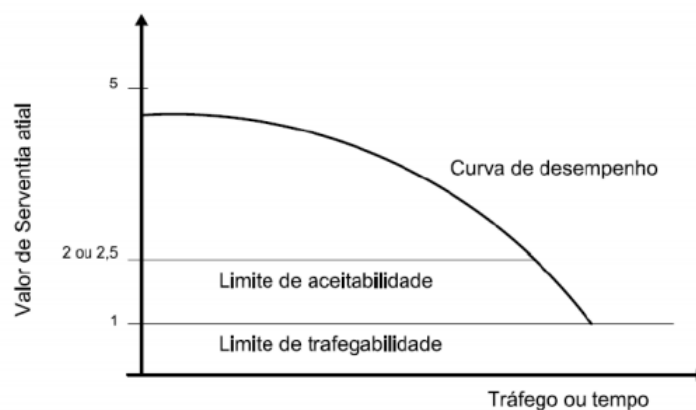
Reconstrução Total do Pavimento: É a modalidade de reconstrução em que a espessura total a ser removida e substituída atinge toda a espessura do pavimento podendo, eventualmente, inclusive atingir o subleito.

5 AVALIAÇÃO DOS PAVIMENTOS

Por definição, um bom pavimento é aquele que apresenta boa superfície de rolamento, suportando as cargas nelas transmitidas pelo tráfego; e que garante segurança na aderência entre pneu-pavimento, sem correr riscos de aquaplanagem ou derrapagem, tanto no rolamento quanto na frenagem do veículo.

Durante a concepção de um pavimento, sabe-se que este tem uma validade pré-definida, em média 10 anos, ao longo deste período aparecem defeitos, e o seu nível (valor) de serventia começa a declinar, passando de uma condição ótima até alcançar uma condição ruim (Figura 5.1), havendo a necessidade de reparos na via para que esta possa voltar a ser utilizada com segurança e conforto pelos usuários.

Figura 5.1– Variação da serventia com o tráfego ou tempo decorrido de utilização da via.



Fonte: DNIT (2011, p. 47)

Os levantamentos de campo para as avaliações funcionais e estruturais devem ser realizados considerando como pista ou faixa a seguinte classificação:

a) rodovias de pista simples:

- Faixa direita da pista: a faixa de rolamento com tráfego no sentido crescente de quilometragem;
- Faixa esquerda da pista: a faixa de rolamento com tráfego no sentido decrescente de quilometragem.

b) rodovias de pista dupla:

- Pista direita: pista com tráfego no sentido crescente de quilometragem, com faixas direitas e esquerdas. No caso de haver mais de duas faixas, estas devem ser numeradas da esquerda para a direita;

- Pista esquerda: pista com tráfego no sentido decrescente de quilometragem, com faixas direitas e esquerdas. No caso de haver mais de duas faixas, estas devem ser numeradas da esquerda para a direita.

5.1 Avaliação Funcional

Segundo Centro Tecnológico de Infraestrutura Viária (CTVIAS), a avaliação funcional do pavimento é realizada por meio da determinação da condição da sua superfície utilizando-se de alguns parâmetros objetivos para conhecimento de superfície, tais como IRI (índice de irregularidade longitudinal), ATR (afundamento de trilhas de roda), defeitos na superfície. Para conhecimento da superfície e posterior decisão sobre sua recuperação, são elaborados relatórios que seguem procedimentos a nível nacional de avaliação de pavimentos, sendo os principais deles, o DNIT 006/2003 - PRO e o DNIT 008/2003 - PRO, e ainda os protocolos internacionais UK SCANNER, PCI (PavementCondition Index) baseada nas análises MicroPaver e CI (Cracking Index) do Banco Mundial. (DNIT, 2003a, 2003b; CTVIAS, [20--])

São analisadas também as condições da textura superficial do pavimento e suas características de aderência e atrito (macrotextura e microtextura), bem como o nível de pressão sonora (ruído ambiental).

5.2 Avaliação Estrutural

Segundo Centro Tecnológico de Infraestrutura Viária (CTVIAS) trata-se da determinação da condição das várias camadas da estrutura do pavimento através da coleta de dados por meios de ensaios não destrutivos, como FWD (FallingWeightDeflectometer), Viga Benkelman e GPR (GroundPenetrating Radar), obtendo assim parâmetros objetivos: deflexão, bacia de deformação, espessura das camadas e seções transversais do pavimento. (CTVIAS, [20--])

São realizados ainda ensaios destrutivos do pavimento para coleta e verificação dos materiais que compõem as suas camadas, através da escavação de trincheiras e janelas de inspeção.

5.3 Previsão de Desempenho

A previsão do desempenho futuro de uma seção específica não é uma tarefa fácil, pois as variáveis que influenciam os modelos de previsão são muitas, sendo que poucas delas permanecem constantes. Ao longo dos anos, com a evolução da tecnologia de pavimentos, buscou-se estabelecer modelos de previsão de desempenho dos pavimentos de maneira que se possa prever a ocorrência e a evolução dos principais mecanismos de deterioração dos pavimentos, aqueles que provocam a queda da serventia dos pavimentos ao longo do tempo (ex.: trincamento por fadiga, afundamento em trilha, etc.).

Segundo Pugliero (1999), modelos de previsão de desempenho são funções que relacionam as características do pavimento e suas condições atuais (estruturais, funcionais e de degradação superficial) à evolução com o tempo dos defeitos de superfície ou do nível de serventia, sob dadas condições climáticas e de tráfego a que o pavimento está submetido. Tais modelos são instrumentos tecnológicos essenciais para a análise econômica de rodovias. Infelizmente, os modelos de previsão de desempenho obtidos em pistas experimentais (ex.: AASHO) e em outros estudos desenvolvidos sob condições similares não são, em geral, diretamente aplicáveis a pavimentos em outras áreas. Isto deve-se, principalmente às diferenças no espectro de cargas do tráfego, materiais do pavimento e solo do subleito, metodologia e controle da construção, bem como condições climáticas adversas.

Segundo Rodrigues(2014), um estudo experimental desenvolvido na Pista Circular de Nantes 1991 levou ao seguinte modelo geral para previsão de afundamento de trilha de rodas.

$$Wp = Wo + aN^{0,5}$$

Onde:

N = Número acumulado de repetição de carga;

Wp = Afundamento Plástico (mm);

Wo = Afundamento inicial, após consolidação.

O modelo apresentado será utilizado para previsão do desempenho das estruturas avaliadas nesse trabalho para comparação com o desempenho avaliado no período analisado.

6 NORMA DNIT PRO-006/2003

As avaliações da superfície para efeito de análises desse trabalho basearam-se nos resultados apresentados adotando a metodologia de trabalho da norma do DNIT 006/2003 – PRO. Avaliação objetiva da superfície de pavimentos flexíveis e semirrígidos.

6.1 Flecha na trilha de roda

Medida, em milímetros, da deformação permanente no sulco formado nas trilhas de roda interna (TRI) e externa (TRE), correspondente ao ponto de máxima depressão, medida sob o centro de uma régua de 1,20 m.

6.2 Superfície de avaliação

Superfície delimitada pelas bordas da faixa de tráfego e por duas seções transversais, situadas, respectivamente, a 3,00 m antes e 3,00 m após a estação considerada.

6.3 Terminologia correlata

Os defeitos mencionados nesta Norma estão definidos na norma DNIT 005/2003-TER, representado no item 3.2.

6.4 Condições de aplicação

Esta Norma deve ser aplicada:

- a) quando se desejar, além de um parâmetro definidor das condições de superfície do pavimento, um inventário de ocorrências e suas prováveis causas, possibilitando obter uma avaliação mais rica em pormenores;
- b) como uma etapa preliminar, para julgamento da necessidade de ser feita uma avaliação estrutural do pavimento e como um complemento desta avaliação.

NOTA 1: No caso de rodovia de pista única, devem ser avaliadas as duas faixas de tráfego, e mais a 3ª faixa (em separado) quando houver.

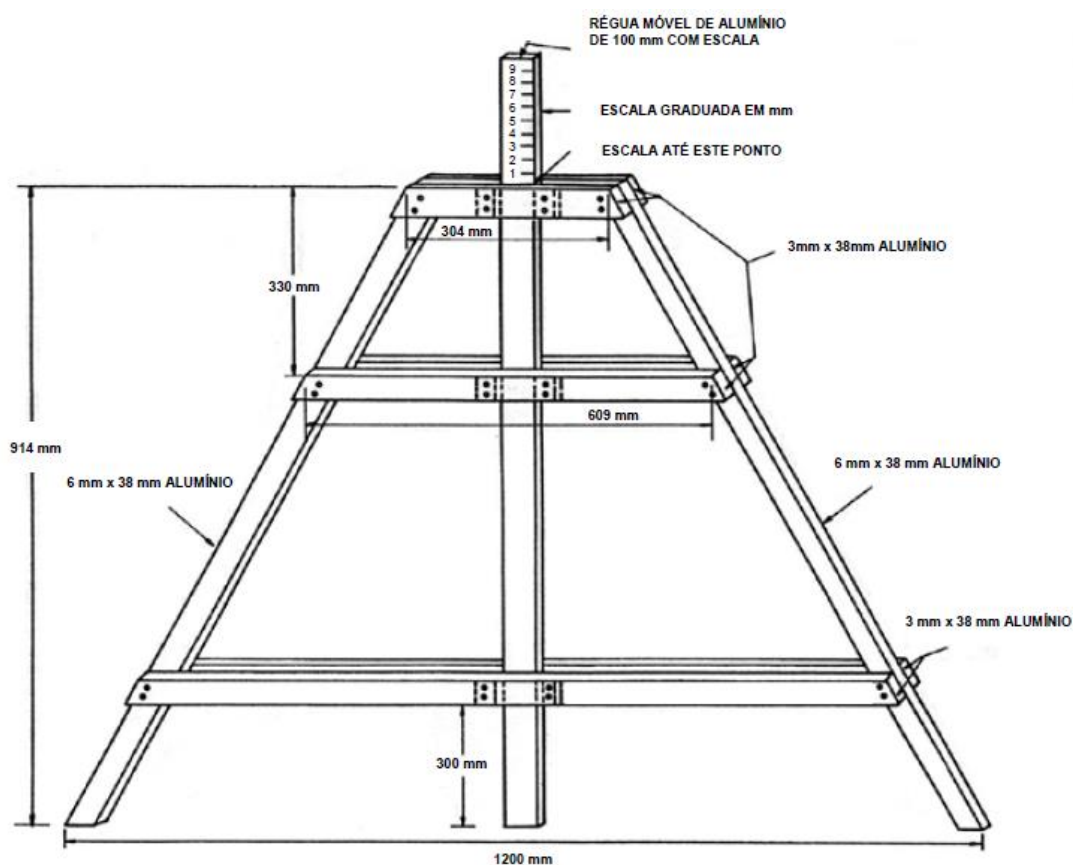
NOTA 2: No caso de rodovia com mais de uma pista, devem ser avaliadas as faixas de tráfego mais solicitadas de cada pista.

6.5 Aparelhagem

Para avaliação das superfícies, deve ser utilizada a seguinte aparelhagem:

a) treliça de alumínio, padronizada, tendo 1,20m de comprimento na base, dotada de régua móvel instalada em seu ponto médio e que permite medir, em milímetros, as flechas da trilha de roda (figura 6.1).

Figura 6.1 – Treliça para medição das flechas da trilha de roda



Fonte: DNIT (2003b)

b) equipamento e material auxiliar para localização e demarcação na pista das estações de avaliação; tais como: trena com 20m, giz, tinta, pincel, formulários, etc.

6.6 EXECUÇÃO DA NORMA 006/2003

6.6.1 Localização das superfícies de avaliação

As superfícies de avaliação devem ser localizadas do seguinte modo:

a) nas rodovias de pista simples, a cada 20m alternados em relação ao eixo da pista de rolamento (40 m em 40 m em cada faixa de tráfego);

b) nas rodovias com pista dupla, a cada 20 m, na faixa de tráfego mais solicitada de cada pista.

6.6.2 Demarcação das superfícies de avaliação

As superfícies de avaliação devem ser demarcadas sobre o pavimento, por meio de pintura com tinta de demarcação. Cada estação recebe o número correspondente à estaca ou distância ao marco quilométrico, número este a ser pintado junto à borda do revestimento.

A demarcação citada deve ser feita com um gabarito apropriado, constando em cada caso, de um traço de 0,30 m x 0,025 m, coincidente com a seção transversal, tendo sua extremidade externa distante 0,06 m da borda do revestimento da pista de rolamento. Devem ser pintados mais dois traços, um 3,00m avante e outro 3,00m à ré.

6.6.3 Medidas das flechas

As flechas devem ser medidas em milímetros, em cada estação demarcada, utilizando-se a treliça referida em 6.5.1. Estas medidas são executadas nas trilhas de roda interna (TRI) e externa (TRE), anotando-se o maior valor medido em cada trilha.

Caso a estação apresente remendo ou panela que inviabilize a medida da flecha, a treliça pode ser deslocada, com a condição de se obter uma flecha no interior da área previamente demarcada.

6.6.4 Inventário das ocorrências (Defeitos)

Em cada área demarcada deve ser anotada (ver Anexo A) a presença de qualquer ocorrência (defeito) no pavimento, de acordo com a norma DNIT 005/2003-TER com as seguintes particularidades:

a) Para efeito desta Norma todas as Trincas Isoladas serão anotadas como do Tipo 1.

b) Os Remendos Superficiais e Remendos Profundos serão anotados como Remendos - R.

c) Deve ser anotado, ainda, o tipo de seção de terraplenagem ocorrente na estação de avaliação (A = Aterro, C = Corte, SMA = Seção mista, lado de aterro, SMC = Seção mista, lado de corte, CR = Corte em rocha, PP = Ponto de passagem).

6.7 CÁLCULOS DA NORMA 006/2003

6.7.1 Frequências absolutas e relativas

Para as ocorrências a seguir, de acordo com a codificação da Norma DNIT 005/2003-TER devem ser calculadas as frequências absolutas e relativas das ocorrências inventariadas.

- Tipo 1 - Trincas Isoladas (FI, TTC, TTL, TLC, TLL e TRR);
- NOTA 1: No caso particular desta Norma, todas as Trincas Isoladas foram consideradas como sendo do Tipo 1 para efeito de ponderação.
- Tipo 2 – FC-2 (J e TB);
- Tipo 3 – FC-3(JE e TBE);
- Tipo 4 – ALP e ATP;
- Tipo 5 – O e P;
- Tipo 6 - EX;
- Tipo 7 - D;
- Tipo 8 - R.

NOTA 2: No caso particular desta Norma os Remendos Superficiais e Remendos Profundos serão anotados como Remendos - R para efeito de ponderação.

A frequência absoluta (fa) corresponde ao número de vezes em que a ocorrência foi verificada. A frequência relativa (fr) é obtida através da fórmula:

$$Fr = \frac{Fa \times 100}{n}$$

Onde:

fr - frequência relativa;

fa - frequência absoluta;

n - número de estações inventariadas.

6.7.2 Parâmetros

Para as flechas medidas, devem ser calculados os seguintes parâmetros:

a) para as rodovias de pista simples, a média (x) e a variância (s²) das flechas medidas nas TRI e TRE de ambas as faixas de tráfego. No caso de “terceiras faixas”, estes parâmetros devem ser considerados separadamente;

b) para as rodovias de pista dupla, a média (x) e a variância (s²) das flechas medidas nas TRI e TRE das faixas de tráfego mais solicitadas de cada pista, separadamente.

NOTA 3: As fórmulas para o cálculo da média e da variância dos valores das flechas TRI e TER são as seguintes:

$$x = \frac{\sum xi}{n}$$

$$s = \sqrt{\frac{\sum (xi - x)^2}{n - 1}}$$

Em que:

x- média aritmética dos valores das flechas medidas (TRI e TRE);

xi- valores individuais; s - desvio padrão dos valores das flechas medidas (TRI e TRE);

s² - variância.

6.7.3 Índice de gravidade individual (IGI)

Para cada uma das ocorrências inventariadas, deve ser calculado o Índice de Gravidade Individual (IGI), pela fórmula:

$$IGI = fr \times fp$$

Onde:

fr - frequência relativa;

fp - fator de ponderação, obtido de acordo com a Quadro 6.1

Quadro 6.1 – Valor de Ponderação

Ocorrência Tipo	Codificação de ocorrências de acordo com a Norma DNIT 005/2002-TER “Defeitos nos pavimentos flexíveis e semi-rígidos – Terminologia” (ver item 6.4 e Anexo D)	Fator de Ponderação fp
1	Fissuras e Trincas Isoladas (FI, TTC, TTL, TLC, TLL e TRR)	0,2
2	FC-2 (J e TB)	0,5
3	FC-3 (JE e TBE) NOTA: Para efeito de ponderação quando em uma mesma estação forem constatadas ocorrências tipos 1, 2 e 3, só considerar as do tipo 3 para o cálculo da frequência relativa em percentagem (fr) e Índice de Gravidade Individual (IGI); do mesmo modo, quando forem verificadas ocorrências tipos 1 e 2 em uma mesma estação, só considerar as do tipo 2.	0,8
4	ALP, ATP e ALC, ATC	0,9
5	O, P, E	1,0
6	EX	0,5
7	D	0,3
8	R	0,6

Fonte: DNIT (2003b)

Para a média aritmética das médias das flechas e para a média aritmética das variâncias das flechas, o fator de ponderação a utilizar depende do valor das médias aritméticas, conforme o critério a seguir estabelecido:

a) quando a média aritmética das médias das flechas for igual ou inferior a 30, o fator de ponderação é igual a 4/3; quando superior a 30, o Índice de Gravidade Individual é igual a 40;

b) quando a média das variâncias das flechas for igual ou inferior a 50, o fator de ponderação é igual a 1 (um); quando superior a 50, o Índice de Gravidade Individual é igual a 50.

6.7.4 Índice de gravidade global (IGG)

O Índice de Gravidade Global (IGG) é obtido por meio da fórmula:

$$IGG = \sum IGI$$

Onde:

Σ IGI - somatório dos Índices de Gravidade Individuais, calculados de acordo com o estabelecido no item 6.2 o Índice de Gravidade Global deve ser calculado para cada trecho homogêneo.

Quadro 6.2 – Planilha de Cálculo do IGG

RODOVIA: _____ PLANILHA DE CÁLCULO DO ÍNDICE DE GRAVIDADE GLOBAL (IGG) TRECHO: _____ SUB-TRECHO: _____ REVESTIMENTO TIPO: _____						Data: _____	Folha: _____
						Estaca ou Quilômetro	Estaca ou Quilômetro
Item	Natureza do defeito	Frequência absoluta	Frequência absoluta considerada	Frequência relativa	Fator de ponderação	Índice de gravidade individual	Observações
1	Trincas isoladas FI, TTC, TTL, TLC, TLL, TRR				0,2		
2	(FC – 2) J, TB				0,5		
3	(FC – 3) JE, TBE				0,8		
4	ALP, ATP, ALC, ATC				0,9		
5	O, P, E				1,0		
6	EX				0,5		
7	D				0,3		
8	R				0,6		
9	Média aritmética dos valores médios das flechas medidas em mm nas TRI e TRE	TRE =	TRI =	F =	1 A () 1 B ()		
10	Média aritmética das variâncias das flechas medidas em ambas as trilhas	TREv =	TRiv =	FV =	2 A () 2 B ()		
Nº TOTAL DE ESTAÇÕES		n =	Σ IND. GRAVID. IND. = IGG				Conceito
1A) $IGI = \bar{F} \times 4/3$ quando $\bar{F} \leq 30$ 1B) $IGI = 40$ quando $\bar{F} > 30$ 2A) $IGI = \bar{FV}$ quando $\bar{FV} \leq 50$ 2B) $IGI = 50$ quando $\bar{FV} > 50$						Operador	
						Cálculo	
						Visto	

Fonte: DNIT(2003b)

6.7.5 Conceito de degradação do pavimento

Com a finalidade de conferir ao pavimento inventariado um conceito que retrate o grau de degradação atingido, é definida a correspondência apresentada no Quadro 6.3 a seguir:

Quadro 6.3 – Conceitos de degradação do pavimento em função do IGG

Conceitos	Limites
Ótimo	$0 < \text{IGG} \leq 20$
Bom	$20 < \text{IGG} \leq 40$
Regular	$40 < \text{IGG} \leq 80$
Ruim	$80 < \text{IGG} \leq 160$
Péssimo	$\text{IGG} > 160$

Fonte: DNIT (2003b)

Quadro 6.4 – Formulário de Inventário do estado da superfície do pavimento

[illegible]

Fonte: DNIT (2003b)

7 ESTUDO DE CASO

Para o desenvolvimento deste trabalho, foram realizadas análises das leituras dos defeitos da superfície do pavimento estudado, aprofundando-se nos procedimentos avaliativos existentes, sugeridos pelo DNIT, para a concepção de como seriam feitas a coleta, a identificação e a análise dos defeitos superficiais no revestimento.

Em seguida são expostos os dados coletados em planilhas eletrônicas, a fim de realizar a quantificação dos defeitos superficiais, seguindo a Norma DNIT 006/2003-PRO para realizar sua classificação através do Índice de Gravidade Global (IGG) e medidas dos afundamentos nas trilhas de rodas(ATR) e observação do desempenho dos pavimentos no período. (DNIT, 2003b)

A rodovia federal BR-222 corta quatro estados das regiões Norte (Pará) e Nordeste (Ceará, Piauí e Maranhão). Aproximadamente 1.819 km de rodovias federais no Ceará passam atualmente por manutenção do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT).

Para fundamentar melhor o estudo teórico sobre defeitos em pavimentos flexíveis, bem como para ilustrar a parte prática da pesquisa, foi escolhida um trecho da rodovia BR 222 – MA de 5(cinco) km na divisa entre Piauí e Maranhão, onde os acessos apresentam defeitos e condições de serem estudados.

Os critérios utilizados para a escolha foram: pavimento danificado pelo tráfego e falta de manutenção, trecho de via onde se acredita que a pavimentação tenha sido executada com critério técnico adequado, facilidade de acesso para permitir a realização do trabalho de campo.

A área escolhida para o estudo, que aparece na Figura 7.1.

Figura 7.1 – Trecho da RodoviaBR - 222



Fonte: G1 (2009)

Este local é utilizado por veículos particulares e comerciais. Acredita-se que os recursos financeiros poderiam ser utilizados na manutenção das vias locais.

7.1 Matriz de avaliação

O trecho da rodovia BR-222-MA do km 504,020 até o 509,020, apresentava como estrutura original o demonstrado na Figura 7.2, e encontrava-se em estágio avançado de degradação onde a serventia atingiu um estágio muito abaixo do admissível, necessitando de intervenção para recuperação da estrutura.

A fim de observar o desempenho das técnicas de manutenção, o trecho foi dividido em cento e cinquenta estacas sofrendo dois tipos de intervenções diferentes, em faixas paralelas, onde foi realizado um recapeamento convencional, com fresagem e aplicação de nova capa. O outro trecho recuperado aplicando-se a técnica de reciclagem profunda, onde foram fresadas as camadas de revestimento, base e parte da sub-base, observando que os materiais de maior granulação e de menor capacidade estrutural foram retirados e levados para bota fora, e o material a ser reciclado foi estabilizado com adição de cimento na proporção de quatro por cento em volume.

As técnicas foram aplicadas em 2003 sendo o monitoramento feito no período de 2004 até 2010, onde foram realizadas leituras de vários parâmetros que medem a degeneração dos pavimentos. Os dados das leituras dos parâmetros **Índice de Gravidade Global (IGG)** e Afundamento de Trilha de Roda (ATR) levantado durante sete anos, com duas leituras por ano, foram cedidos pelo departamento de pesquisas rodoviárias do estado, que está computando todos os demais dados obtidos e registrados durante o mesmo período. Para a avaliação da progressão dessas duas grandezas nos dois tipos de estrutura realizados, passa-se a denominar trecho reciclado o que se apresenta com a estrutura conforme figura 7.4 e o trecho denominado recapeado o que se apresenta com a estrutura conforme figura 7.3.

Figura 7.2– Perfil original do pavimento da BR-222

Material	Espessura (cm)	Modulo (E)
Revestimento (AAUQ)	10	4.000
Base (Granular)	18	1.000
Sub-base (Granular)	18	500
SubLeito		300

Fonte: Adaptado da BR – 222 (2010)

Figura 7.3 – Perfil recapeado (espessura de fresagem 6 cm) do pavimento da BR-222

Material	Espessura (cm)	Modulo (E)
Revestimento (AAUQ)	10	20.000
Revestimento (AAUQ ant.)	4	4.000
Base (Granular)	18	1.000
Sub-base (Granular)	18	500
SubLeito		300

Fonte: Adaptado da BR – 222 (2010)

Figura 7.4– Perfil reciclado (espessura de fresagem 25 cm) do pavimento da BR-222

Material	Espessura (cm)	Modulo (E)
Revestimento (AAUQ)	6	20.000
Base reciclada (Granular)	23	8.000
Sub-base (Granular)	18	500
SubLeito		300

Fonte: Adaptado da BR – 222 (2010)

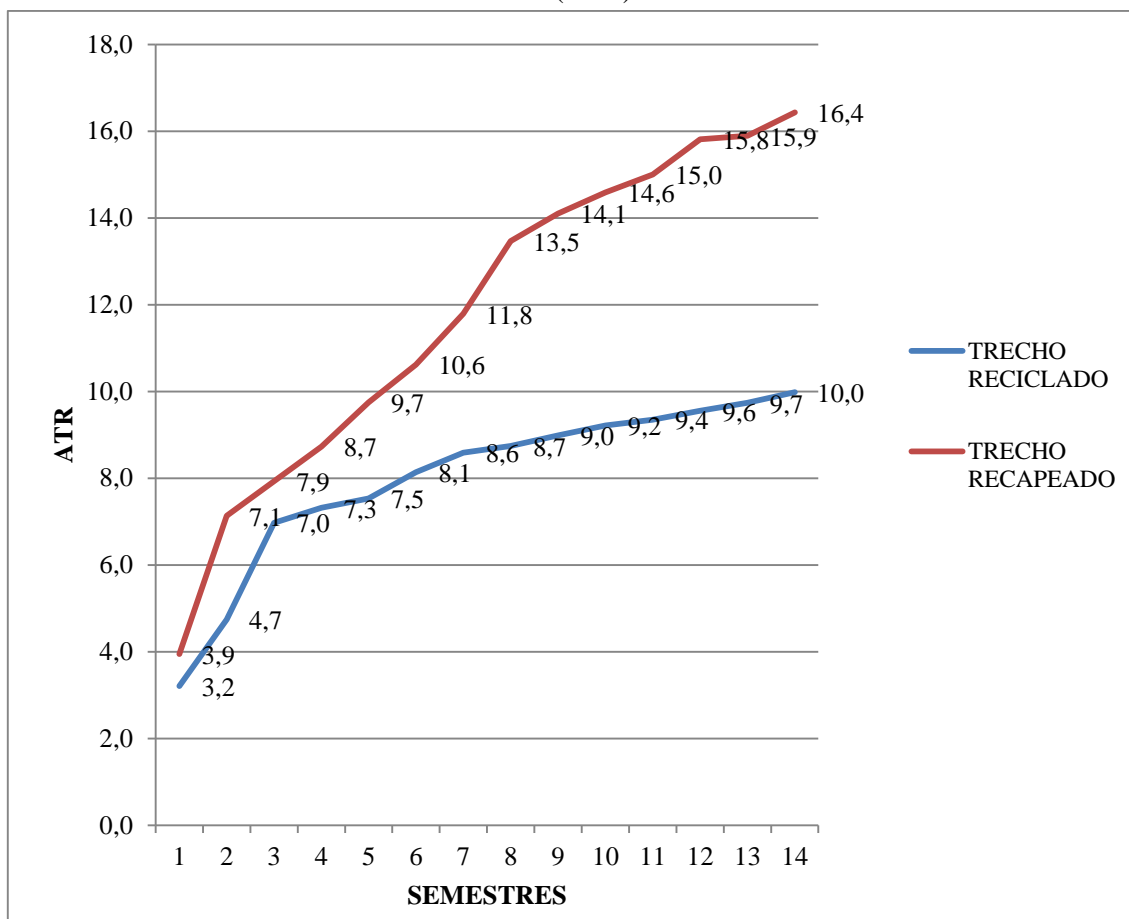
O revestimento em estudo é a areia asfáltica usinada a quente (AAUQ) é uma mistura a quente formada pelo emprego de pedrisco, pó de brita, areia e cimento asfáltico de petróleo (CAP). O material é geralmente utilizado em vias de menor tráfego de veículos. Entre os benefícios estão a alta qualidade, maior aderência e conforto e segurança.

A areia-asfalto a quente pode ser empregada como revestimento, base, regularização ou reforço do pavimento. Os materiais constituintes da areia-asfalto são areia (agregado miúdo), são partículas individuais devem ser resistentes, em seus grãos e de substâncias nocivas, deve apresentar equivalente de areia igual ou superior a 55%. E o material de enchimento (filer) e ligante asfáltico, devem ser constituídos por materiais minerais finamente divididos, tais como cimento Portland, cal extinta, pós-calcários, cinza volante, tendo em vista os quais devem satisfazer as especificações aprovadas pelo DNIT.

8 ANÁLISE DO ATR E IGG

De acordo com o Gráfico 8.1 identifica-se os afundamentos de trilha de roda (ATR) encontrados na extensão de 5 (cinco) km da rodovia BR-222 durante o período de 14 (quatorze) semestres.

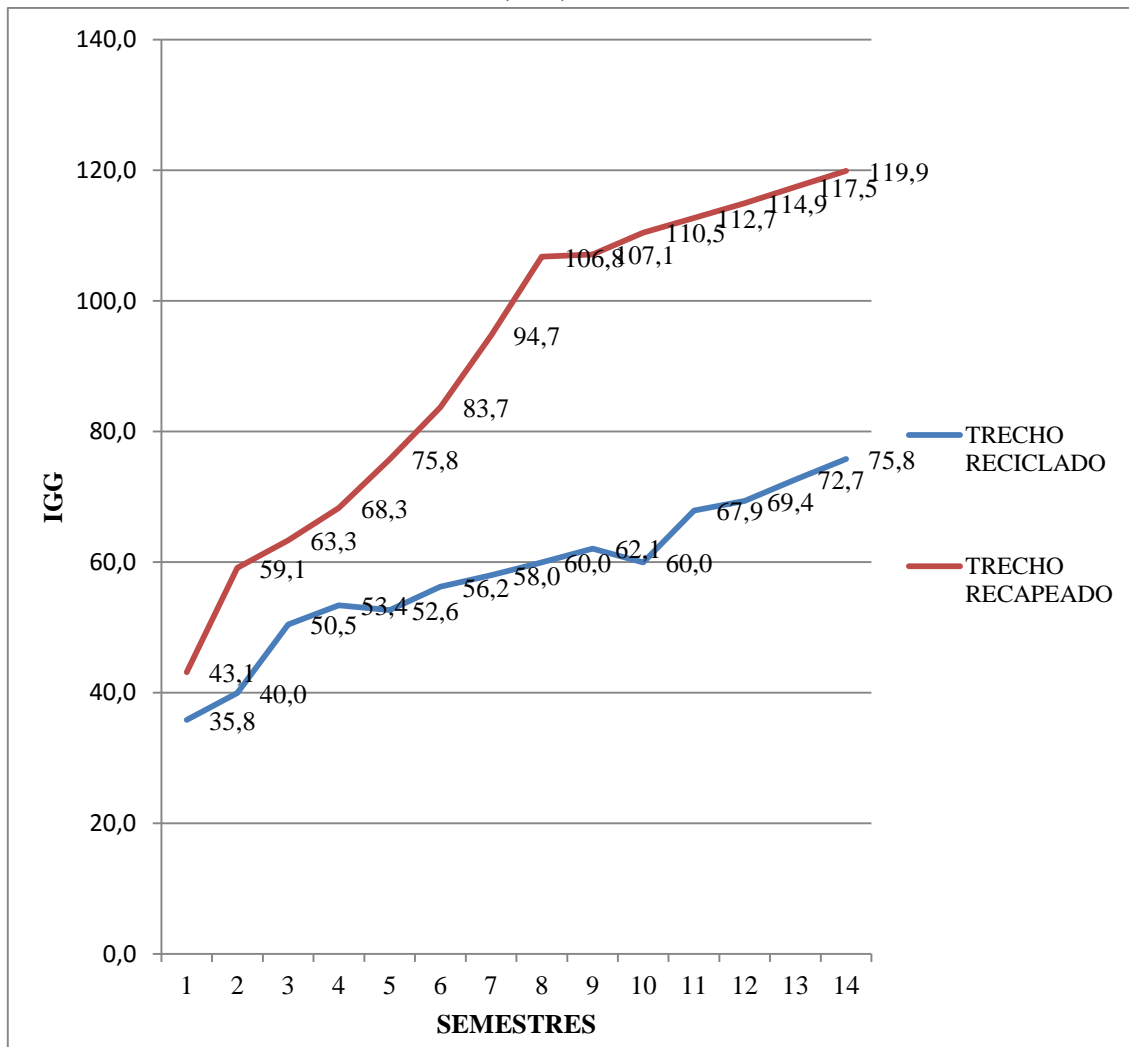
Gráfico 8.1 – Afundamento de Trilha de Roda (ATR)



Fonte: PRÓPRIA (2015)

De acordo com o Gráfico 8.2 identifica-se os Índices de Gravidade Global encontrados na extensão de 5(cinco) km da rodovia BR-222 durante o período de 14 (quatorze) semestres.

Gráfico 8.2 – Índice de Gravidade Global (IGG)



Fonte: PRÓPRIA (2015)

9 PREVISÃO DE DESEMPENHO

De acordo com modelo apresentado no capítulo 5 verificou-se que a previsão da variação da serventia do pavimento se apresentou-se bem estável e foi empregada da seguinte forma:

Modelo:

$$Wp = Wo + aN^{0,5}$$

Onde:

N = Numero acumulado de repetição de carga;

Wp = Afundamento Plástico (mm);

Wo = Afundamento inicial, após consolidação.

O modelo deve ser associado a parâmetros experimentais referentes a rodovia para se obter resultados confiáveis, portanto, o modelo dispõe de dados de desempenho em pavimentos brasileiros que se encontram resumidos nos modelos do Banco Mundial (Peterson 1987). Efetuando-se essa associação tem-se:

$$a = 5,0 \times 10^{16} Ht - 8,87 CBR - 4,73$$

Ht = espessura total do pavimento em cm;

CBR = suporte do subleito;

Aplicando esse modelo com a calibração realizada para o pavimento em questão aplica-se a variante, que é função do tempo de vida do pavimento, para pavimentos recapeados figura 9.1 e a variante para pavimentos reciclados figura 9.2 têm-se os seguintes resultados:

Figura 9.1 – Resultados da previsão do desempenho ATR pavimento recapeado

PREVISÃO DO DESEMPENHO DO PAVIMENTO TRILHA DE RODA (ATR) PAV. RECAPEADO								
IDADE	ATR	a	1,00E+16	Ht	h1	h2	CBR	VAR
1,0	4,13	0,00076259	1,00E+17	50	14	36	7	1,06
1,5	5,40	0,00076259	1,00E+17	50	14	36	7	1,40
2,0	6,52	0,00076259	1,00E+17	50	14	36	7	1,68
2,5	7,37	0,00076259	1,00E+17	50	14	36	7	1,91
3,0	8,21	0,00076259	1,00E+17	50	14	36	7	2,11
3,5	8,84	0,00076259	1,00E+17	50	14	36	7	2,29
4,0	9,53	0,00076259	1,00E+17	50	14	36	7	2,45
4,5	10,02	0,00076259	1,00E+17	50	14	36	7	2,59
5,0	10,60	0,00076259	1,00E+17	50	14	36	7	2,73
5,5	10,99	0,00076259	1,00E+17	50	14	36	7	2,85
6,0	11,51	0,00076259	1,00E+17	50	14	36	7	2,96
6,5	11,83	0,00076259	1,00E+17	50	14	36	7	3,07
7,0	12,30	0,00076259	1,00E+17	50	14	36	7	3,16
7,5	12,56	0,00076259	1,00E+17	50	14	36	7	3,26
8,0	13,00	0,00076259	1,00E+17	50	14	36	7	3,34
8,5	13,22	0,00076259	1,00E+17	50	14	36	7	3,42
9,0	13,62	0,00076259	1,00E+17	50	14	36	7	3,50
9,5	13,80	0,00076259	1,00E+17	50	14	36	7	3,58
10,0	14,19	0,00076259	1,00E+17	50	14	36	7	3,65

Fonte: PRÓPRIA (2015)

Figura 9.2 – Resultados da previsão do desempenho ATR pavimento reciclado

PREVISÃO DO DESEMPENHO DO PAVIMENTO TRILHA DE RODA (ATR) PAV. RECICLADO								
IDADE	ATR	a	1,00E+17	Ht	h1	h2	CBR	VAR
1,0	2,93	1,4098E-18	1,00E+17	47	6	41	7	0,76
2,0	3,86	1,4098E-18	1,00E+17	47	6	41	7	1,00
3,0	4,62	1,4098E-18	1,00E+17	47	6	41	7	1,20
4,0	5,26	1,4098E-18	1,00E+17	47	6	41	7	1,36
5,0	5,82	1,4098E-18	1,00E+17	47	6	41	7	1,51
6,0	6,31	1,4098E-18	1,00E+17	47	6	41	7	1,64
7,0	6,76	1,4098E-18	1,00E+17	47	6	41	7	1,75
8,0	7,15	1,4098E-18	1,00E+17	47	6	41	7	1,85
9,0	7,52	1,4098E-18	1,00E+17	47	6	41	7	1,95
10,0	7,85	1,4098E-18	1,00E+17	47	6	41	7	2,03
11,0	8,16	1,4098E-18	1,00E+17	47	6	41	7	2,11
12,0	8,45	1,4165E-11	1,00E+17	20	6	14	7	2,19
13,0	8,72	1,4098E-18	1,00E+17	47	6	41	7	2,26
14,0	8,97	1,4098E-18	1,00E+17	47	6	41	7	2,33
15,0	9,21	1,4098E-18	1,00E+17	47	6	41	7	2,39
16,0	9,44	1,4098E-18	1,00E+17	47	6	41	7	2,45
17,0	9,66	1,4098E-18	1,00E+17	47	6	41	7	2,50
18,0	9,86	1,4098E-18	1,00E+17	47	6	41	7	2,55
19,0	10,05	1,4098E-18	1,00E+17	47	6	41	7	2,60

Fonte: PRÓPRIA (2015)

9.1 Resumo dos Resultados

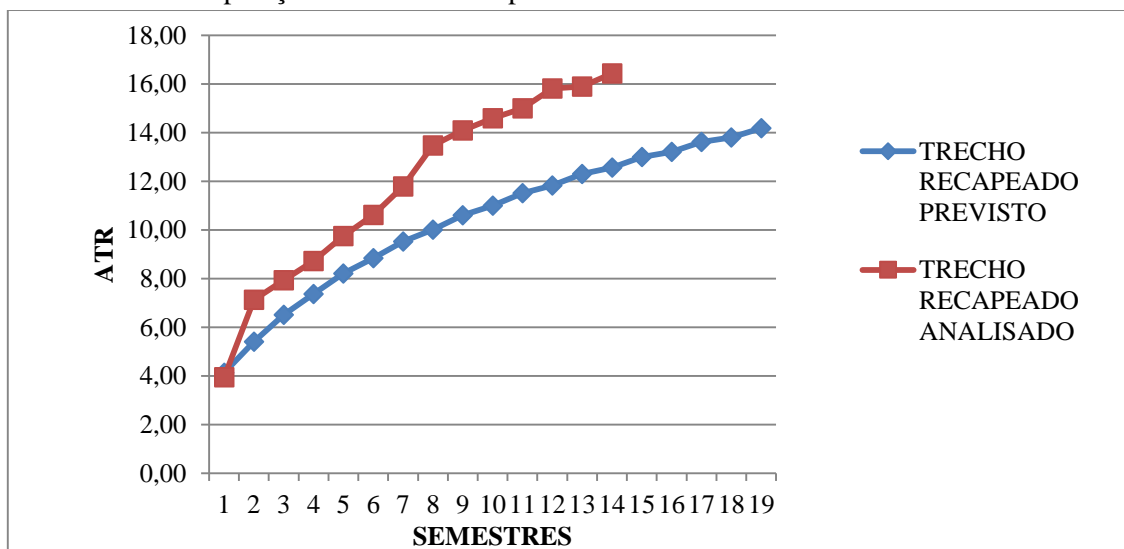
Os resultados estão apresentados em forma resumida na figura 9.3.

Figura 9.3– Resultados do desempenho do pavimento (previsto e medido) no período analisado

ANO	SEMESTRE	TRECHO RECAPEADO		TRECHO RECICLADO	
		PREVISTO	ANALISADO	PREVISTO	ANALISADO
2004	1	4,13	3,95	2,93	3,21
	2	5,40	7,13	3,86	4,74
2005	3	6,52	7,93	4,62	6,97
	4	7,37	8,73	5,26	7,32
2006	5	8,21	9,74	5,82	7,53
	6	8,84	10,62	6,31	8,13
2007	7	9,53	11,79	6,76	8,59
	8	10,02	13,47	7,15	8,74
2008	9	10,60	14,10	7,52	8,99
	10	10,99	14,59	7,85	9,22
2009	11	11,51	15,00	8,16	9,35
	12	11,83	15,81	8,45	9,55
2010	13	12,30	15,89	8,72	9,74
	14	12,56	16,44	8,97	9,98
		13,00		9,21	
		13,22		9,44	
		13,62		9,66	
		13,80		9,86	
		14,19		10,05	

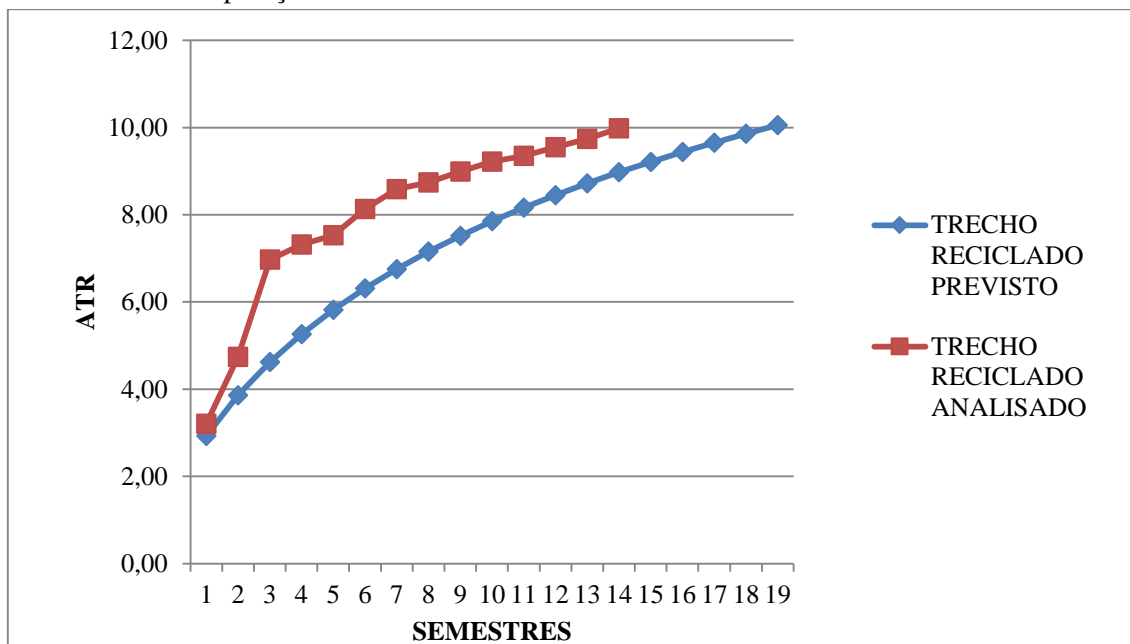
Fonte: PRÓPRIA (2015)

Gráfico 9.1 – Comparação do Trecho Recapeado Previsto e Analisado



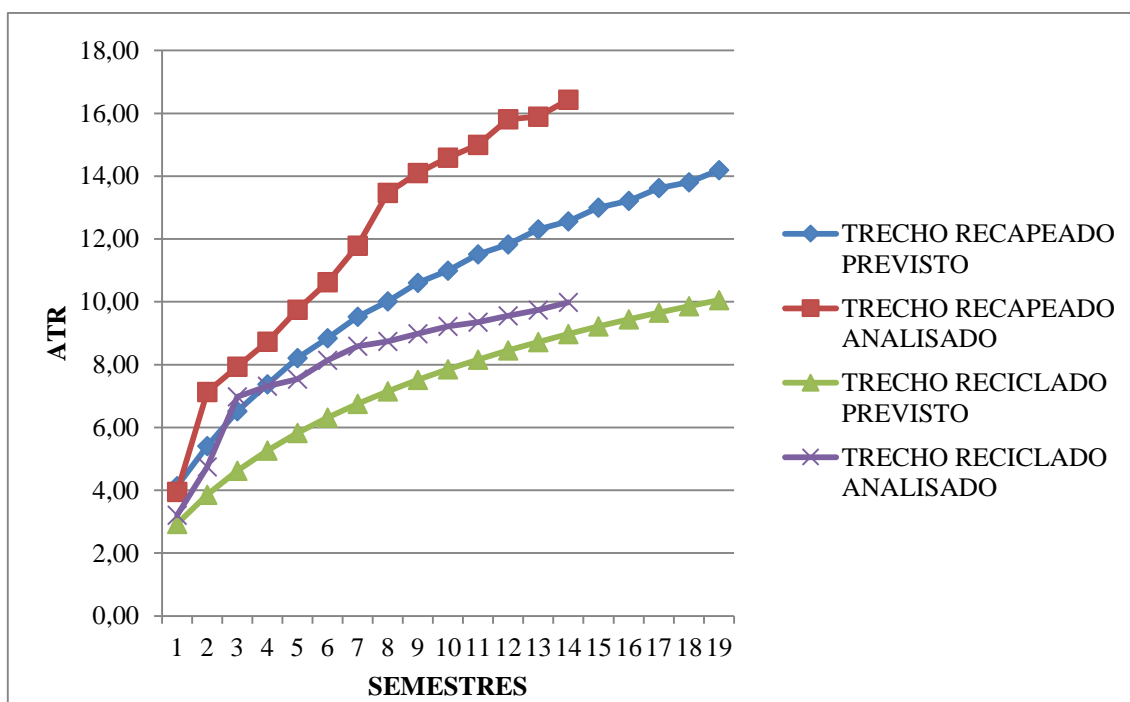
Fonte: PRÓPRIA (2015)

Gráfico 9.2 – Comparação do Trecho Reciclado Previsto e Analisado



Fonte: PRÓPRIA (2015)

Gráfico 9.3 – Comparação dos Trechos Recapeado e Reciclado - Previsto e Analisado



Fonte: PRÓPRIA (2015)

10 ANÁLISES DOS RESULTADOS

- O afundamento de trilha de rodas ocorreu com uma progressão maior no trecho recapeado que no trecho reciclado.
- Atribui-se a progressão maior no trecho recapeado ao tipo de estrutura, ou seja, a estrutura reciclada com cimento utilizada apresenta módulo elástico dinâmico maior que a da estrutura da camada recapeada.
- A progressão inicial dos afundamentos de trilha de roda teve velocidade maior, até a camada encontrar maior estabilidade após terceiro semestre de avaliação.
- O tráfego crescente no decorrer do tempo, atraído pela recuperação do trecho provoca a progressão crescente das trilhas de roda observada até a última leitura.
- O índice de gravidade global (IGG) tem suas consequências equivalentes às do afundamento de trilha de roda, pois o ATR é parâmetro preponderante no cálculo do índice de gravidade global.
- O que se pode destacar no IGG é que, o conceito atribuído à superfície recapeada atingiu o nível “ruim” a partir da sexta leitura (terceiro ano), e o conceito da superfície no trecho reciclado, até a última leitura (sétimo ano) manteve-se em nível regular.
- Com o ganho de rigidez do material reciclado com cimento poderá haver trincas de retração nessa camada, portanto, pode-se adotar uma técnica para minimizar a reflexão de trincas de camadas rígidas podendo diminuir a progressão do IGG ainda mais.
- Comparando as avaliações de previsão de desempenho notou-se que o modelo de previsão de desempenho utilizado previu um afundamento de trilha de rodas menor do que o ocorrido.
- Percebe-se que no trecho reciclado ocorre uma tendência da previsão do modelo equilibrar-se com o ocorrido, o que não se percebe no trecho recapeado.

11 CONCLUSÕES

Este trabalho teve como objetivo principal realizar uma análise de um trecho crítico da BR – 222 entre os quilômetros 504,02 até o km 509,02. O pavimento original deste trecho é composto por uma camada de 10 cm de revestimento AAUQ, pela base de 18 cm de brita graduada e pelos 18 cm de sub-base de brita graduada também.

A partir das análises feitas chegou-se a algumas conclusões que o trecho escolhido realmente encontrava-se em um estado crítico. As patologias eram mais diversas e podiam ser identificadas facilmente. Dentre os defeitos se citam: interligada, panela, escorregamento, afundamento, remendo mal executado, entre outros.

As técnicas detectaram os defeitos no pavimento flexível, proporcionando soluções para a conservação e restauração do pavimento e as possíveis correções. Com o intuito de prolongar a vida útil do pavimento e melhorar suas condições de conforto e segurança devido, à aplicação da forma adequada de recuperação, assim tornando possível traçar um plano de gerenciamento com as necessidades atuais.

A apresentação dos resultados coletados dos índices de gravidade global e afundamento de trilhas de rodas do trecho do pavimento efetuado durante um período de sete anos.

Nesses trechos foram aplicadas duas técnicas de manutenção, sendo, um com recapeamento convencional e outro com reciclagem profunda. Os resultados demonstraram que as evoluções dos defeitos analisados foram menores nos trechos onde se aplicou a reciclagem profunda com adição de cimento.

- A escolha entre as várias modalidades de reciclagem depende de certos fatores como: tipo de defeito, resistência estrutural necessária, custo e disponibilidade de agente estabilizante, e características do material a ser reciclado.
- Analisando os resultados de índice de gravidade global (IGG), e observando a técnica aplicada pode-se afirmar que a estrutura reciclada, mesmo sem aplicação de técnicas que impedem a propagação de trincas por retração em camadas rígidas, apresentou menor progressão nos índices avaliados.
- A partir dos resultados e dos estudos realizados conclui-se que para pavimentos em estágio avançado de degradação a reciclagem profunda estabilizada com cimento é alternativa viável para recuperação de pavimentos.

- O modelo de previsão de desempenho mostrou-se mais eficiente no pavimento reciclado, portanto pode-se concluir que o modelo de previsão de desempenho para o pavimento reciclado necessita poucos ajustes para ser mais confiável.
- Para que um modelo de previsão torne-se cada vez mais confiável faz-se necessário uma calibração dos índices a cada ano, pois são a partir dos modelos de previsão de desempenho que programa-se o aporte de capital para investimentos futuros. Logo, quanto mais confiáveis forem esses modelos, mais precisa será a previsão de investimentos.

Portanto, pode-se lançar a pergunta: Em que nível de degradação do pavimento é mais indicado o recapeamento ou a reciclagem? Os resultados no universo avaliado apontam para o pavimento reciclado, como alternativa mais eficiente de manutenção quando um pavimento encontra-se em estágio avançado de deterioração.

REFERÊNCIAS

- AASHTO, American Association of State Highway and Transportation Officials, **Rough Roads Ahead Fix Them Now or Pay It Later**. USA. 2009. Disponível em: <http://roughroads.transportation.org/RoughRoads_FullReport.pdf> Acesso em 01 ago 2015.
- BALBO, José Tadeu. **Pavimentação Asfálticos: materiais, projeto e restauração**. São Paulo: Oficina de Textos 2007.
- BERNUCCI, LiediBariani MOTTA, Laura Maria Goretti da; CERATTI, Jorge Augusto Pereira; SOARES, Jorge Barbosa. **Pavimentação Asfáltica – Formação Básica para Engenheiros**. Rio De Janeiro: Petrobrás; Abeda, 2008.
- BERNUCCI, LiediBariani *et al.* **Pavimentação asfáltica: formação básica para engenheiros**. Rio de Janeiro. Petrobrás; Abeda, 2006.
- CNT – CONFEDERAÇÃO NACIONAL DO TRANSPORTE. **Pesquisa CNT de Rodovias 2006**: relatório gerencial. Brasília: CNT: SEST: SENAT, 2011. Disponível em: <<http://pesquisarodovias.cnt.org.br/Relatórios/Boletim%20Pesquisa%20CNT%20de%20Rodovias%202006.pdf>>. Acesso em: 18 jul. 2015.
- _____. **Pesquisa CNT de Rodovias 2013**: relatório gerencial. Brasília: CNT: SEST: SENAT, 2011. Disponível em: <<http://pesquisarodovias.cnt.org.br/Paginas/relGeral.aspx>>. Acesso em: 18 jul. 2015.
- COLARES, Liliane Galvão. **Concessão Administrativa**: gerenciando a manutenção de rodovias por parâmetros de desempenho. Brasília: PGCE, 2011. Projeto de artigo científico apresentado à Comissão de Coordenação do Curso de Pós-Graduação em Controle Externo (PGCE) do instituto Serzedello Corrêa do Tribunal de Contas da União
- CTVIAS – CENTRO TECNOLÓGICO DE ESTRUTURA VIÁRIA. **Avaliação Funcional de Pavimentos**. Curitiba, [20--]. Disponível em: <<http://www.ctvias.com.br/site/content/areasdeatuacao/>>. Acesso em: 31 out. 2015.
- DANIELESKI, Maria Luiza. **Proposta de metodologia de avaliação superficial de pavimentos urbanos**: aplicação à rede viária de Porto Alegre. 2004, 187p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) apresentada ao Programa de pós Graduação em Planejamento Urbano da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2004. Disponível em: <<http://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/5789>>. Acesso em: 18 set. 2015.

DNER – DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. **Avaliação Funcional e Estrutural de Pavimento**. Rio de Janeiro, 2006. 29 p. (IP-DE-P00/003). Disponível em: <ftp://ftp.sp.gov.br/ftpder/normas/IP-DE-P00-003_A.pdf>. Acesso em: 09 nov. 2015.

_____. **Glossário de Termos Técnicos Rodoviários**. Rio de Janeiro, 1997. 296 p. (IPR. Publ., 700). Disponível em: <http://www1.dnit.gov.br/arquivos_internet/ipr/ipr_new/manuais/DNER-700-GTTR.pdf>. Acesso em: 17 jul. 2015.

_____. **Manual de Conservação Rodoviária** – Instruções técnicas de execução de serviços. Diretoria de desenvolvimento tecnológico. 1974.

DNIT – DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **DNIT 005/2003-TER: defeitos nos pavimentos flexíveis e semirrígidos – terminologia**. Rio de Janeiro, 2003a. Ministério dos Transportes, Diretoria de Planejamento e Pesquisa, Instituto de Pesquisas Rodoviárias.

_____. **DNIT 006/2003-PRO: avaliação objetiva da superfície de pavimentos flexíveis e semirrígidos – procedimento**. Rio de Janeiro, 2003b. Ministério dos Transportes, Diretoria de Planejamento e Pesquisa, Instituto de Pesquisas Rodoviárias.

_____. **Manual de Pavimentação**. 3. ed. Rio de Janeiro, 2006a. 274 p. (IPR. Publ., 719).

_____. **Manual de Restauração de pavimentos asfálticos**. 2. ed. Rio de Janeiro, 2006b. 310 p. (IPR. Publ., 720).

_____. **Manual de Conservação Rodoviária**. 2. ed. Rio de Janeiro, 2005. 564 p. (IPR. PUBL., 710)

_____. **Manual de Gerência de Pavimentos**. Rio de Janeiro, 2011. 189 p. (IPR. Publ. 745)

G1. Lula anuncia obras de recuperação na BR-222, no Ceará. **G1 o portal de notícias da Globo**, Política, Rodovias, 21 jul. 2009. Disponível em: <<http://g1.globo.com/Noticias/Politica/0,,MUL1236749-5601,00-LULA+ANUNCIA+OBRAS+DE+RECUPERACAO+NA+BR+NO+CEARA.html>>. Acesso em: 09 nov. 2015.

GEIPOT – EMPRESA BRASILEIRA DE PLANEJAMENTO DE TRANSPORTES. **Anuário Estatístico – Capítulo 5 – Transporte Rodoviário**. [20--]. Disponível em: <<http://www.geipot.gov.br/novaweb/IndexAnuario.htm>>. Acesso em: 18 jul. 2015.

PUGLIERO, Fernando Gonçalves. **O Desempenho dos Pavimentos Flexíveis**. Rio Grande do Sul: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1999.

TÉCHNE. Selagem asfáltica de fissuras e pavimentos. **Téchne**, São Paulo, Edição 110, maio 2006. Disponível em: <<http://techne.pini.com.br/engenharia-civil/110/artigo286007-1.aspx>>. Acesso em: 22 ago. 2015.

ANEXO A –Formulário de Inventário do estado da superfície do pavimento da BR–222

Estaca ou km	Seção Terrap.	OK	Trincas Isoladas						FC-2		FC-3		ALP (4)	ATP (4)	O (5)	P (5)	EX (6)	D (7)	R (8)	ALC	ATC	EB	Flechas		Trincas Reflexões		Acostamentos			
			FI (1)	TTC (1)	TTL (1)	TLC (1)	TLL (1)	TRR (1)	J (2)	TB (2)	JE (3)	TBE (3)											TRI	TRE	TRT	TRL	LADO	DESNIV	LARG	PAVIM
																														ESTADO DE CONSERV
0	A		X	X																			2	3			D	10	2	REG
1	A	X																					6	6			E	20	2,5	REG
2	A								X														2	6			D	10	2,5	REG
3	A								X														7	5			E	15	2,5	REG
4	A		X	X																			4	4			D	15	2,5	REG
5	A	X																					3	7			E	10	2,5	REG
6	A	X																					3	5			D	15	2,5	REG
7	A	X																					6	6			E	20	2,5	REG
8	A		X			X																	3	3			D	10	2,5	REG
9	A																	X					3	1			E	10	2,5	REG
10	A	X																					5	2			D	15	2,5	REG
11	A		X						X														3	5			E	10	2,5	REG
12	A		X	X																			3	3			D	10	2,5	REG
13	A										X												10	6			E	15	2,5	REG
14	A		X	X																			4	5			D	10	2,5	REG
15	A		X	X	X																		3	1			E	10	2,5	REG
16	A		X	X																			1	2			D	15	2,5	REG
17	A		X				X																4	5			E	15	2,5	REG
18	A								X														5	2			D	10	2,5	REG
19	A		X	X																			4	5			E	10	2,5	REG
20	A								X														3	4			D	10	2,5	REG
21	A																	X					6	6			E	10	2,5	REG
22	A								X														2	1			D	15	2,5	REG
23	A																	X					4	7			E	10	2,5	REG
24	A		X						X														4	4			D	10	2,5	REG
25	A		X								X												5	3			E	10	2,5	REG
26	A	X																					2	3			D	10	2,5	REG
27	A	X																					3	4			E	10	2,5	REG
28	A	X																					7	3			D	15	2,5	REG
29	A		X	X																			3	5			E	15	2,5	REG
30	A	X																					3	3			D	10	2,5	REG
31	A	X																					5	2			E	10	2,5	REG
32	A		X						X														2	3			D	15	2,5	REG

Estaca ou km	Seção Terrap.	OK	Trincas Isoladas						FC-2		FC-3		ALP (4)	ATP (4)	O (5)	P (5)	EX (6)	D (7)	R (8)	ALC	ATC	EB	Flechas		Trincas Reflexões		Acostamentos			
			FI (1)	TTC (1)	TTL (1)	TLC (1)	TLL (1)	TRR (1)	J (2)	TB (2)	JE (3)	TBE (3)															LADO	DESNIV	LARG	PAVIM
																							TRI	TRE	TRT	TRL				ESTADO DE CONSERV
33	A	X																					6	3			E	10	2,5	REG
34	A								X														4	3			D	10	2,5	REG
35	A		X														X						4	6			E	10	2,5	REG
36	A								X														6	4			D	15	2,5	REG
37	A	X																					6	6			E	5	2,5	REG
38	A										X												3	3			D	10	2,5	REG
39	A		X	X																			5	2			E	10	2,5	REG
40	A		X	X																			2	3			D	10	2,5	REG
41	A		X														X						2	3			E	10	2,5	REG
42	A		X								X												4	3			D	15	2,5	REG
43	A		X		X																		5	6			E	10	2,5	REG
44	A		X		X																		4	5			D	10	2,5	REG
45	A		X	X																			5	5			E	10	2,5	REG
46	A								X														6	6			D	10	2,5	REG
47	A		X														X						5	5			E	10	2,5	REG
48	A		X						X														2	6			D	10	2,5	REG
49	A	X																					3	2			E	10	2,5	REG
50	A		X	X																			2	4			D	10	2,5	REG
51	A																X						5	1			E	10	2,5	REG
52	A		X	X	X																		2	5			D	10	2,5	REG
53	A								X														6	3			E	10	2,5	REG
54	A										X												3	6			D	10	2,5	REG
55	A		X	X																			5	3			E	10	2,5	REG
56	A																X						2	5			D	10	2,5	REG
57	A		X														X						2	1			E	10	2,5	REG
58	A																						3	2			D	10	2,5	REG
59	A		X	X					X														2	2			E	10	2,5	REG
60	A		X						X														4	3			D	10	2,5	REG
61	A		X								X												4	4			E	10	2,5	REG
62	A		X		X				X														4	3			D	10	2,5	REG
63	A		X														X						4	2			E	10	2,5	REG
64	A		X														X						4	3			D	15	2,5	REG
65	A		X	X																			5	3			E	10	2,5	REG
66	A		X														X						4	4			D	10	2,5	REG

Estaca ou km	Seção Terrap.	OK	Trincas Isoladas						FC-2		FC-3		ALP (4)	ATP (4)	O (5)	P (5)	EX (6)	D (7)	R (8)	ALC	ATC	EB	Flechas		Trincas Reflexões		Acostamentos			
			FI (1)	TTC (1)	TTL (1)	TLC (1)	TLL (1)	TRR (1)	J (2)	TB (2)	JE (3)	TBE (3)											LADO	DESNIV	LARG	PAVIM				
																										ESTADO DE CONSERV				
67	A		X														X					4	4			E	10	2,5	REG	
68	A	X																				5	3			D	10	2,5	REG	
69	A	X																				2	2			E	10	2,5	REG	
70	A		X														X					4	5			D	15	2,5	REG	
71	A	X	X																			4	3			E	15	2,5	REG	
72	A						X															3	4			D	10	2,5	REG	
73	A	X																				4	3			E	8	2,5	REG	
74	A	X																				3	3			D	9	2,5	REG	
75	A	X																				3	4			E	10	2,5	REG	
76	A	X																				4	5			D	10	2,5	REG	
77	A					X																1	3			E	10	2,5	REG	
78	A	X																				4	3			D	8	2,5	REG	
79	A																X					7	6			E	9	2,5	REG	
80	A		X								X											3	5			D	8	2,5	REG	
81	A		X			X																5	5			E	9	2,5	REG	
82	A		X				X										X					3	5			D	8	2,5	REG	
83	A		X																			5	5			E	8	2,5	REG	
84	A		X														X					4	5			D	10	2,5	REG	
85	A		X														X					3	6			E	9	2,5	REG	
86	A		X														X					3	6			D	8	2,5	REG	
87	A		X														X					3	2			E	9	2,5	REG	
88	A		X														X					3	5			D	10	2,5	REG	
89	A		X														X					5	2			E	8	2,5	REG	
90	A		X														X					4	4			D	9	2,5	REG	
91	A		X						X													5	6			E	8	2,5	REG	
92	A		X														X					2	7			D	8	2,5	REG	
93	A								X													2	2			E	8	2,5	REG	
94	A		X														X					5	2			D	9	2,5	REG	
95	A								X													5	5			E	8	2,5	REG	
96	A		X														X					4	4			D	10	2,5	REG	
97	A		X	X																		3	3			E	9	2,5	REG	
98	A		X														X					2	4			D	8	2,5	REG	

Estaca ou km	Seção Terrap.	OK	Trincas Isoladas						FC-2		FC-3		ALP (4)	ATP (4)	O (5)	P (5)	EX (6)	D (7)	R (8)	ALC	ATC	EB	Flechas		Trincas Reflexões		Acostamentos			
			FI (1)	TTC (1)	TTL (1)	TLC (1)	TLL (1)	TRR (1)	J (2)	TB (2)	JE (3)	TBE (3)											LADO	DESNIV	LARG	PAVIM				
																										ESTADO DE CONSERV				
99	A								X														3	3			E	9	2,5	REG
100	A		X														X						2	3			D	8	2,5	REG
101	A	X																					5	4			E	8	2,5	REG
102	A		X														X						2	5			D	8	2,5	REG
103	A								X														5	4			E	8	2,5	REG
104	A		X														X						4	4			D	8	2,5	REG
105	A	X																					5	2			E	8	2,5	REG
106	A						X																4	6			D	8	2,5	REG
107	A	X																					7	5			E	9	2,5	REG
108	A		X														X						4	5			D	10	2,5	REG
109	A										X				X			X					6	8			E	8	2,5	REG
110	A								X														6	5			D	8	2,5	REG
111	A		X						X														5	5			E	8	2,5	REG
112	A								X														5	5			D	8	2,5	REG
113	A								X														2	3			E	8	2,5	REG
114	A						X																3	3			D	8	2,5	REG
115	A								X														4	4			E	8	2,5	REG
116	A								X														3	4			D	7	2,5	REG
117	A								X														3	1			E	7	2,5	REG
118	A		X				X																3	5			D	5	2,5	REG
119	A								X														3	4			E	6	2,5	REG
120	A	X																					3	2			D	6	2,5	REG
121	A										X												7	7			E	6	2	REG
122	A						X																5	6			D	5	2,5	REG
123	A										X				X			X					8	7			E	6	2	REG
124	A		X				X																4	3			D	5	2,5	REG
125	A										X												3	4			E	6	2	REG
126	A		X				X																3	2			D	5	2,5	REG
127	A										X												3	3			E	5	2	REG
128	A	X																					3	7			D	5	2,5	REG
129	A								X														2	1			E	5	2	REG
130	A		X	X			X																2	2			D	4	2,5	REG
131	A								X														2	2			E	5	2	REG

Estaca ou km	Seção Terrap.	OK	Trincas Isoladas						FC-2		FC-3		ALP (4)	ATP (4)	O (5)	P (5)	EX (6)	D (7)	R (8)	ALC	ATC	EB	Flechas		Trincas Reflexões		Acostamentos			
			FI (1)	TTC (1)	TTL (1)	TLC (1)	TLL (1)	TRR (1)	J (2)	TB (2)	JE (3)	TBE (3)											TRI	TRE	TRT	TRL	LADO	DESNIV	LARG	PAVIM
																														ESTADO DE CONSERV
132	A	X																				4	5			D	6	2,5	REG	
133	A	X																				1	2			E	5	2	REG	
134	A	X																				4	5			D	4	2,5	REG	
135	A		X	X							X											1	5			E	6	2	REG	
136	A	X																				4	2			D	6	2,5	REG	
137	A						X		X													4	2			E	6	2	REG	
138	A	X																				2	6			D	7	2,5	REG	
139	A								X													3	4			E	4	2	REG	
140	A		X														X					5	3			D	6	2,5	REG	
141	A								X													4	3			E	5	2	REG	
142	A	X																				2	4			D	5	2,5	REG	
143	A	X																				1	1			E	4	2	REG	
144	A	X																				2	3			D	10	2,5	REG	
145	A		X								X											4	1			E	5	2,5	REG	
146	A																X					2	2			D	4	2,5	REG	
147	A	X																				4	4			E	4	2,5	REG	
148	A																X					2	3			D	5	2,5	REG	
149	A	X																				2	1			E	4	2,5	REG	
150	A	X																				3	1			D	5	2,5	REG	
151	A								X													5	3			E	6	2,5	REG	
152	A	X																				2	3			D	6	2,5	REG	
153	A		X	X					X													4	1			E	6	2,5	REG	
154	A	X																				6	3			D	5	2,5	REG	
155	A								X													1	2			E	4	2,5	REG	
156	A																X					2	1			D	5	2,5	REG	
157	A								X													5	7			E	8	2,5	REG	
158	A																X					2	3			D	9	2,5	REG	
159	A				X																	5	2			E	7	2,5	REG	
160	A	X																				2	5			D	10	2,5	REG	
161	A	X																				6	1			E	6	2,5	REG	
162	A																X					4	6			D	6	2,5	REG	
163	A		X		X		X															3	2			E	7	2,5	REG	

Estaca ou km	Seção Terrap.	OK	Trincas Isoladas						FC-2		FC-3		ALP (4)	ATP (4)	O (5)	P (5)	EX (6)	D (7)	R (8)	ALC	ATC	EB	Flechas		Trincas Reflexões		Acostamentos			
			FI (1)	TTC (1)	TTL (1)	TLC (1)	TLL (1)	TRR (1)	J (2)	TB (2)	JE (3)	TBE (3)											TRI	TRE	TRT	TRL	LADO	DESNIV	LARG	PAVIM
																														ESTADO DE CONSERV
164	A																					4	3			D	6	2,5	REG	
165	A	X																				7	1			E	8	2,5	REG	
166	A																X					3	3			D	9	2,5	REG	
167	A																X					5	2			E	8	2,5	REG	
168	A		X														X					3	2			D	8	2,5	REG	
169	A		X								X											1	4			E	7	2,5	REG	
170	A	X																				3	3			D	8	2,5	REG	
171	A		X	X																		3	2			E	7	2,5	REG	
172	A		X	X																		4	5			D	6	2,5	REG	
173	A		X								X											6	2			E	6	2,5	REG	
174	A		X														X					2	2			D	7	2,5	REG	
175	A		X	X																		5	3			E	6	2,5	REG	
176	A	X																				3	3			D	6	2,5	REG	
177	A		X	X	X																	6	6			E	5	2,5	REG	
178	A	X																				5	3			D	6	2,5	REG	
179	A										X											1	3			E	10	2,5	REG	
180	A	X																				4	2			D	7	2,5	REG	
181	A	X																				5	2			E	6	2,5	REG	
182	A	X																				4	5			D	5	2,5	REG	
183	A	X																				2	3			E	7	2,5	REG	
184	A	X																				1	6			D	5	2,5	REG	
185	A	X																				2	3			E	5	2,5	REG	
186	A																X					7	7			D	5	2,5	REG	
187	A	X																				1	2			E	10	2,5	REG	
188	A								X													8	5			D	5	2,5	REG	
189	A		X	X							X											3	4			E	10	2,5	REG	
190	A		X								X											6	6			D	10	2,5	REG	
191	A																					2	8			E	20	2,5	REG	
192	A										X											5	6			D	8	2,5	REG	
193	A										X		X									13	13			E	15	2,5	REG	
194	A																X					2	1			D	8	2,5	REG	
195	A																					11	10			E	7	2,5	REG	

Estaca ou km	Seção Terrap.	OK	Trincas Isoladas						FC-2		FC-3		ALP (4)	ATP (4)	O (5)	P (5)	EX (6)	D (7)	R (8)	ALC	ATC	EB	Flechas		Trincas Reflexões		Acostamentos			
			FI (1)	TTC (1)	TTL (1)	TLC (1)	TLL (1)	TRR (1)	J (2)	TB (2)	JE (3)	TBE (3)															LADO	DESNIV	LARG	PAVIM
																							TRI	TRE	TRT	TRL				ESTADO DE CONSERV
196	A										X												2	1			D	8	2,5	REG
197	A										X												8	5			E	6	2,5	REG
198	A	X									X												2	5			D	7	2,5	REG
199	A										X		X										6	11			E	8	2,5	REG
200	A										X												7	2			D	8	2,5	REG
201	A										X		X										6	17			E	10	2,5	REG
202	A										X												6	3			D	10	2,5	REG
203	A										X												6	5			E	10	2,5	REG
204	A										X												2	8			D	5	2,5	REG
205	A										X												5	4			E	7	2,5	REG
206	A										X												2	2			D	8	2,5	REG
207	A										X		X										18	3			E	8	2,5	REG
208	A										X												7	7			D	8	2,5	REG
209	A										X		X										22	21			E	10	2,5	REG
210	A																X						6	5			D	3	2,5	REG
211	A										X												6	8			E	6	2,5	REG
212	A																X						2	3			D	5	2,5	REG
213	A										X												8	7			E	6	2,5	REG
214	A																X						4	2			D	0	2,5	REG
215	A																X						7	5			E	8	2,5	REG
216	A		X						X														2	6			D	0	2,5	MAU
217	A		X	X																			7	7			E	6	2,5	MAU
218	A																X						5	5			D	0	2	REG E VEG
219	A										X												7	6			E	6	2	REG E VEG
220	A																X						2	4			D	5	2	REG E VEG
221	A										X												6	2			E	5	2	REG E VEG
222	A		X	X			X																5	2			D	2	2	REG E VEG
223	A										X												2	8			E	6	2	REG E VEG
224	A																X						1	2			D	6	2	REG E VEG
225	A										X												9	7			E	5	2	REG E VEG
226	A								X														6	1			D	2	2	REG E VEG
227	A		X		X																		2	3			E	6	2	REG E VEG

Estaca ou km	Seção Terrap.	OK	Trincas Isoladas						FC-2		FC-3		ALP (4)	ATP (4)	O (5)	P (5)	EX (6)	D (7)	R (8)	ALC	ATC	EB	Flechas		Trincas Reflexões		Acostamentos			
			FI (1)	TTC (1)	TTL (1)	TLC (1)	TLL (1)	TRR (1)	J (2)	TB (2)	JE (3)	TBE (3)											TRI	TRE	TRT	TRL	LADO	DESNIV	LARG	PAVIM
																														ESTADO DE CONSERV
228	A																X					9	2			D	4	2	REG E VEG	
229	A										X											10	8			E	6	2	REG E VEG	
230	A	X																				2	3			D	4	2	REG E VEG	
231	A								X													4	2			E	6	2	REG E VEG	
232	A	X																				3	1			D	4	2	REG E VEG	
233	A		X		X																	2	3			E	6	2	REG E VEG	
234	A																X					2	2			D	4	2	REG E VEG	
235	A										X											6	5			E	8	2	REG E VEG	
236	A							X														3	4			D	7	2	REG E VEG	
237	A										X											7	3			E	7	2	REG E VEG	
238	A																X					4	3			D	6	2	REG E VEG	
239	A										X											2	12			E	6	2	REG E VEG	
240	A																X					3	3			D	4	2	REG E VEG	
241	A										X											14	16			E	10	2	REG E VEG	
242	A																X					7	5			D	7	2	REG E VEG	
243	A										X											13	10			E	7	2	REG E VEG	
244	A																X					3	5			D	7	2	REG E VEG	
245	A										X											6	3			E	8	2	REG E VEG	
246	A																X					5	5			D	6	2	REG E VEG	
247	A										X											9	16			E	7	2	REG E VEG	
248	A								X													3	2			D	6	2	REG E VEG	
249	A										X											1	3			E	6	2	REG E VEG	
250	A	X																				4	2			D	5	2	REG E VEG	