



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
CAMPUS UNIVERSITÁRIO DE TUCURUÍ
FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL

DIEGO LUCENA DE SOUSA
MATEUS GONÇALVES DE OLIVEIRA

**AVALIAÇÃO FUNCIONAL E ESTRUTURAL DO PAVIMENTO NAS
PRINCIPAIS VIAS DO MUNICÍPIO DE TUCURUÍ**

Tucuruí – PA
2016

DIEGO LUCENA DE SOUSA
MATEUS GONÇALVES DE OLIVEIRA

**AVALIAÇÃO FUNCIONAL E ESTRUTURAL DO PAVIMENTO NAS PRINCIPAIS
VIAS DO MUNICÍPIO DE TUCURUÍ**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado como parte dos
requisitos necessários para a
obtenção do grau de Bacharel em
Engenharia Civil, na Faculdade de
Engenharia Civil da Universidade
Federal do Pará.
Orientadora: Prof^ª. Eng^ª. Raphaela
Sobreira Goto.

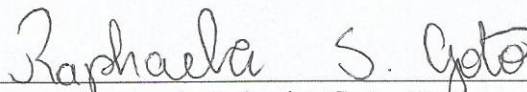
DIEGO LUCENA DE SOUSA
MATEUS GONÇALVES DE OLIVEIRA

**AVALIAÇÃO FUNCIONAL E ESTRUTURAL DO PAVIMENTO NAS PRINCIPAIS
VIAS DO MUNICÍPIO DE TUCURUÍ**

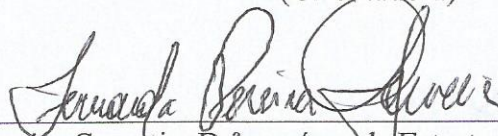
Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado como parte dos
requisitos necessários para a
obtenção do grau de Bacharel em
Engenharia Civil, na Faculdade de
Engenharia Civil da Universidade
Federal do Pará.

Tucuruí – PA, 07 de junho de 2016

Aprovado por:



Raphaela Sobreira Goto, Eng.^a na área de Transportes (UFPA)
(Orientadora)



Fernanda Pereira Gouveia, Dr.^a na área de Estruturas e Construção Civil (UFPA)
(Examinador Interno)



André Luis Fonseca Fontana, MSc. em Engenharia de Transportes (PMT/SEMMA)
(Examinador Externo)

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, nosso Senhor, que nos deu sabedoria, saúde e a oportunidade de realizar este sonho de sermos engenheiros e formandos nesta quão conceituada Universidade Federal do nosso Estado do Pará.

Aos nossos queridos pais que sempre nos incentivaram nos estudos e deram o apoio necessário para que conseguíssemos atingir os nossos objetivos.

À professora Raphaela Sobreira Goto pelo convite para a participação neste estudo, pela orientação deste trabalho, atenção e confiança depositada em nós e sua contribuição para o nosso amadurecimento pessoal e profissional.

À Secretaria Municipal de Serviços Urbanos pela disponibilidade de atendimento às nossas requisições e informações essenciais para o desenvolvimento deste trabalho, além da disponibilização de pessoal e veículo para a realização dos ensaios, principalmente ao Sr. Anísio Pacheco (Secretário Municipal) que não hesitou em contribuir prontamente às nossas solicitações.

Ao diretor da Companhia de Trânsito de Tucuruí (CTTUC) pela disponibilidade de atendimento às nossas requisições e disponibilização de agentes de trânsito para a realização dos eventuais ensaios nas vias da cidade.

Agradecemos ainda, a Professora Dra. Miranilde Oliveira Neves pela sua contribuição na correção ortográfica e gramatical deste trabalho.

RESUMO

O presente trabalho pretende avaliar objetivamente as condições funcionais e estruturais de alguns trechos de sete principais vias com pavimentação asfáltica no Município de Tucuruí – PA, visto que estas foram selecionadas mediante o volume de tráfego e com base em aspectos como a absorção e liberação do mesmo, a fim de se obter dados deflectométricos com a utilização da Viga Benkelman, previamente definidas para previsão do seu comportamento estrutural. Além disso, pretende-se apresentar os dados de afundamentos das trilhas de rodas por meio da utilização da treliça de alumínio padronizada. A metodologia deste estudo seguiu como base as recomendações previstas nas normas do Departamento Nacional de Infraestrutura e Transporte. Os resultados das análises funcional e estrutural indicam a existência de muitas patologias a serem resolvidas por meio de programação de reparos locais e da programação de tratamento de rejuvenescimento, além de remoção parcial ou total do pavimento existente e sua substituição parcial ou total por nova estrutura projetada com base no critério de resistência. Os defeitos detectados com maior frequência foram trincas interligadas, desgastes, afundamentos nas trilhas de rodas, dentre outros, descritos no decorrer do trabalho, o que permite concluir que esta pesquisa muito poderá contribuir para a escolha de soluções para tais problemas, evitando a oneração com futuros gastos para a recuperação e manutenção destas vias. Por se tratar de um estudo pioneiro desenvolvido no Município no que diz respeito à finalidade de se conhecer de forma objetiva a situação dos pavimentos que compõem as principais vias da malha viária desta cidade, uma vez que forneceu assim, condições necessárias para futuras verificações com relação à evolução dos problemas superficiais e estruturais que poderão tender a um grau avançado de deterioração no decorrer do tempo.

Palavras-chave: Pavimentação Asfáltica; Dados Deflectométricos; Análises Funcional e Estrutural.

ABSTRACT

This study intends to objectively evaluate the functional and structural conditions of some stretch of seven roads with asphalt paving at Tucuruí city – Pará's state, as these were selected by the volume of traffic and based on aspects such as absorption and release the same in order to obtain deflectometers data with the use of Benkelman beam previously defined for estimation of the structural behavior. Additionally, it is intended to present data of wheel tracks through the use of standardized aluminum trellis. The methodology of this study followed based on the recommendations provided in the rules of the National Department of Infrastructure and Transport. The results of the structural and functional analyzes indicate that there are many pathologies to be solved by programming local repairs and rejuvenation treatment, as well as partial or total removal of the existing pavement and its partial or total replacement by a new structure designed based on the strength criteria. The most frequently detected defects were linked cracks, wear, sags wheel trail, among others, described in this work, which shows that this research can greatly contribute to the choice of solutions to these problems, avoiding overtax future expenditures for the restoration and maintenance of these facilities. Because it is a pioneering study developed in the city with regard to the finality of knowing objectively the situation of floors that make up the main roads of the road network of the city, as it provided thus necessary conditions for future scans with respect the evolution of surface and structural problems that may tend to an advanced degree of deterioration over time.

Keywords: Asphalt Paving; Deflectométricos data; Functional analysis and Structural.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Composição da matriz do transporte de carga no Brasil.....	4
Figura 2 - O Sistema Pavimento.....	7
Figura 3 - Comparação entre os tipos de estrutura de pavimentos.....	10
Figura 4 - Concreto-cimento (corte longitudinal).....	11
Figura 5 - Asfáltico (corte transversal).....	11
Figura 6 - Sistema de camadas de um pavimento e tensões solicitantes.....	12
Figura 7 - Trinca isolada - transversal.....	13
Figura 8 - Trinca isolada - longitudinal.....	13
Figura 9 - Trinca interligada - tipo couro de jacaré.....	14
Figura 10 - Trinca interligada em bloco.....	14
Figura 11 - Afundamento na trilha de roda.....	15
Figura 12 - Escorregamento.....	16
Figura 13 - Exudação.....	16
Figura 14 - Desgaste.....	16
Figura 15 - Buraco.....	17
Figura 16 - Componentes da Viga Benkelman.....	23
Figura 17 - Esquema do sistema de referência na viga e no caminhão.....	24
Figura 18 - Deflexão observada no pavimento durante a leitura inicial (L_0).....	24
Figura 19 - Leitura final L_f após recuperação das deformações no pavimento.....	25
Figura 20 - Mapa mental do estudo de avaliação dos pavimentos.....	29
Figura 21 - Trecho analisado da via Rua 31 de março (Posto de fiscalização/CTTUC – Praça das Bandeiras).....	33

Figura 22 - Trecho analisado da via Avenida Brasília (Posto Laiza – Congregação Assembleia de Deus).....	33
Figura 23 - Trecho analisado da via Rua Lauro Sodré (Antiga Rodoviária – Posto Cidade Luz)	34
Figura 24 - Trecho analisado da via Rua Santo Antônio (Início Escadarias – Final Escadarias)	34
Figura 25 - Trecho analisado da via Avenida Sete de Setembro (Lions Club – Goldin Ferro e Aço).....	35
Figura 26 - Trecho analisado da via Rua Tancredo Neves (Posto Cascão – Garagem da Clean)	35
Figura 27 - Trecho analisado da via Avenida Veridiano Cardoso (Faixa de pedestre-próximo ao Banco do Brasil – Loja Pantanal).....	35
Figura 28 - Demarcação das superfícies de avaliação	37
Figura 29 - Leitura da deformação plástica com a utilização da treliça de alumínio	37
Figura 30 - Viga de Benkelman utilizada para os ensaios defletoométricos.....	38
Figura 31 - Caminhão utilizado durante os ensaios defletoométricos	38
Figura 32 - Realização da leitura defletoométrica	39
Figura 33 - Caminhão preparado para o início das leituras defletoométricas	40
Figura 34 - Nivelamento da Viga Benkelman	41
Figura 35 - A leitura inicial (L_0).....	41
Figura 36 - Defeitos encontrados nas vias a partir da análise visual	43
Figura 37 - Transporte de carga na Av. Veridiano Cardoso	66

LISTA DE QUADROS

Quadro 1- Fatores para Correção Sazonal.....	25
Quadro 2 - Tipos de Serviços de Manutenção.....	26
Quadro 3 - Informações específicas sobre as vias analisadas	31
Quadro 4: Resultados dos índices de gravidade global – Av. Sete de Setembro	48
Quadro 5: Resultados dos índices de gravidade global – Rua Tancredo Neves	50
Quadro 6: Resultados dos índices de gravidade global – Rua Lauro Sodré	53
Quadro 7: Resultados dos índices de gravidade global – Rua Santo Antônio	55
Quadro 8: Resultados dos índices de gravidade global – Av. Veridiano Cardoso.....	58
Quadro 9: Resultados dos índices de gravidade global – Av. Brasília	60
Quadro 10: Resultados dos índices de gravidade global – Rua 31 de Março	62
Quadro 11 - Resultados da Avaliação Estrutural (Norma DNER - PRO 010/79).....	70
Quadro 12 - Resultados da Avaliação Estrutural (Norma DNER - PRO 011/79).....	72

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Distância do bordo do pavimento	23
Tabela 2 - Conceitos de degradação do pavimento em função do IGG.....	46
Tabela 3: Resumo da Avaliação Funcional realizada para as vias	63
Tabela 4 - Estimativa do valor de z	64
Tabela 5 - Tipo e Espessuras Mínimas de Revestimento, conforme DER/SP IP-DE-P00/001	66
Tabela 6 – Valores para as constantes a e b , conforme cada tipo de veículo (segundo método da AASTHO).....	67
Tabela 7 - Valores de N - número equivalente de operações do eixo simples padrão de rodas duplas de 8,2 toneladas adotados para cada via.....	69
Tabela 8 - Dados estruturais utilizados para os critérios para avaliação (Norma DNER – PRO 010/79)	70
Tabela 9 - Dados estruturais utilizados para os critérios da avaliação (Norma DNER – PRO 011/79)	71

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AASHTO	American Association Standard Highway and Transportation Officials
ALP	Afundamento Local Plástico
ATP	Afundamento de Trilha Plástico
<i>apud</i>	citado por, segundo
BIRD	Banco Internacional para Reconstrução e Desenvolvimento
CBR	California Bearing Ratio (Índice de Suporte Califórnia)
CBUQ	Concreto Betuminoso Usinado a Quente
CNT	Confederação Nacional do Transporte
CTTUC	Companhia de Trânsito de Tucuruí
DER	Departamento de Estradas de Rodagem
DNER	Departamento Nacional de Estradas de Rodagem
DNIT	Departamento Nacional de Infraestrutura e Transportes
E	Escorregamento
Ex	Exudação
<i>et. al.</i>	e outros
FHWA	Federal Highway Administration (Administração de Rodovias Federais)
FI	Fissuras Isoladas
FWD	Falling Weight Deflectometer (Equipamento Dinâmico de Impacto)
IGG	Índice de Gravidade Global
IGI	Índice de Gravidade Individual
IP	Instrução de Projeto
JE	Trinca Interligada Tipo Couro de Jacaré com erosão na borda
LF	Leitura final
ME	Método de Ensaio
O	Ondulação/Corrugação
P	Panela
p.	Página
PA	Pará
PMF	Pré-Misturado a Frio
PMQ	Pré-Misturado a Quente
PMT	Prefeitura Municipal de Tucuruí

PR	Paraná
PRO	Procedimento
SGP	Sistemas de Gerência de Pavimentos
SP	São Paulo
TER	Terminologia
TLC	Trinca Isolada Longitudinal Curta
TLL	Trinca Isolada Longitudinal Longa
TRE	Trilha de Roda Externa
TRI	Trilha de Roda Interna
TRR	Trinca Isolada com Retração Térmica ou a Dissecação da base ou do Revestimento
TST	Tratamento Superficial Triplo
TTC	Trinca Isolada Transversal Curta
TTL	Trinca Isolada Transversal Longa

LISTA SÍMBOLOS

σ	desvio padrão
$>$	maior
$<$	menor
\geq	maior ou igual
\leq	menor ou igual
$\%$	percentual
Σ	somatório

SUMÁRIO

1	CONSIDERAÇÕES INICIAIS.....	1
1.1	OBJETIVOS	2
1.1.1	Objetivo geral.....	2
1.1.2	Objetivos específicos.....	2
1.2	JUSTIFICATIVA.....	2
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	7
2.1	CONSIDERAÇÕES INICIAIS.....	7
2.2	CLASSIFICAÇÃO DOS PAVIMENTOS	9
2.2.1	Ponto de vista estrutural e funcional	9
2.3	DEFEITOS EM VIAS ASFALTADAS	12
2.3.1	Fendas.....	12
2.3.2	Afundamento.....	14
2.3.3	Ondulação ou Corrugação	15
2.3.4	Escorregamento.....	15
2.3.5	Exsudação	16
2.3.6	Desgaste.....	16
2.3.7	Buraco.....	17
2.3.8	Remendo	17
2.3.9	Outros defeitos	17
2.4	AVALIAÇÃO FUNCIONAL DE PAVIMENTOS	19
2.4.1	Avaliação Superficial Objetiva.	20
2.5	AVALIAÇÃO ESTRUTURAL DE VIAS ASFALTADAS	21
2.5.1	Medidas deflectométricas de vias pavimentadas	22
2.5.2	Deflexão de Projeto – Correção Sazonal.....	25
2.6	SERVIÇOS DE MANUTENÇÃO DE VIAS.....	26
3	MATERIAIS E MÉTODOS	28
3.1	CONSIDERAÇÕES INICIAIS.....	28
3.2	MAPA MENTAL.....	29
3.3	DETERMINAÇÃO DAS VIAS ANALISADAS.....	30
3.4	DETERMINAÇÃO DE SUBTRECHOS DE SUPERFÍCIES HOMOGENEAS DAS VIAS A SEREM ANALISADAS	32
3.5	AVALIAÇÃO FUNCIONAL.....	36
3.6	MEDIDAS DEFLECTOMÉTRICAS	38
3.7	AFERIAÇÃO DA VIGA DE BENKELMAN	42
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES	43
4.1	CONSIDERAÇÕES INICIAIS.....	43
4.2	AVALIAÇÃO FUNCIONAL.....	43
4.2.1	Contabilização dos defeitos	43
4.2.2	Cálculo do Índice de Gravidade Global	44
4.2.3	Resultados da avaliação funcional	46
4.2.3.1	Avenida 7 Sete de Setembro	46
4.2.3.2	Rua Tancredo Neves	49
4.2.3.3	Rua Lauro Sodré	51

4.2.3.4	Rua Santo Antônio	54
4.2.3.5	Avenida Veridiano Cardoso.....	56
4.2.3.6	Avenida Brasília.....	59
4.2.3.7	Rua 31 de Março	61
4.3	AVALIAÇÃO ESTRUTURAL.....	63
4.3.1	Cálculos para realização da análise estrutural	63
4.3.1.1	Determinação do VMD	67
4.3.1.2	Determinação do número equivalente de solicitações (N)	68
4.3.2	Avaliação Estrutural – Procedimento A	69
4.3.3	Avaliação Estrutural – Procedimento B	71
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	73
6	SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	74
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	75
	APÊNDICES	77
	APÊNDICE A – Resultados da Avaliação Estrutural.....	77
	APÊNDICE B – Planilhas utilizadas para a determinação do Número de Solicitações Equivalentes (N)	81
	ANEXOS	86
	ANEXO A – Planilhas e quadros utilizados de acordo com as normas do DNIT.	86
	ANEXO B – Treliça para a medição das flechas de trilha de roda – Padrão DNIT 006/2003 PRO	93
	ANEXO C – Aferição da viga de Benkelman.....	95

1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Nas últimas décadas têm-se notado em todo o território nacional um crescente aumento da deterioração de vias e bem como a não realização de uma manutenção programada que diminuiria em muito a perda de capacidade estrutural e funcional. Sendo que no município de Tucuruí – sudeste do Estado do Pará a urgência em desenvolver estudos analíticos utilizando-se um ferramental que baseia não somente em análise empírica, mas acima de tudo, métodos destrutivos e não destrutivos.

Assim, pode-se afirmar que “o desenvolvimento de um país está intimamente ligado à disponibilidade de infraestrutura econômica, de tal forma que a infraestrutura de transportes tem um impacto decisivo para a sustentabilidade deste processo” (CARNEIRO NETO *et al.*, 2012). Entretanto, a oferta de infraestrutura de transportes deve estar disponível a custos condizentes, de maneira a disponibilizar o atendimento da crescente demanda impulsionada pelo próprio desenvolvimento da economia nacional (CARNEIRO NETO *et al.*, 2012).

Logo, como os recursos disponíveis para expansão da oferta viária são limitados, é de suma importância que os mesmos sejam mais bem alocados, para que possam alcançar condizentes retornos sociais, tudo isso, com o objetivo de subsidiar uma transformação qualitativa da vida social, objetivo esse, primordial do desenvolvimento econômico (CARNEIRO NETO *et al.*, 2012).

Dessa forma, pode-se afirmar que a maioria dos municípios brasileiros, embora apresentem vias formadas principalmente por pavimentos flexíveis, os mesmos como citado no primeiro parágrafo, não apresentam um sistema de gerência de pavimentos, sendo que no município de Tucuruí não é diferente. Mediante a esta situação foi realizado um estudo de avaliação de algumas vias do município, levando-se em conta a frequência de tráfego, sua grande importância ao comércio local e ao tipo de vias que se destinam. Sendo o estudo feito com levantamento em campo, a fim de avaliar os aspectos funcionais e estruturais das mesmas, visando identificar e quantificar os problemas superficiais, ou estruturais que afetam o conforto na trilha de rolamento e a segurança dos usuários, etc.

Diante disso, decidiu-se desenvolver uma pesquisa utilizando do método não destrutivo, uma vez que, sua realização não retira parte do pavimento em análise e fornece informações e dados precisos. Com isso, espera-se demonstrar que a utilização desse método possa em muito contribuir para o diagnóstico dos problemas identificados, e por fim, para sua correção e manutenção.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo geral

Avaliar objetivamente as condições funcionais e estruturais de alguns trechos de 07 (sete) vias com pavimentação asfáltica no Município de Tucuruí – PA.

1.1.2 Objetivos específicos

- a) obter as deflexões recuperáveis em trechos das vias em estudo por intermédio da Viga Benkelman;
- b) obter as deformações plásticas nas trilhas de rodas interna e externa por meio da utilização da treliça de alumínio padronizada;
- c) avaliar a potencial necessidade de dimensionamento de reforços dos pavimentos através dos critérios deflectométricos (método não destrutivo), caso seja constatada tal necessidade.

1.2 JUSTIFICATIVA

De acordo com Barboza (2014) não há crescimento econômico sustentável sem a existência de infraestrutura eficiente e eficaz, que atenda aos objetivos diversos de uma nação: viabilizando o produto potencial, integrando a população à economia nacional, por meio de modais de transportes e sistemas de comunicações que interliguem, de fato, as regiões do país e minimizem os desperdícios de recursos ao otimizar sua utilização. Verifica-se tal pensamento a grave crise financeira do Estado brasileiro, nas duas últimas décadas, tornando-o incapaz de gerar poupança para financiar o investimento necessário nesta área. O rápido

declínio dos investimentos das estatais, particularmente a partir de 1984, levou à deterioração dos serviços e do estoque de capital em infraestrutura, o que provocou elevação dos custos gerais da economia, traduzidos em perdas substanciais de competitividade interna e externa, causadas por ineficiências na produção de serviços de transportes.

Com a falta de Infraestrutura eficiente e eficaz, fica evidente que com os levantamentos recorrentes da Confederação Nacional do Transporte – CNT têm considerado a grande maioria dos pavimentos do Brasil de baixo conforto ao rolamento, incluindo muitos trechos concessionados da malha federal. “Estima-se de 1 a 2 bilhões de reais, por ano, para manutenção das rodovias federais. Acredita-se que seriam necessários R\$ 10 bilhões para recuperação de toda a malha viária federal” (BERNUCCI *et al.*, 2008, p.20).

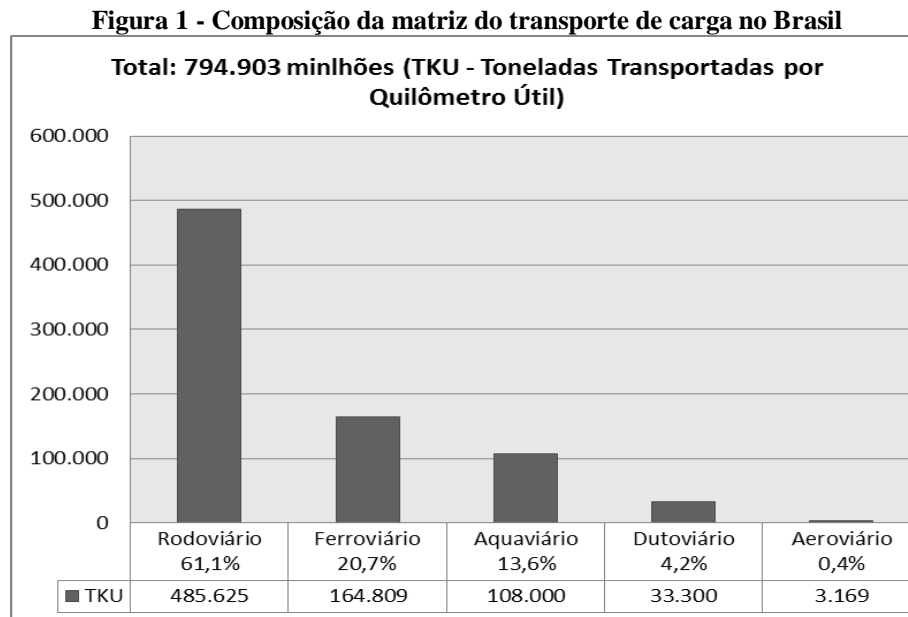
Sendo que “nas últimas décadas, o investimento em infraestrutura rodoviária se encontra bem aquém das necessidades do país, havendo uma crescente insatisfação do setor produtivo com esse nível de investimento” (BERNUCCI *et al.*, 2008, p.20).

Constata-se ainda que os bens produzidos no país podem ser mais competitivos na fase de produção, entretanto, perdem poder de competitividade, especialmente, no quesito infraestrutura de transportes, devido a uma matriz modal deficiente ainda verificada no Brasil, onde as estradas que são o principal meio de escoamento da produção nacional, encontram-se em estado precários, assim, não são capazes de atender as necessidades de transporte de carga nacionais, e quando atendem são ineficientes. Com essa constatação, os tornam pouco competitivos no mercado exterior e cria uma situação econômica nacional insustentável (BERNUCCI *et al.*, 2008).

Com isso, chega-se aos percentuais representativos da matriz de transporte brasileiras, sendo eles: aproximadamente 60% do transporte de cargas realizado no Brasil é rodoviário. O modal ferroviário responde por 21%, o aquaviário por 14%, o dutoviário por 5% e o aéreo por menos de 1%. O modal de transporte rodoviário encontra-se em parte em estado deficiente, sendo os investimentos nas rodovias prioritários neste momento, não apenas por ser o modal mais utilizado, mas por exigir menor investimento quando comparado aos demais modais. Destaque-se ainda que pelo modal rodoviário circulam 96% dos passageiros (BERNUCCI *et al.*, 2008).

Também de acordo com os dados da CNT (2013), o transporte rodoviário tem sua maior participação, conforme apresentado na Figura 1, com 61,1% das cargas, seguido do

ferroviário com 20,7% e aquaviário com 13,6%, representando 95,4% de toda a carga transportada no contexto brasileiro.



Fonte: CNT (2013)

Desta forma, observa-se para que se possa alcançar melhoras nos transportes, é necessário a utilização de modais com custos menores, com isso, poder-se-á gerar uma melhor competitividade aos produtos brasileiros. Assim, segundo Bernucci *et al.* (2008), apontava que 92,3% das estradas brasileiras avaliadas na pesquisa eram classificadas como deficientes/ruins/péssimas em seu estado geral. Em 2004, esse índice ficou em 74,7%, e em 2009, 69,0% de regular/ruim/péssimo. Tais taxas analisadas em diferentes anos foram contabilizadas em três parâmetros: regular, ruim e péssimo. Dessa forma, observa-se uma leve melhoria, mas de forma muito lenta. Sendo importante ressaltar que, nos três quesitos avaliados na pesquisa, ou seja, pavimento, sinalização e geometria da via, a qualidade do pavimento está estabilizada com aproximadamente 55% de regular/ruim/péssimo desde 2004.

Com o exposto nos parágrafos anteriores, pode-se dizer que a competitividade da economia brasileira é prejudicada pela falta de investimento infraestrutura, uma vez que isso acarreta um número crescente de acidentes, desperdício de carga e gasto elevado com manutenção e combustíveis. O comprobatório foi pelas estimativas da Associação Nacional dos Usuários de Transporte (ANUT), sendo que, pode-se afirmar que o país perde US\$ 5 bilhões por ano com a precariedade, principalmente das estradas e dos outros segmentos do transporte (BERNUCCI *et al.*, 2008, p.21).

Assim, segundo Goto (2010), a consequência básica da falta de investimento é a não adequação da oferta de rodovias à atual demanda. Tal fato é examinado quando se observa que por um lado, a quantidade da malha rodoviária pavimentada ofertada e a baixa qualidade das vias, enquanto, por outro lado, a frota de veículos e a movimentação rodoviária de cargas e de passageiros cresceram fortemente nos últimos anos.

Também de acordo com Goto (2010), a demanda de tráfego crescente e a idade dos pavimentos avançando, fica cada vez mais difícil reverter o quadro de deterioração, considerando o nível crescente das restrições orçamentárias destinadas à conservação/restauração de rodovias.

Dessa forma, o quadro de precária infraestrutura rodoviária, bem como dos demais modais de transportes, repercute na capacidade produtiva do país contribuindo para o chamado “Custo Brasil”. O mesmo é responsável preponderantemente pela diminuição do poder aquisitivo da população, uma vez que transporta pequeno volume de carga por unidade em relação aos modais ferroviário e aquaviário. Assim, a não adequação da oferta de rodovias às demandas contribuem ainda mais no “Custo Brasil”.

Com o exposto acima, observa-se que a identificação da precariedade na infraestrutura rodoviária não se restringe apenas aos estudiosos e especialistas da área, mas também a população, mesmo que de maneira empírica, e bem como, devido ao constante enfoque dos meios de comunicação que tem questionado insistentemente a qualidade dos revestimentos asfálticos, quer em níveis: federal, estadual e municipal; e ainda a necessidade da eficácia das técnicas de conservação e restauração.

Assim, a avaliação funcional e estrutural vem diagnosticar a real situação que determinado pavimento se encontra, podendo ser previstas medidas de conservação e restauração a fim de se evitar que o mesmo alcance a sua deterioração, sendo que quanto maior for o tempo de não realização de medidas de conservação maior será a sua gravidade, assim, maior será a probabilidade da realização da restauração, e em consequência maior serão os custos para a recuperação da serventia e da estrutura do pavimento, que em sua maioria necessitará de reconstrução do pavimento, quer seja da base e/ou sub-base, ou ainda o mesmo por completo. Dessa forma, segundo Gonçalves (1999), quando os custos anuais dos pavimentos se tornam importantes ou defeitos como trincas, afundamentos plásticos e desgaste superficial começam a interferir com a serventia, deve-se restaurar o pavimento.

Desse modo, o presente estudo contribuirá de forma preponderante para a concepção de uma avaliação técnica referente às condições do pavimento e ao grau de deterioração em que as vias se encontram (MARQUESINI, 2012).

Também, o estudo proporcionará ferramentas que auxiliarão no planejamento das medidas necessárias para se preservar ou manter o bom funcionamento do pavimento, prolongamento da sua vida útil e, caso seja necessário, estabelecer prioridades na programação de investimentos (MARQUESINI, 2012).

O mesmo estudo referido acima seguirá as normas atualizadas e o Manual de Restauração de Pavimentos Asfálticos do DNIT – Departamento Nacional de Infraestrutura e Transportes. Desse modo, os resultados deste estudo serão disponibilizados à Secretaria Municipal de Serviços Urbanos de Tucuruí-PA. Tais informações servirão de contribuição para a tomada de decisão quanto às medidas a serem realizadas, caso essas vias venham sofrer perda da capacidade estrutural e funcional.

Por se tratar de um estudo pioneiro desenvolvido no Município de Tucuruí no que diz respeito à finalidade de se conhecer de forma objetiva a situação dos pavimentos que compõem as principais vias da malha viária desta cidade, uma vez que, os mesmos não disponibilizam de dados históricos e técnicos sobre a construção dos respectivos pavimentos, pois estes foram realizados por uma empresa privada na qual ficou com todas as informações, ou mesmo, devido à falta de compromisso dos gestores por não deixarem os arquivos, isto é, projetos que contribuiriam para a realização de intervenções, de suma importância para a recuperação da perda da capacidade estrutural e qualidade dos pavimentos. Essa falta de compromisso é “justificada”, devido à mudança de governo que normalmente ocorre com a mudança de partidos, que “de uma hora para outra não se têm mais os dados, arquivos realizados em gestões anteriores”.

E também no município em estudo, até então não foi utilizado estudos analíticos para a detecção, ou mesmo, diagnósticos das reais situações que os pavimentos se encontram.

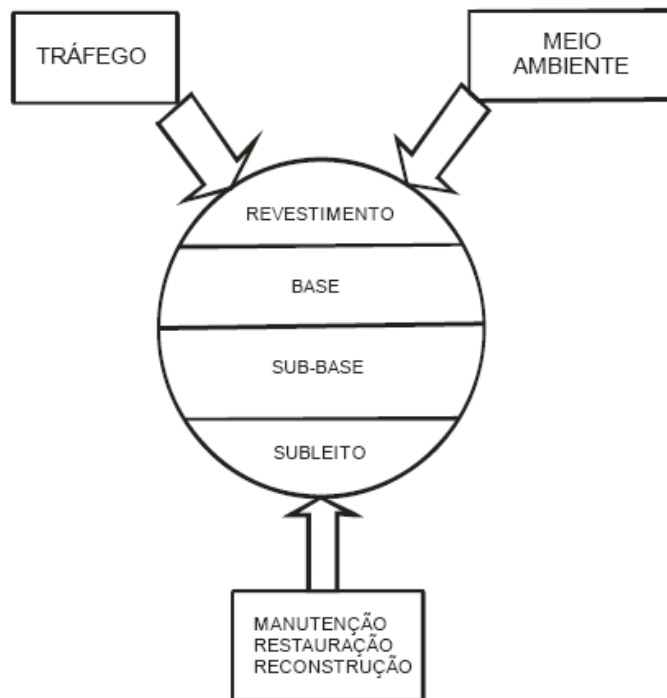
Outro ponto levado em consideração na escolha dessas vias, realizada por avaliações visuais, é que elas já demonstram estarem perdendo sua capacidade de suporte e qualidade, sendo assim, a realização desse estudo possibilitará saber se os problemas são funcionais ou estruturais, ou ainda os dois em conjunto.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Segundo Pereira *et al.* (2011), o sistema pavimento pode ser definido como um conjunto de componentes que interagem mutuamente. Os componentes deste Sistema (revestimento, base, sub-base e subleito) são submetidos a fatores externos, como o tráfego, as operações de manutenção e as condições ambientais, conforme mostrado na Figura 2, a seguir:

Figura 2 - O Sistema Pavimento



Fonte: Pereira *et al.* (2011)

Assim, conforme Bernucci *et al.* (2008) *apud* Croney (1977), o objetivo principal da pavimentação é garantir a trafegabilidade em qualquer época do ano e condições climáticas, além de proporcionar aos usuários conforto ao rolamento e segurança. Uma vez que o solo natural não é suficientemente resistente para suportar a repetição de cargas de roda sem sofrer deformações significativas. Assim, torna-se necessário a construção de uma estrutura, denominada pavimento, esta “estrutura é concedida, em seu sentido puramente estrutural, sendo que recebe e transmite esforço de maneira a aliviar as pressões sobre as camadas inferiores, que geralmente são menos resistentes” (BALBO, 2007, p. 35).

Ao passo que, “o desempenho adequado do conjunto de camadas e do subleito relaciona-se à capacidade de suporte e à durabilidade compatível com o padrão da obra e o tipo de tráfego, bem como o conforto ao rolamento e a segurança dos usuários”. (BERNUCCI *et al.*, 2008, p. 403). Surge ainda um maior desafio que está em projetar um pavimento resiste de fato aos esforços solicitados, assim, é preciso conceber uma obra de engenharia que cumpra as demandas estruturais e funcionais (BERNUCCI *et al.*, 2008).

Sendo que a observação do ponto de vista do usuário, o estado da superfície do pavimento é o mais importante, pois os defeitos ou irregularidades nessa superfície são o que os mesmos percebem uma vez que afetam seu conforto. Já quando o conforto é prejudicado, pensam também sofrer mais intensamente as consequências desses defeitos. Com isso, pode-se afirmar que essas consequências provocam maiores custos operacionais, relacionados a maiores gastos com peças de manutenção dos veículos, com consumo de combustível e de pneus, além do tempo decorrido da viagem, etc. (BERNUCCI *et al.*, 2008).

Logo se percebe que “os pavimentos são estruturas que em geral não apresentam ruptura súbita, mas sim deterioração funcional e estrutural acumuladas a partir de sua abertura ao tráfego” (BERNUCCI *et al.*, 2008, p. 441).

A avaliação estrutural, por sua vez, está conexas ao conceito de capacidade de carga, que pode ser vinculado diretamente ao projeto do pavimento e ao seu dimensionamento. Sendo que os defeitos estruturais resultam de maneira especial da repetição das cargas e estão vinculados às deformações elásticas ou recuperáveis e ainda as plásticas ou permanentes. Do mesmo modo, as deformações elásticas são avaliadas por equipamentos próprios chamados de forma genérica de defletômetros, que medem os deslocamentos verticais designados como ‘deflexão’ do pavimento. Elas são responsáveis pelo surgimento da maioria das trincas ao longo da vida útil do pavimento, e podendo levar à fadiga do revestimento. Dessa forma, as deformações plásticas vão se acumulando durante os períodos de vida de um pavimento e resultam em defeitos do tipo afundamento localizado ou nas trilhas de roda, medidos com a utilização da treliça normatizada (BERNUCCI *et al.*, 2008).

2.2 CLASSIFICAÇÃO DOS PAVIMENTOS

2.2.1 Ponto de vista estrutural e funcional

“Pavimento é um sistema formado por várias camadas de espessuras finitas, que se assenta sobre um semi-espaço infinito e exerce a função de fundação da estrutura, denominada de subleito” (SENÇO, 2008, p. 06). Sendo que o mesmo, é construído sobre a terraplanagem e 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, economia e segurança (SENÇO, 2008).

Desse modo, segundo Marquesini (2012) *apud* Motta (1995), entende-se por estrutura, o sistema formado por várias partes do pavimento, constituída de um conjunto solidário que sofrerá deslocamentos e tensões como parte de resistir às cargas solicitantes pelos veículos e pelo clima. Ou seja, como qualquer outra estrutura de engenharia civil, distribuem-se as cargas de forma compatível com a resistência de cada camada do pavimento.

Por sua vez, para Balbo (2007), o pavimento rodoviário é composto pelas seguintes camadas:

- a) subleito: é a camada no qual os esforços impostos sobre a superfície serão aliviados em profundidade (geralmente se dispersam no primeiro metro). Assim, deve-se ter maior preocupação com seus estratos superiores, onde os esforços solicitantes atuam com maior magnitude;
- b) reforço do subleito: é uma camada de solo de melhor qualidade executada sobre o subleito, que sirva como um reforço sobre sua superfície, de maneira que a fundação subjacente a esse reforço receba pressões de menor magnitude, compatíveis com sua resistência;
- c) base: é a camada que tem como função distribuir os esforços para camadas inferiores, sendo muito espessa, procura-se, portanto, por razões de natureza construtiva e econômica, dividi-la em duas camadas, criando-se, assim, uma sub-base, geralmente de menor custo;

- d) sub-base: é a camada que possui a mesma função da base, é executada sobre o subleito ou o reforço do subleito;
- e) revestimento: é a camada que recebe as cargas, estáticas ou dinâmicas, sem sofrer grandes deformações elásticas ou plásticas, desagregação de componentes ou, ainda, perda de compactação; necessita, portanto, ser composto de materiais bem aglutinados ou dispostos de maneira a evitar sua movimentação horizontal.

Sendo que, de acordo com DER - PR, o pavimento rodoviário classifica-se em quatro tipos básicos: flexíveis, rígidos, semirrígidos e Invertidos, como se ver na Figura 3. Ao passo que mais recentemente há uma tendência de se usar a nomenclatura pavimentos de concreto de cimento Portland (ou simplesmente concreto-cimento) e pavimentos asfálticos, respectivamente, para indicar o tipo de revestimento do pavimento.



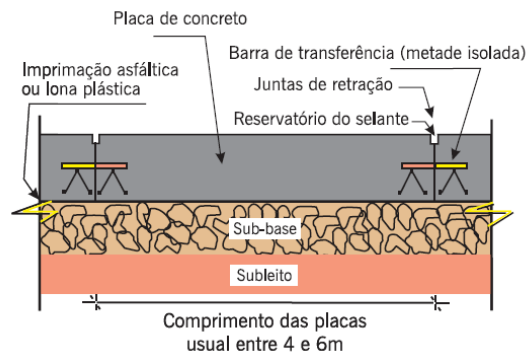
Fonte: DER - Paraná

Sendo que os pavimentos de concreto-cimento são aqueles em que o revestimento é uma placa de concreto de cimento Portland. Nesses pavimentos a espessura é fixada em função da resistência à flexão das placas de concreto e das resistências das camadas subjacentes. As placas de concreto podem ser armadas ou não com barras de aço, conforme Figura 4. É usual designar-se a subcamada desse pavimento como sub-base, uma vez que a qualidade do material dessa camada equivale à sub-base de pavimentos asfálticos (BERNUCCI *et al.*, 2008).

Prontamente, os pavimentos asfálticos são aqueles em que o revestimento é composto por uma mistura constituída basicamente de agregados e ligantes asfálticos. Sendo formado por quatro camadas principais: revestimento asfáltico, base, sub-base e reforço do subleito. Assim, o revestimento asfáltico pode ser composto por camada de rolamento em contato direto com as rodas dos veículos e pelas camadas intermediárias ou ainda de ligação, por vezes denominadas de binder, embora essa denominação possa levar a certa confusão,

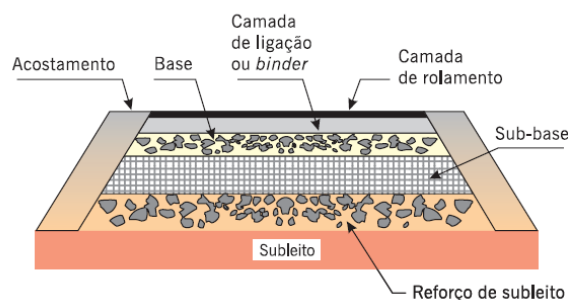
uma vez que esse termo é utilizado na língua inglesa para designar o ligante asfáltico. Com isso, dependendo do tráfego e dos materiais disponíveis, pode-se ter ausência de algumas camadas. Dessa forma, as camadas da estrutura repousam sobre o subleito, isto é, a plataforma da estrada terminada após a conclusão dos cortes e aterros, conforme Figura 5 (BERNUCCI *et al.*, 2008).

Figura 4 - Concreto-cimento (corte longitudinal)



Fonte: BERNUCCI *et al.*, 2008

Figura 5 - Asfáltico (corte transversal)



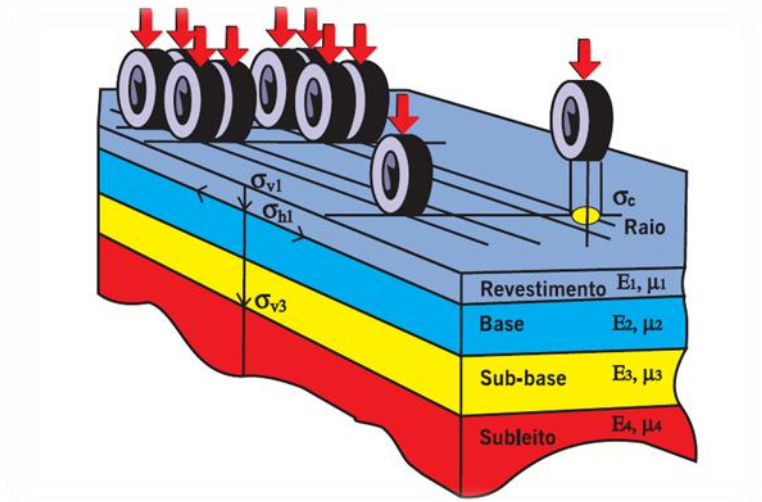
Fonte: BERNUCCI *et al.*, 2008

Portanto, “o revestimento asfáltico é a camada superior destinada a resistir diretamente às ações do tráfego e transmiti-las de forma atenuada às camadas inferiores, impermeabilizar o pavimento, além de melhorar as condições de rolamento (conforto e segurança)” (BERNUCCI *et al.*, 2008).

Ainda, segundo Bernucci *et al.* (2008) *apud* Medina (1997), as tensões e deformações induzidas na camada asfáltica pelas cargas do tráfego estão associadas ao trincamento por fadiga nas mesmas camadas. Ela ainda pode apresentar trincamento por envelhecimento do ligante asfáltico, ação climática etc. Pode-se ainda afirmar que, parte dos problemas relacionados à deformação permanente e outros defeitos são atribuídos ao revestimento asfáltico. Sendo inegável aos pavimentos asfálticos, as camadas de base, sub-

base e reforço do subleito são de grande importância estrutural. Ao passo, que limitar as tensões e deformações na estrutura do pavimento, conforme Figura 6, por meio da combinação de materiais e espessuras das camadas constituintes, é o objetivo da mecânica dos pavimentos.

Figura 6 - Sistema de camadas de um pavimento e tensões solicitantes



Fonte: Albernaz (1997)

2.3 DEFEITOS EM VIAS ASFALTADAS

Esses defeitos, segundo a norma do DNIT 005/2003, serão mencionados a seguir as terminologias descritas pela norma citada acima, que tem por objetivo padronizar os termos técnicos empregados na identificação dos defeitos comumente observados em pavimentos flexíveis e semirrígidos.

2.3.1 Fendas

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

a) fissura

Fenda de largura capilar existente no revestimento, independente do posicionamento em relação ao eixo da via e somente perceptível a uma distância inferior a 1,50 m, quando observada a olho nu. Consideram-se as fissuras como fendas incipientes que ainda não

causam problemas funcionais ao revestimento, sendo assim, suas gravidades são desconsideradas nos atuais métodos de avaliação das condições de superfície;

b) trinca

Fenda existente no revestimento, facilmente visível a olho nu, com abertura superior à da fissura, podendo apresentar-se sob a forma de trinca isolada ou trinca interligada;

b1) trinca isolada

As trincas isoladas são classificadas em três tipos, conforme apresentado a seguir:

- trinca transversal: trinca isolada que apresenta direção predominantemente ortogonal ao eixo da via. Quando apresentar extensão de até 100 cm é denominada trinca transversal curta. Acima desse limite, denomina-se trinca transversal longa;

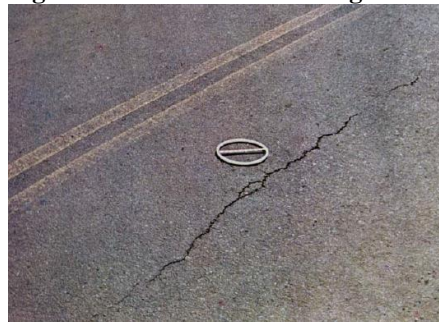
Figura 7 - Trinca isolada - transversal



Fonte: DNIT 005/2003

- trinca longitudinal: trinca isolada que apresenta direção predominantemente paralela ao eixo da via. Quando apresentar extensão até 100 cm é denominada trinca longitudinal curta. Quando a extensão for superior a 100 cm, denomina-se trinca longitudinal longa;

Figura 8 - Trinca isolada - longitudinal



Fonte: DNIT 005/2003

- trinca de retração: trinca isolada não atribuída aos fenômenos de fadiga e sim aos fenômenos de retração térmica ou do material do revestimento ou do material de base rígida ou semirrígida subjacentes ao revestimento trincado.

b2) trinca interligada

- trinca tipo “Couro de Jacaré”: conjunto de trincas interligadas sem direções preferenciais, assemelhando-se ao aspecto de couro de jacaré. Essas trincas podem ou não apresentar erosão acentuada nas bordas;

Figura 9 - Trinca interligada - tipo couro de jacaré



Fonte: DNIT 005/2003

- trinca tipo “Bloco”: conjunto de trincas interligadas caracterizadas pela configuração de blocos formados por lados bem definidos, podendo ou não, apresentar erosão acentuada nas bordas.

Figura 10 - Trinca interligada em bloco



Fonte: DNIT 005/2003

2.3.2 Afundamento

Deformação permanente caracterizada por uma depressão na superfície do pavimento, acompanhada ou não de solevamento, podendo apresentar-se sob a forma de afundamento plástico ou de consolidação:

- a) 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 superar este limite e estiver localizado ao longo da trilha de roda é denominado afundamento plástico da trilha de roda;
- b) afundamento de consolidação: afundamento de consolidação é causado pela consolidação diferencial de uma ou mais camadas do pavimento ou do 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 6 m e estiver localizado ao longo da trilha de roda é denominado afundamento de consolidação da trilha de roda.

Figura 11 - Afundamento na trilha de roda



Fonte: DNIT 005/2003

2.3.3 Ondulação ou Corrugação

Deformação caracterizada por ondulações ou corrugações transversais na superfície do pavimento. Segundo Balbo (2007), esses defeitos são às vezes denominados de “costela de vaca”, aparentando ondulações sequenciais de pequeno comprimento de onda.

2.3.4 Escorregamento

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

Figura 12 - Escorregamento**Fonte: DNIT 005/2003**

2.3.5 Exsudação

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

Figura 13 - Exsudação**Fonte: DNIT 005/2003**

2.3.6 Desgaste

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

Figura 14 - Desgaste**Fonte: DNIT 005/2003**

2.3.7 Buraco

Também conhecido como panela; é a cavidade que se forma no revestimento por diversas causas, por exemplo, falta de aderência entre camadas superpostas, causando o deslocamento das camadas, podendo alcançar as camadas inferiores do pavimento, provocando a desagregação delas.

Figura 15 - Buraco



Fonte: DNIT 005/2003

2.3.8 Remendo

Panela preenchida com uma ou mais camadas de pavimento na operação denominada de “tapa-buraco”. São identificados dois tipos de remendos, quais sejam:

- a) remendo profundo: aquele em que há substituição do revestimento e, eventualmente, de uma ou mais camadas inferiores do pavimento. Usualmente apresenta forma retangular;
- b) remendo superficial: correção, em área localizada, da superfície do revestimento, pela aplicação de uma camada betuminosa.

2.3.9 Outros defeitos

Além dos defeitos mencionados anteriormente, conforme Balbo (2007) comenta que às vezes o técnico ou o profissional responsável pelo inventário dos defeitos no pavimento, depara com alguns tipos de patologia que não possuem uma terminologia clara para a sua classificação. O referido autor cita os seguintes exemplos:

a) polimento

O polimento do agregado por efeito abrasivo do tráfego é um defeito indesejável e que merece consideração à parte, a exemplo de alguns catálogos internacionais.

b) bombeamento de finos

É comum encontrar manchas lineares de terra com coloração variável dependendo do solo local, acompanhando as bordas de trincas na superfície do revestimento.

c) escamação

É entendida como o arrancamento de finas placas na superfície do revestimento, devido, sobretudo, à inexistência do esqueleto mineral na superfície da massa, resultante de um processo de segregação ocorrido na mistura.

d) deslocamento

Camadas de reforços em concreto asfáltico, assentadas sobre antigos revestimentos que, às vezes, apresentam deslocamentos em pedaços, contribuindo para o surgimento de protuberâncias na superfície da estrada.

e) solapamento

Defeito proveniente da ruptura de uma canalização de um fluido, provocando erosão no local. O material subjacente à superfície da via é carregado podendo provocar afundamentos de médio e grande porte.

f) depressão

É um tipo de defeito que em geral ocorre devido a recalques significativos do solo de fundação de trechos de vias em aterro. Dependendo da sua magnitude, interfere consideravelmente no perfil geométrico da estrada causando desconforto e afetando a segurança dos usuários que trafegam na via.

g) desgaste de lama asfáltica

Refere-se à perda do ligante e do agregado utilizados na sua composição. A lama asfáltica é um tipo de serviço muito empregado em trabalhos de manutenção preventiva de estradas asfaltadas. Assim, ao se desgastar, a lama asfáltica perde a sua função primordial que consiste em recondicionar a superfície do pavimento no sentido de preservar a sua integridade estrutural e funcional.

h) estriagem no tratamento superficial

O espalhamento do ligante asfáltico para a execução dos tratamentos superficiais é feito com o emprego de barra espargidora fixada na parte traseira do caminhão tanque. Defeitos em alguns de seus bicos interferem na homogeneidade da taxa de aplicação do ligante e conseqüentemente na qualidade final do serviço. O defeito decorrente da insuficiência da taxa aplicada do ligante é uma superfície estriada e muito susceptível à formação de outros defeitos.

i) inchamento

É uma elevação do pavimento que pode estar associada à expansão de alguma/s de suas camadas gerando no revestimento fissuras ou trincas. Tal fenômeno pode também estar associado ao crescimento de raízes de árvores existentes nas adjacências da rodovia.

2.4 AVALIAÇÃO FUNCIONAL DE PAVIMENTOS

Pode-se afirmar que, “a avaliação funcional de pavimentos visa determinar o grau de deterioração da via, através da identificação e quantificação dos seus problemas superficiais que afetam o conforto e a segurança dos usuários” (SILVA, 2006, p. 12).

Sendo que existem vários métodos de avaliação funcional de pavimentos, desde os subjetivos até os objetivos. Porém, neste trabalho foi considerado apenas o método de avaliação.

2.4.1 Avaliação Superficial Objetiva.

Existem várias técnicas para a elaboração de um inventário de defeitos de pavimentos com a finalidade de aferir objetivamente as condições de superfície de uma rodovia. Apresentando técnicas padronizadas, assim, é de se esperar resultados semelhantes, independente do profissional responsável pela execução do serviço (SILVA, 2006). Com isso, se utilizará algumas delas, no qual contarão no presente trabalho.

Conforme a norma DNIT 006/2003 – PRO (Procedimento: Avaliação Objetiva da Superfície de Pavimentos Flexíveis e Semirrígidos.), com a qual, mediante identificação, contagem e classificação de ocorrências aparentes e da medida das deformações permanentes nas trilhas de roda, pode-se encontrar o valor do Índice de Gravidade Global (IGG), usado na determinação da degradação do pavimento.

Ainda, em relação a aplicação da DNIT 006/2003 – PRO, deverão ser consultadas a Norma DNIT 005/2003 – TER (Terminologia: Defeitos nos Pavimentos Flexíveis e Semirrígidos) e a Norma DNIT 007/2003 – PRO (Procedimento: Levantamento para Avaliação da Condição de Superfície de Subtrecho Homogêneo de Rodovias de Pavimentos Flexíveis e Semirrígidos para Gerência de Pavimentos e Estudos e Projetos).

A Norma do DNIT 005/2003 – TER é um documento onde são destacados os termos técnicos empregados em defeitos que ocorrem nos pavimentos flexíveis e semirrígidos e serve para padronizar a linguagem adotada na elaboração das normas, manuais, projetos e textos relativos aos pavimentos flexíveis e semirrígidos.

Já a norma do DNIT 007/2003 – PRO é uma norma que fixa as condições exigíveis no levantamento para avaliação objetiva da condição de superfície de subtrechos homogêneos, para rodovias com pavimentos flexíveis ou semirrígidos.

É importante ressaltar que o referido documento serve de suporte para a determinação preliminar de subtrechos homogêneos. Mas, algumas condições da norma citada acima precisam ser adaptadas e devidamente justificadas neste trabalho, tendo em vista que tal norma foi elaborada para uso rodoviário e o sistema viário, objeto de investigação desta pesquisa, possui características urbanas, no que se refere à geometria e pavimentação de suas vias e características do tráfego.

Na aplicação da DNIT 007/2003 – PRO é recomendado que a extensão de cada subtrecho homogêneo deverá ser inferior ou igual a 20 quilômetros e a extensão mínima, igual ou superior a 300 metros.

Na execução do DNIT 006/2003 – PRO (Avaliação Objetiva da Superfície de Pavimentos Flexíveis e Semirrígidos.) é exigido que nas rodovias de pista simples sejam demarcadas superfícies de avaliação, a cada 20 m alternadas em relação ao eixo da pista de rolamento (40 m em 40 m em cada faixa de tráfego), ou no caso de pistas duplas as demarcações na superfície devem ocorrer a cada 20 m, na faixa de tráfego mais solicitada de cada pista.

2.5 AVALIAÇÃO ESTRUTURAL DE VIAS ASFALTADAS

A avaliação estrutural das vias asfaltadas, segundo Bernucci *et al.* (2006), está relacionada à capacidade de carga do pavimento, a qual corresponde ao projeto do pavimento e ao seu dimensionamento. E os defeitos estruturais são resultados das repetições das cargas, ocasionando as deformações elásticas ou plásticas. Já as deformações plásticas são consideradas acumulativas durante a vida do pavimento, resultando assim, em defeitos do tipo de afundamento localizado ou trilhas de rodas, sendo medida através da treliça. Já as deformações elásticas, são avaliadas pelas deformações verticais (deflexão do pavimento), medidas por defletômetros.

Os autores ainda afirmam que a avaliação estrutural por três métodos:

- a) métodos destrutivos: é realizado através de abertura de trincheiras ou poços de visitas, fazendo assim, a avaliação estrutural das camadas que compõem o pavimento. Realizada a coleta de amostras de cada material para análise em laboratório e ensaios de capacidade de carga *in situ*;
- b) métodos semi-destrutivos: utiliza instrumentos portáteis com pequenas dimensões para realizar ensaios de capacidade de carga, assim resultando em menores aberturas no pavimento;
- c) não destrutivos: é a avaliação realizada através de medidas de deflexão, as quais são mais indicadas para grandes extensões de pista.

Assim, de acordo com Marquesini (2012) *apud* Macêdo (1996), a avaliação estrutural não destrutiva, possui uma maior facilidade para avaliação do pavimento, pois pode ser realizado em qualquer estágio da vida do pavimento e também provoca menores interrupções no tráfego em relação ao método destrutivo e semi-destrutivo.

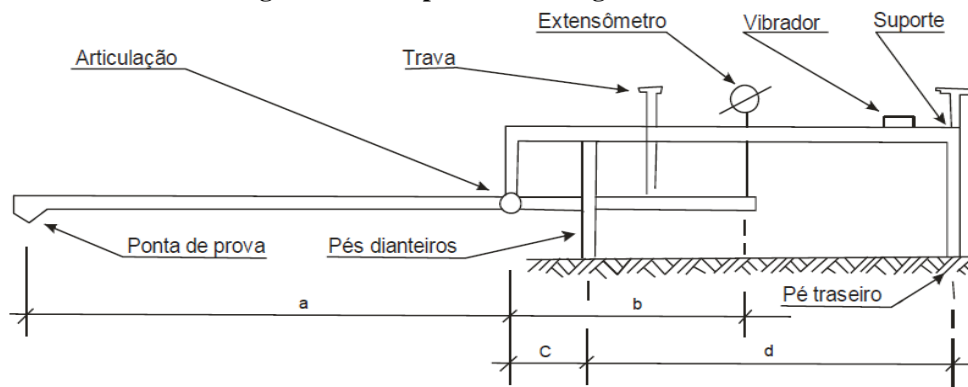
E ainda segundo Marquesini (2012) *apud* Haas *et al.* (1994) classifica a avaliação estrutural não destrutivas em quatro grupos, conforme o tipo de solicitações impostas ao pavimento, sendo eles:

- a) solicitações Estáticas – ensaios de placa, curvímeter e viga Benkelman;
- b) solicitações por Vibração – *dinaflex* e *road rater*;
- c) solicitações por impulso – *FWD*;
- d) solicitações diversas – *FHWA*.

2.5.1 Medidas deflectométricas de vias pavimentadas

O uso de análises deflectométricas de pavimentos é difundido por engenheiros de pavimentação no mundo todo. Essas servem de auxílio a uma verificação estrutural do conjunto de camadas que compõem o pavimento, medindo para tal fim, o deslocamento vertical que ocorre na superfície de um pavimento, quando esse é submetido a um carregamento.

Sendo que mais uma vez, conforme Rodrigues (2007), as análises citadas anteriormente podem ser encontradas utilizando-se um equipamento que foi criado por Benkelman no período de estudos na pista experimental da WASHO, a viga Benkelman, Figura 16, é utilizada no mundo todo, devido a sua fácil concepção econômica. Essa viga é apoiada por dois pés dianteiros e um traseiro (regulável), o braço de prova é rotulado na parte frontal da viga, formando dois braços de comprimentos a e b , os quais possuem relação de 2/1, 3/1 ou 4/1. O braço de prova deve tocar o pavimento no ponto em que deseja a leitura, assim fazendo com que a outra extremidade acione o extensômetro da viga. A Figura 16 apresenta os componentes da viga Benkelman.

Figura 16 - Componentes da Viga Benkelman

Fonte: Norma DNIT 133/2010 - ME

Ao passo, que de acordo com a NORMA DNIT 133/2010 – ME (Pavimentação asfáltica-Delineamento da linha de influência longitudinal da bacia de deformação por intermédio da Viga Benkelman – Método de ensaio), o carregamento usado para fornecer as deflexões no pavimento, para fins de avaliação estrutural, é o eixo simples de rodas duplas de 8,2 toneladas, com 80 psi de pressão nos pneus. Desta forma, é possível obter as medidas deflectométricas dos pavimentos, a partir da viga Benkelman.

Vale ressaltar que antes de ser usada em campo ou após alguma queda ou colisão, a viga Benkelman deve ser aferida seguindo-se a DNER 175 – PRO: Aferição de Viga Benkelman – Procedimento – Rio de Janeiro: IPR.

As estações de ensaio devem ser convenientemente marcadas e estar localizadas nas trilhas de roda. Desta forma, a roda traseira dupla do veículo de prova deve está situada a uma distância prefixada da borda do revestimento, de acordo com a Tabela 1.

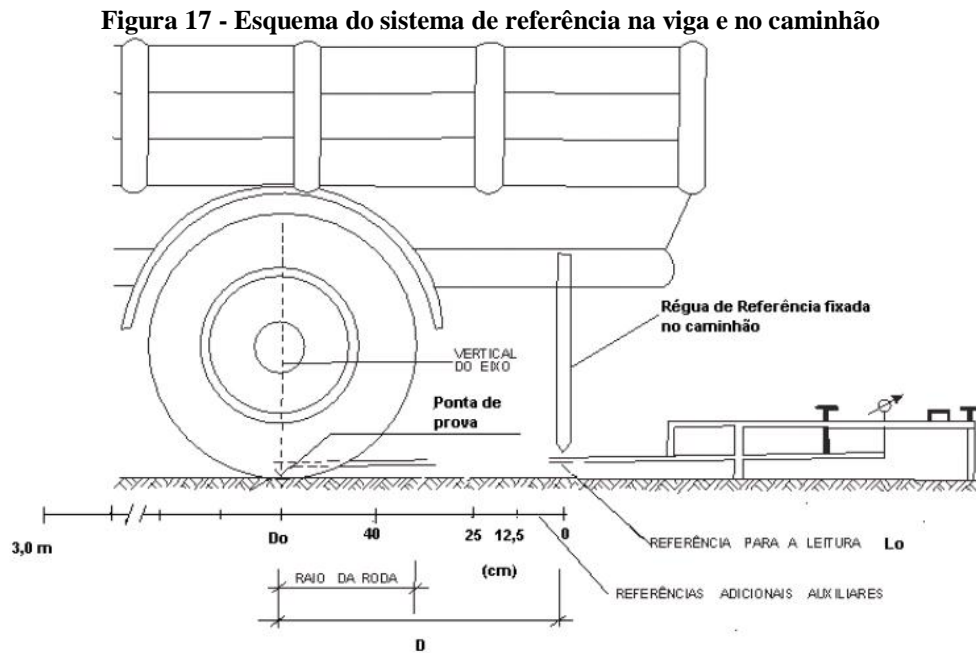
Tabela 1 - Distância do bordo do pavimento

Largura da Faixa de Tráfego (m)	Distância à Borda do Revestimento (m)
2,7	0,45
3,0	0,60
3,3	0,75
3,5 ou mais	0,90

Fonte: Norma DNIT 133/2010 - ME

Dessa forma, conforme a norma DNIT 133/2010, para realização da leitura inicial (L_0) e da leitura final (L_f), a ponta da viga deve ser posicionada entre as rodas duplas do caminhão, Figura 17, isso feito, destrava-se a viga e liga-se o vibrador. Decorridos 3 minutos ou quando o movimento do extensômetro for igual ou inferior a 0,01 mm/min, refaz-se a

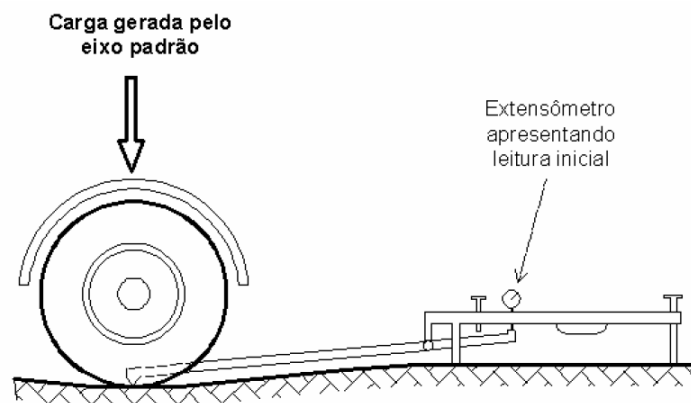
leitura L_0 . Após a leitura, o caminhão deve se mover, no mínimo, 10 metros, lentamente, para assim possibilitar a leitura L_f .



Fonte: Norma DNIT 133/2010 - ME

Já na Figura 18, é ilustrado o momento em que o caminhão, permanecendo parado e gerando deformações verticais no pavimento, permite a leitura inicial (L_0) no extensômetro.

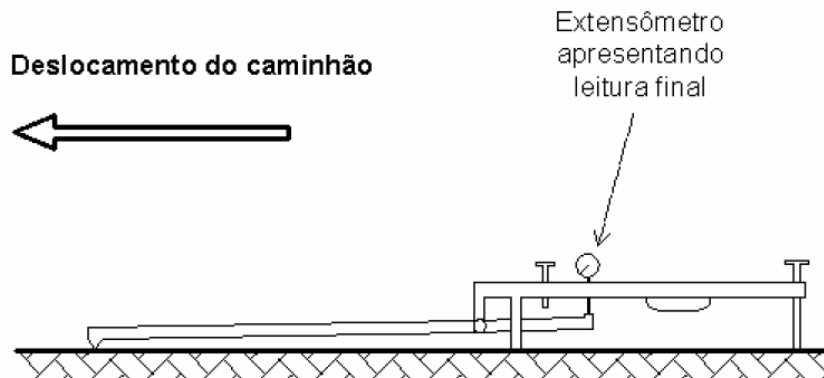
Figura 18 - Deflexão observada no pavimento durante a leitura inicial (L_0)



Fonte: SILVA (2006, p. 22)

E na Figura 19, é ilustrado o momento em que, após o deslocamento do caminhão e após a recuperação das deformações elásticas ocorridas no pavimento, pode-se registrar a leitura final (L_f).

Figura 19 - Leitura final L_f após recuperação das deformações no pavimento



Fonte: SILVA (2006, p. 23)

2.5.2 Deflexão de Projeto – Correção Sazonal

Em relação a correção sazonal, segundo o DNER (1979), a época mais indicada para a realização das medidas das deflexões refere-se àquela imediatamente após a estação chuvosa, quando o subleito está com o máximo de umidade. Porém, como isto nem sempre é possível concretizar, costuma-se utilizar fatores de correção sazonal para as deflexões obtidas em qualquer época, a fim de corrigi-las para a época mais desfavorável. Estes fatores de correção sazonal dependem de pesquisas regionais, quase inexistentes no Brasil, para serem corretamente aplicados.

Desta maneira, sugerem-se os valores para o fator de correção sazonal (F_s), contidas no Quadro 1.

Quadro 1- Fatores para Correção Sazonal

Natureza do Subleito	Fator de Correção Sazonal - F_s	
	Estação Seca	Estação Chuvosa
Arenoso e permeável	1,10 – 1,30	1,0
Argiloso e sensível à umidade	1,20 – 1,40	1,0

Fonte: DNER – PRO 011/79

Com o exposto acima, e de acordo com a norma DNER 11/79, a partir do número N de solicitações do eixo padrão de projeto, propõe um limite máximo tolerável para deflexões em pavimentos. Dessa forma, os níveis de deflexão obtidos em campo, deverão ser inferiores ao limite máximo tolerável do projeto.

2.6 SERVIÇOS DE MANUTENÇÃO DE VIAS

Para a manutenção dos pavimentos viários, principalmente os que são revestidos com misturas asfálticas, sob as ações externas, como: o tráfego e clima, os mesmos se deterioram com o passar do tempo. Em outras palavras, ficam mais susceptíveis ao surgimento de defeitos que tendem a se agravar na medida em que o tempo passa. Dessa forma, se não forem delineadas algumas medidas de manutenção para se mitigar ou sanar os defeitos que surgem, sem dúvida, a via alcançará precocemente a sua vida útil; pouco importa a execução de um pavimento, de excelente qualidade, de total rigor técnico, se por ventura não forem efetivamente cumpridas às atividades de manutenção previstas para a referida via. (SILVA, 2006).

Sendo que, segundo Balbo (2007), vários são os tipos serviços de manutenção apresentados pelo Banco Mundial, conforme ilustra a Quadro 2. Sendo que ainda comenta ainda sobre as manutenções corretiva e preventiva, destacando que existem intervenções que são realizadas por serviços de rotina que se enquadram como corretivas ou preventivas; já o termo manutenção periódica pode ser entendido como manutenção preventiva. Já conforme o Manual de Reabilitação de Pavimentos Asfálticos (1998), a expressão conservação periódica pode induzir a interpretações distintas. Na verdade, todas as atividades de conservação são periódicas pelo fato de serem repetidas a determinados intervalos de tempo. Destaca ainda que a atividade de restauração difere claramente das atividades de conservação. Nesta última, a principal finalidade é preservar o pavimento existente para atender o carregamento previsto inicialmente. Já na restauração, a intenção é aumentar a vida de serviço da rodovia, para suportar uma nova solicitação do tráfego.

Quadro 2 - Tipos de Serviços de Manutenção

TIPOS DE INTERVENÇÃO	DEFINIÇÃO
Manutenção Rotineira	Reparos localizados em pavimentos; limpeza, remoção de detritos, terra ou neve.
Manutenção Periódica	Atividades relacionadas ao melhoramento de condições superficiais com vistas à preservação da integridade estrutural e da qualidade de rolamento (com uso de reforços esbeltos em concreto asfáltico, tratamento superficial, lama asfáltica ou ainda banhos selantes).

Reabilitação	Reparos seletivos, reforços estruturais ou aplicação de camadas de regularização com a finalidade de restaurar a capacidade estrutural do pavimento ou a qualidade de rolamento.
Reconstrução	Renovação da estrutura de pavimento com remoção da estrutura danificada como resultado de negligência prolongada que emerge na impossibilidade de reabilitar o pavimento.
Restauração	Quando um mesmo projeto serviços de reabilitação e de reconstrução são contemplados simultaneamente.
Melhoramento	Quando além das atividades relacionadas às anteriores. O projeto contempla também serviços de duplicação, melhorias de traçado, ampliação, etc, exigindo a construção de novos pavimentos.

Fonte: Balbo (2007).

Ainda conforme Silva (2006) *apud* com Morais *et al.* (2004), há várias definições sobre serviços de manutenção de pavimentos. Sendo em geral, dois deles se destacam, quais sejam manutenção preventiva e corretiva. A primeira é a manutenção preventiva, usada para corrigir pequenos defeitos, retardar danos progressivos e reduzir a necessidade de manutenção corretiva. Já a segunda, é a manutenção corretiva, sendo a mesma executada após observar ocorrências de falhas significativas no pavimento; isto é, perda do atrito da superfície, afundamento com severidade moderada ou trincamento extenso.

Portanto, na própria Legislação Municipal, preferencialmente no Código de Obras, “consta exigência para que as empresas concessionárias de serviços públicos (água, esgoto, energia elétrica, telefone, cabeamento ótico, redes de água pluvial) recuperem o pavimento de forma a preservar a sua integridade funcional e estrutural”. (SILVA, 2006).

3 MATERIAIS E MÉTODOS

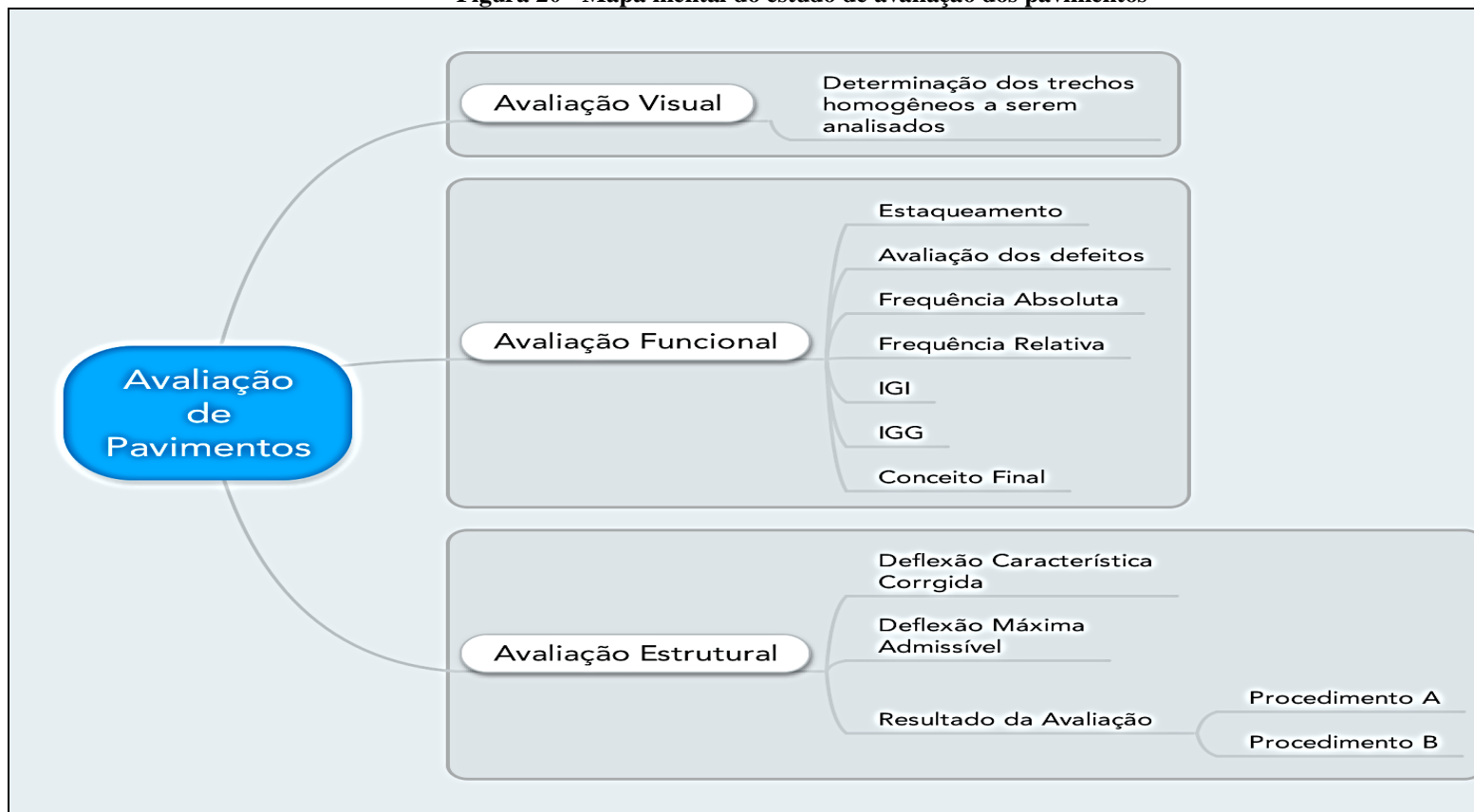
3.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Neste capítulo constará a abordagem sobre as considerações para a definição das vias urbanas que foram analisadas e os materiais e procedimentos normativos utilizados neste estudo, para que assim pudessem ser obtidas as informações necessárias à avaliação estrutural e funcional das vias previstas para serem estudadas. A metodologia deste estudo seguirá como base as recomendações previstas em normas do DNIT, buscando assim, garantir a eficácia do referido estudo.

3.2 MAPA MENTAL

A realização deste estudo seguiu os seguintes passos, conforme descrito na Figura 20, a seguir:

Figura 20 - Mapa mental do estudo de avaliação dos pavimentos



Fonte: Própria

3.3 DETERMINAÇÃO DAS VIAS ANALISADAS

Com base na importância das vias no que diz respeito ao pólo gerador de tráfego no Município de Tucuruí, foram determinadas as vias a serem estudadas a fim de avaliar os aspectos funcionais e estruturais das mesmas, visando identificar e quantificar os problemas superficiais que afetam o conforto na trilha de rolamento e a segurança dos usuários. Assim, foram selecionadas as sete vias do Município como objetos de estudo deste trabalho: Avenida Sete de Setembro, Rua Veridiano Cardoso, Rua Tancredo Neves, Rua Lauro Sodré, Avenida Brasília (Bairro Getat), Rua Santo Antônio e a Rua Trinta e Um de Março.

Com a determinação das vias a serem estudadas, buscou-se coletar o máximo de informações possíveis sobre tais vias, a fim de se obter um conhecimento abrangente para uma melhor realização das análises. Assim, foi solicitado junto à Secretaria Municipal de Serviços Urbanos (órgão responsável pela realização da pavimentação, manutenção e reparo das vias do Município), as seguintes informações para cada uma das sete vias:

- a) tipo de revestimento utilizado nas vias: PMQ (Pré-Misturado a Quente), PMF (Pré-Misturado a Frio), TST (Tratamento Superficial a Triplo), CBUQ (Concreto Betuminoso Usinado a Quente), dentre outros;
- b) tipo do material utilizado na construção do pavimento;
- c) espessura da camada do pavimento, incluindo as espessuras de reforço do subleito, sub-base, base e reforço, caso tenha ocorrido;
- d) data da construção da pavimentação;
- e) previsão de ciclo de vida;
- f) data e tipo de manutenção realizada, caso houve;
- g) dimensão das vias;
- h) dados sobre o Índice de Suporte do Solo – Ensaio de CBR e índice de grupo do subleito, caso tenha sido realizado.

No entanto, não foi possível obter todas as informações solicitadas, visto que os pavimentos foram realizados por uma empresa particular e tais dados não estavam disponíveis na referida Secretaria. Desta forma, foi possível montar o Quadro 3 contendo os dados que puderam ser fornecidos de acordo com o levantamento realizado.

Quadro 3 - Informações específicas sobre as vias analisadas

Nº.	VIAS	IDADE	TIPO DE REVEST.	ESPESSURA (cm)	REFORÇO/DATA	DIMENSÕES (m)
01	Av. Sete de Setembro	18 ANOS	CBUQ	4	-----	1.200 X 19
02	Rua Veridiano Cardoso	14 ANOS	CBUQ	4	-----	2.088 X 10
03	Rua Tancredo Neves	19 ANOS	CBUQ	4	Reforço de Base com Brita 01 (2 cm) 10/2010	1.400 X 11
04	Rua Lauro Sodré	28 ANOS	CBUQ	4	Reforço de Base com Brita 02 (3 cm) 09/2010	2.500 X 10
05	Av. Brasília - Getat	16 ANOS	CBUQ	4	Recapeamento – com CBUQ- 2014	800 X 14
06	Rua Santo Antônio	16 ANOS	CBUQ	4	-----	1.800 X 16
07	Rua Trinta e Um de Março	18 ANOS	CBUQ	4	-----	1.300 X 17

Fonte: PMT/Secretaria Municipal de Serviços Urbanos

No Quadro 3, foram especificadas três vias em que nos trechos estudados foram realizados a adição de reforço estrutural. Tais reforços foram realizados na seguinte maneira em cada via:

a) Rua Tancredo Neves

Para esta via foi realizado em outubro de 2010, o reforço da base com a utilização de 2 cm de brita 01 na extensão de 500 metros, trecho compreendido entre o Posto Cascão e a Garagem da Clean (Figura 26 do item 3.3), posteriormente foi feita a aplicação de revestimento com 4 cm de CBUQ.

b) Rua Lauro Sodré

Para esta via foi realizado em setembro de 2010 o reforço da base com a utilização de 3 cm de brita 02 na extensão de 250 metros, trecho compreendido entre a antiga Rodoviária e o Posto Cidade Luz (Figura 23 do item 3.3), posteriormente foi feito a aplicação de revestimento com 4 cm de CBUQ.

c) Avenida Brasília

Já para a Avenida Brasília foi realizado no ano de 2014 uma aplicação de 3 cm de TST como medida de reforço de base e posteriormente feito o recapeamento de 4 cm de CBUQ.

3.4 DETERMINAÇÃO DE SUBTRECHOS DE SUPERFÍCIES HOMOGÊNEAS DAS VIAS A SEREM ANALISADAS

Com o objetivo de selecionar os subtrechos cujas características superficiais sejam homogêneas foi realizada a análise visual das vias selecionadas, conforme os critérios descritos a seguir:

- a) foi considerado para o subtrecho homogêneo de cada via, toda extensão de cada uma das mesmas e na superfície dos pavimentos, foram analisadas as características semelhantes como: textura, cor e principalmente a intensidade dos defeitos (trincas, buracos, remendos, desgastes e irregularidades superficiais);
- b) o volume e as características do tráfego também foram considerados ao longo da extensão de cada via, a fim de se determinar os subtrechos.

Desta forma, a metodologia empregada para a definição dos subtrechos homogêneos seguiu o método proposto pela Norma DNIT 007/2003 – PRO (Levantamento para a avaliação da condição de superfície de subtrecho homogêneo de rodovias de pavimentos flexível e Semi-rígidos para gerência de pavimentos e estudos e projetos), visto que a mesma estabelece que a máxima extensão de um subtrecho homogêneo deverá ser de 20 km e a extensão mínima de 300 m. Assim, o estudo, por se tratar de vias urbanas e suas extensões estarem dentro do previsto em norma (conforme Quadro 3, citado anteriormente), o adotado

para o estabelecimento de cada subtrecho está obedecendo aos limites máximos e mínimos, conforme especificados.

Para uma melhor visualização dos trechos analisados das vias foram retiradas imagens de satélite fornecido pelo Google Maps, conforme figuras a seguir:

Figura 21 - Trecho analisado da via Rua 31 de março (Posto de fiscalização/CTTUC – Praça das Bandeiras)



Fonte: Google Maps.

Figura 22 - Trecho analisado da via Avenida Brasília (Posto Laiza – Congregação Assembleia de Deus)



Fonte: Google Maps.

3.5 AVALIAÇÃO FUNCIONAL

Para a metodologia deste modo de avaliação foi utilizado o método previsto nas instruções normativas cabíveis contidas no DNIT 006/2003 – PRO (Procedimento: Avaliação Objetiva da Superfície de Pavimentos Flexíveis e Semi-rígidos). A aplicação desta norma permite encontrar o valor do IGG (Índice de Gravidade Global), cujo objetivo é encontrar os dados numéricos que possam expressar com segurança às reais condições superficiais dos pavimentos analisados.

Para a realização da avaliação funcional foram necessários a utilização dos seguintes materiais:

- a) uma trena de 10 m;
- b) giz e tinta spray para a demarcação;
- c) uma treliça de alumínio com dimensões padronizadas;
- d) formulários.

O giz, a tinta spray e a trena de 10 m foram utilizados para a demarcação das superfícies de avaliação (conforme Figura 28, a seguir), segundo a Norma DNIT 007/2003 – PRO. De acordo com a referida Norma, em rodovias de pistas simples, os centros das superfícies de avaliação devem estar a cada 20 m alternados em relação ao eixo da pista de rolamento (40 a 40 m em cada faixa de tráfego), e para as vias de pista dupla, a demarcação foi realizada a cada 20 m, sendo para a faixa de tráfego mais solicitada.

Figura 28 - Demarcação das superfícies de avaliação



a) Demarcação do estaqueamento

b) Demarcação das áreas avaliadas

Fonte: Própria

A treliça padrão de alumínio utilizada de acordo com as especificações recomendadas na Norma DNIT 006/2003 – PRO, conforme Figura B1 do Anexo B. Sendo que o equipamento 1,2 m na sua base e é utilizada para medir as deformações permanentes decorrentes de afundamentos nas trilhas de rodas internas e externas geradas devido às ações do tráfego. Essas medidas usualmente são obtidas na direção da estação demarcada, de modo a se obter nessa direção os maiores valores encontrados para as deformações nas trilhas de rodas internas (TRI) e externas (TRE), conforme Figura 29.

Figura 29 - Leitura da deformação plástica com a utilização da treliça de alumínio



Fonte: Própria

Ainda, de acordo com a Norma DNIT 006/2003 – PRO, em caso da estação apresentar 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 demarcada.

3.6 MEDIDAS DEFLECTOMÉTRICAS

Visando à obtenção de dados sobre o comportamento estrutural das vias em análises, a partir da utilização da Viga de Benkelman (Figura 30), conforme descrito na Norma DNIT 133/2010 – ME (Pavimentação Asfáltica – Delineamento da linha de influência longitudinal da bacia de deformação por intermédio da Viga de Benkelman – Método de ensaio), e com o emprego de um caminhão da marca VOLVO (Figura 31), para realizar a simulação de deformação que o pavimento poderá sofrer em virtude do tráfego.

Figura 30 - Viga de Benkelman utilizada para os ensaios deflectométricos



Fonte: Própria

Figura 31 - Caminhão utilizado durante os ensaios deflectométricos



Fonte: Própria

A partir da referida norma, o caminhão deve possuir no eixo traseiro uma carga uniformemente distribuída de 8,2 toneladas para a realização dos ensaios. O mesmo deverá

possuir o eixo traseiro simples de rodas duplas, calibrados à pressão de 80 lb/pol² conforme a Norma DNIT 133/2010 – ME.

Nos subtrechos selecionados para a análise deflectométrica, as medições foram realizadas sobre as superfícies selecionadas e devidamente demarcadas. Desta forma, foram realizados os ensaios para a determinação das deflexões de cada subtrecho para cada via em estudo. Assim, foram determinadas as deflexões recuperáveis e o raio de curvatura da bacia de deflexão para cada pavimento (Apêndice A).

Durante a obtenção dos dados deflectométricos, foi necessário solicitar o apoio da Companhia de Trânsito de Tucuruí – CTTUC, que por meio de dois agentes de trânsito foi permitido a intervenção do tráfego nas vias analisadas para que os ensaios pudessem ser realizados com segurança. Assim foi feito um cronograma de dias, horários, vias e pontos de referência, informando para que a CTTUC pudesse organizar o pessoal que estaria apoiando os trabalhos de ensaios nas vias, sem comprometer os trabalhos da referida Companhia.

A equipe formada para a realização dos ensaios deflectométricos foi formada por: um operador da Viga de Benkelman, um motorista, dois ajudantes (sendo um para a locomoção da Viga e outro para o auxílio do motorista), uma pessoa para o preenchimento das planilhas e dois agentes de trânsito para o controle de tráfego e garantir a segurança das pessoas durante o ensaio. A Figura 32 apresenta o registro da realização do ensaio da leitura deflectométrica.

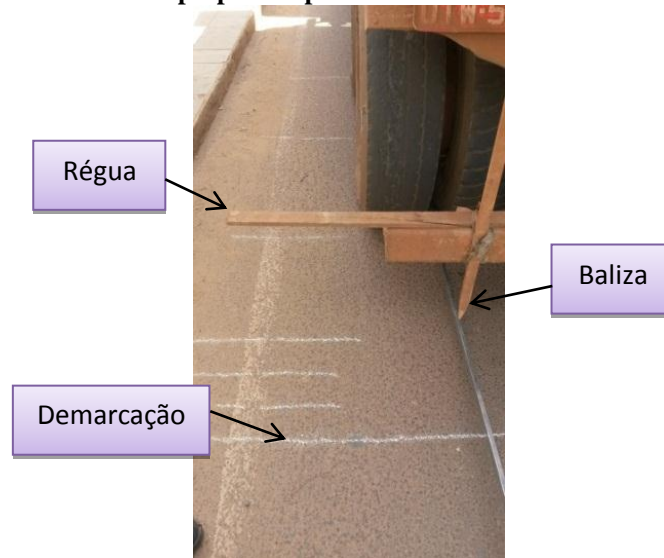
Figura 32 - Realização da leitura deflectométrica



Fonte: Própria

A utilização de uma baliza e uma régua acoplada ao caminhão (Figura 33, a seguir) foi necessária para que o motorista pudesse deslocar o veículo de modo a garantir o alinhamento do mesmo, além de proporcionar os 25 cm necessários para a realização do cálculo do raio de curvatura e os deslocamentos sucessivos para que se possa determinar a configuração da bacia deflectométrica.

Figura 33 - Caminhão preparado para o início das leituras deflectométricas



Fonte: Própria

Durante as medições deflectométricas teve-se o cuidado para manter a ponta da Viga de Benkelman localizada à distância da borda delimitada conforme a Norma DNIT 133/2010 – ME (conforme Tabela 1, item 2.5.1).

A realização das leituras deflectométricas foi realizada da seguinte forma:

- a) nivelamento da viga (Figura 34);
- b) ativação do aparelho de vibração;
- c) leitura inicial L_0 (Figura 35);
- d) leituras intermediárias;
- e) leitura final L_f , 10 m após a leitura inicial;
- f) desligamento do vibrador;
- g) travamento da viga;

h) deslocamento da viga para o próximo ponto de leitura.

Figura 34 - Nivelamento da Viga Benkelman



Fonte: Própria

Figura 35 - A leitura inicial (L_0)



Fonte: Própria



3.7 AFERIAÇÃO DA VIGA DE BENKELMAN

Como a Viga de Benkelman utilizada durante os ensaios ainda não havia sido usada desde que foi adquirida pela UFPA – Campus de Tucuruí, foi adotada a aferição de fábrica, mediante comprovante emitido pela empresa que comercializa o aparelho, conforme Anexo C.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Neste capítulo, serão apresentados os resultados obtidos neste trabalho bem como uma análise e interpretação dos mesmos. Resultados estes, obtidos a partir das metodologias descritas no Capítulo 3.

4.2 AVALIAÇÃO FUNCIONAL

4.2.1 Contabilização dos defeitos

A contabilização dos defeitos foi realizada a partir da análise visual por meio do levantamento dos defeitos, sendo estes, verificados com maior frequência nas vias analisadas que estão descritos na Figura 36.

Figura 36 – Defeitos encontrados nas vias a partir da análise visual



**a) Panela/buraco, 0,38m x 0,32m
(Avenida Veridiano Cardoso)**



**b) Trincas longitudinais interligadas,
6m x 0,5m (Rua Tancredo Neves)**



c) Afundamento na trilha de roda com ondulação, 6m x 0,5m (Avenida Veridiano)



d) Defeitos diversos, 6m x 3,5m (Avenida Veridiano Cardoso)



e) Trincas interligadas/Tipo couro de jacaré, 6m x 3,5m (Rua Lauro Sodré)



f) Desgaste 6m x 2,5m (Rua Santo Antônio)

Fonte: Própria

4.2.2 Cálculo do Índice de Gravidade Global

Para a realização do Cálculo do IGG (Índice de Gravidade Global) foi preciso realizar a obtenção da média aritmética dos valores médios entre o TRE (Trilha de Roda Externa) e TRI (Trilha de Roda Interna), além da média aritmética das variâncias dessas flechas, conforme descrito nas Equações 1 e 2:

$$X = \frac{\sum Xi}{n} \quad (1)$$

$$S = \sqrt{\frac{\sum (X_i - X)^2}{n-1}} \quad (2)$$

Em que:

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

X_i - valores individuais;

S - desvio padrão dos valores das flechas medidas (TRI e TRE);

S² - variância.

Além disso, também foi realizado o cálculo das frequências absolutas e relativas dos defeitos verificados (conforme Planilha A2 do Anexo A), sendo a frequência absoluta (f_a), correspondente ao número de vezes que a ocorrência foi verificada em cada superfície avaliada para o subtrecho estudado. A frequência relativa (f_r) foi obtida através da Equação 3, a seguir:

$$f_r = \frac{f_a \times 100}{n}, \text{ em que } n \text{ é o número de estações analisadas.} \quad (3)$$

Com os valores referentes às frequências relativas, calculou-se o valor do Índice de Gravidade Individual (IGI), conforme Equação 4:

$$IGI = f_r \times f_p \quad (4)$$

Em que:

F_r - frequência relativa;

F_p - fator de ponderação, obtido através do Quadro A2 do Anexo A.

De acordo com a Norma DNIT 006/2003 – PRO, para realizar o cálculo da média aritmética das médias das flechas e para a média aritmética das variâncias das flechas, o fator de ponderação a ser utilizado depende dos valores das médias aritméticas, de acordo com o critério a seguir pré-estabelecido:

- a) Quando a média aritmética das flechas for igual ou inferior a 30, o fator de ponderação será igual a 4/3; caso contrário, considera-se o valor do Índice de Gravidade Individual igual a 40;

- b) Quando a média das variâncias das flechas for igual ou inferior a 50, o fator de ponderação será igual a 1 (um), caso contrário, considera-se o valor do Índice de Gravidade Individual igual a 50;

O IGG foi calculado por meio da soma dos valores do IGI, conforme Equação 5:

$$IGG = \sum IGI \quad (5)$$

Através da Norma DNIT 006/2003 – PRO, foi definida a relação entre o índice de Gravidade Global e o grau de degradação do pavimento, conforme apresentado na Tabela 2, a seguir:

Tabela 2 - Conceitos de degradação do pavimento em função do IGG

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

Fonte: DNIT 006/2003 - PRO

4.2.3 Resultados da avaliação funcional

4.2.3.1 Avenida 7 Sete de Setembro

Os resultados da avaliação funcional obtidos para esta via encontram-se no Quadro 4, a seguir, no qual estão expostos os resultados como: a frequência das ocorrências dos defeitos encontrados, o valor calculado do IGG e o conceito alcançado pelo trecho.

O defeito de trincas Isoladas (FI - Fissuras, TRR – Retração Térmica ou a dissecação da base ou do revestimento), exsudação e afundamento de consolidação, não foram constatados nas estações inventariadas.

No defeito de trincas Isoladas, isto é, TTC (Trinca Transversal Curta), TTL (Trinca Transversal Longa), TLC (Trinca Longitudinal Curta), TLL (Trinca Longitudinal Longa), foi encontrada uma Frequência Absoluta de 6, resultando em uma Frequência Relativa de 33,33 %.

Nas Trincas Interligadas FC – 2 (São trincas com aberturas superior 1,0 mm e sem erosão nas bordas), foram encontradas 6 que representa Frequência Absoluta, resultando em 33,33 % de Frequência Relativa.

Já nas Trincas Interligadas FC – 3 (São trincas com aberturas superior 1,0 mm e com erosão nas bordas), foram encontradas 5 que representa Frequência Absoluta, resultando em 27,78 % de Frequência Relativa.

Os afundamentos plásticos, foram encontrados em 3 (três) das áreas inventariadas, resultando uma frequência relativa de 16,67 %.

Em Outros defeitos, O5 (Ondulação/Corrugação), P5 (Panela) e E5 (Escorregamento), apresentaram uma frequência absoluta de 1, isto é, essa frequência corresponde ao primeiro defeito, por sua vez dos dois últimos não foram encontrados. No exposto anteriormente, como foi verificado apenas ondulação/corrugação, a mesma resultou em 5,56 % de frequência relativa.

Foi encontrado também, desgaste, no qual obteve uma frequência absoluta de 10, resultando em 55,56 % de frequência relativa.

Por sua vez, os remendos, foram encontrados em 7 (sete) áreas indicadas no pavimento, o que ocasionou 38,89 % de frequência relativa.

Os trilhos de rodas (TRI – Trilha de Roda Interna e TRE – Trilha de Roda Externa) apresentaram um deslocamento máximo de 31 mm para o primeiro e 25 mm para o segundo, nas estações inventariadas, apresentando uma média aritmética das flechas de 4,94 mm e 6,56 mm; e das variâncias das flechas de 7,76 e 8,07, respectivamente. Tais valores de flechas resultam num valor de IGI de 7,67 e 7,92. Portanto, tendo uma média contribuição para o IGG.

Seguindo critérios preconizados pelo DNIT, particularmente DNIT 005/2003 e 006/2003 (descrito no item 3.4), o Índice de Gravidade Global resultou em 121,70. Ainda de acordo com o critério do DNIT, o pavimento foi considerado como “RUIM”, numa escala compreendida de $80 < IGG \leq 160$.

Quadro 4: Resultados dos índices de gravidade global – Av. Sete de Setembro

CÁLCULO DE ÍNDICE DE GRAVIDADE GLOBAL (IGG)							
Rodovia: Av. Sete de Setembro		TRECHO: Lions Club - Goldin Ferro e Aço			Data: 18/01/2016	Folha: 01	
					REVESTIMENTO TIPO: CBUQ	Estaca ou Km (0)	Estaca ou Km (17)
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	6		33,33	0,2	6,67	
2	(FC - 2) J, TB	6		33,33	0,5	16,67	
3	(FC - 3) JE, TBE	5		27,78	0,8	22,22	
4	ALP, ATP, ALC, ATC	3	X	16,67	0,9	15,00	
5	O, P, E	1	X	5,56	1	5,56	
6	EX	0	X	0,00	0,5	0,00	
7	D	10	X	55,56	0,3	16,67	
8	R	7	X	38,89	0,6	23,33	
9	Média aritmética dos valores médios das flechas medidas em mm nas TRI e TER	TRE= 6,56	TRI= 4,94	F= 5,75	1A(4/ 3) 1B()	7,67	
10	Média aritmética das variâncias das flechas medidas em ambas as trilhas	TREV= 8,07	TRIV= 7,76	FV= 7,92	2A(1,0) 2B()	7,92	
Nº. TOTAL DE ESTAÇÕES		18	\sum IND. GRAV. IND.=IGG			121,70	RUIM
1A) IGI= $F \times 4/3$, quando $F \leq 30$			2B) IGI= FV , quando $FV \leq 50$			OPERADOR	Diego Lucena/Mateus Gonçalves
1B) IGI=40, quando $F > 30$			2A) IGI=50, quando $FV > 50$			CÁLCULO	
						VISTO	

4.2.3.2 Rua Tancredo Neves

Os resultados da avaliação funcional obtidos para esta via encontram-se no Quadro 5, a seguir, no qual estão expostos os resultados como: a frequência das ocorrências dos defeitos encontrados, o valor calculado do IGG e o conceito alcançado pelo trecho.

O defeito de trincas isoladas, trincas Interligadas FC – 2, afundamento de consolidação e exsudação, não foram constatados nas estações inventariadas.

Já nas Trincas Interligadas FC – 3, foram encontradas 5 que representa Frequência Absoluta, resultando em 62,5 % de Frequência Relativa.

Os afundamentos plásticos, foram encontrados em 1 (uma) das áreas inventariadas, nessa área encontrou-se apenas o ALP (Afundamento Local Plástico), resultando uma frequência relativa de 12,5 %.

Em Outros defeitos, O5, P5 e E5, apresentaram uma frequência absoluta de 6, isto é, essa frequência corresponde ao primeiro e segundo defeito, por sua vez, o último não foi encontrado. No exposto anteriormente, como foi verificado apenas ondulação/corrugação e panela, as mesmas resultaram em 75 % de frequência relativa.

Foi encontrado também, desgaste, no qual obteve uma frequência absoluta de 1, resultando em 12,5 % de frequência relativa.

Por sua vez, os remendos, foram encontrados em 5 (cinco) áreas indicadas no pavimento, o que ocasionou 62,5 % de frequência relativa.

Os trilhos de rodas (TRI e TRE) apresentaram um deslocamento máximo de 8 mm para o primeiro e 38 mm para o segundo, nas estações inventariadas, apresentando uma média aritmética das flechas de 3,63 mm e 14,88 mm; e das variâncias das flechas de 2,62 e 11,87, respectivamente. Tais valores de flechas resultam num valor de IGI de 12,35 e 7,25. Portanto, tendo uma média contribuição para o IGG.

Seguindo critérios preconizados pelo DNIT, particularmente DNIT 005/2003 e 006/2003 (descrito no item 3.4), o Índice de Gravidade Global resultou em 197,1. Ainda de acordo com o critério do DNIT, o pavimento foi considerado como “PÉSSIMO”, numa escala compreendida de $IGG > 160$.

Quadro 5: Resultados dos índices de gravidade global – Rua Tancredo Neves

CÁLCULO DE ÍNDICE DE GRAVIDADE GLOBAL (IGG)							
Rodovia: Rua Tancredo Neves		TRECHO: Posto Cascão - Garagem da Clean			Data: 18/01/2016	Folha: 02	
		REVESTIMENTO TIPO: CBUQ			Estaca ou Km (0)	Estaca ou Km (7)	
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		0	0,2	0	
2	(FC - 2) J, TB	0		0	0,5	0	
3	(FC - 3) JE, TBE	5		62,5	0,8	50	
4	ALP, ATP, ALC, ATC	1	X	12,5	0,9	11,25	
5	O, P, E	6	X	75	1	75	
6	EX	0	X	0	0,5	0	
7	D	1	X	12,5	0,3	3,75	
8	R	5	X	62,5	0,6	37,5	
9	Média aritmética dos valores médios das flechas medidas em mm nas TRI e TER	TRE= 14,88	TRI= 3,63	F= 9,26	1A(4/3) 1B()	12,35	
10	Média aritmética das variâncias das flechas medidas em ambas as trilhas	TREV= 11,87	TRIV= 2,62	FV= 7,25	2A(1) 2B()	7,25	
Nº. TOTAL DE ESTAÇÕES		8	\sum IND. GRAV. IND.=IGG			197,10	Péssimo
1A) IGI= $F \times 4/3$, quando $F \leq 30$			2B) IGI= FV , quando $FV \leq 50$			OPERADOR	Diego Lucena/Mateus Gonçalves
1B) IGI=40, quando $F > 30$			2A) IGI=50, quando $FV > 50$			CÁLCULO	
						VISTO	

4.2.3.3 Rua Lauro Sodré

Os resultados da avaliação funcional obtidos para esta via encontram-se no Quadro 6, a seguir, no qual estão expostos os resultados como: a frequência das ocorrências dos defeitos encontrados, o valor calculado do IGG e o conceito alcançado pelo trecho.

O defeito de trincas Isoladas (FI, TTC, TTL, TRR), afundamento de consolidação e exsudação, não foram constatados nas estações inventariadas.

No defeito de trincas Isoladas, isto é, TLC, TLL, foram encontrada uma Frequência Absoluta de 4, resultando em uma Frequência Relativa de 22,22 %.

Nas Trincas Interligadas FC – 2, foram encontradas 5 que representa Frequência Absoluta, resultando em 27,78 % de Frequência Relativa.

Já nas Trincas Interligadas FC – 3, foram encontradas 1 que representa Frequência Absoluta, resultando em 5,56 % de Frequência Relativa.

Os afundamentos plásticos, foi encontrado em 1 (uma) das áreas inventariadas, nessa área encontrou-se apenas o ATP (Afundamento de Trilha Plástico), resultando uma frequência relativa de 5,56 %.

Em outros defeitos, O5, P5 e E5, apresentaram uma frequência absoluta de 3, isto é, essa frequência corresponde ao primeiro e segundo defeito, por sua vez, o último não foi encontrado. No exposto anteriormente, como foi verificado apenas ondulação/corrugação e panela, as mesmas resultou em 16,67 % de frequência relativa.

Foi encontrado também, desgaste, no qual obteve uma frequência absoluta de 16, resultando em 88,89 % de frequência relativa.

Por sua vez, os remendos, foram encontrados em 7 (sete) áreas indicadas no pavimento, o que ocasionou 38,89 % de frequência relativa.

Os trilhos de rodas (TRI e TRE) apresentaram um deslocamento máximo de 14 mm para o primeiro e 55 mm para o segundo, nas estações inventariadas, apresentando uma média aritmética das flechas de 4,50 mm e 11,67 mm; e das variâncias das flechas de 4,53 e 16,52, respectivamente. Tais valores de flechas resultam num valor de IGI de 10,79 e 10,53. Portanto, tendo uma média contribuição para o IGG.

Seguindo critérios preconizados pelo DNIT, particularmente DNIT 005/2003 e 006/2003 (descrito no item 3.4), o Índice de Gravidade Global resultou em 115,76. Ainda de acordo com o critério do DNIT, o pavimento foi considerado como “RUIM”, numa escala compreendida de $80 < IGG \leq 160$.

Quadro 6: Resultados dos índices de gravidade global – Rua Lauro Sodré

CÁLCULO DE ÍNDICE DE GRAVIDADE GLOBAL (IGG)							
Rodovia: Rua Lauro Sodré		TRECHO: Antiga Rodoviária - Posto Cidade Luz				Data: 19/01/2016	Folha: 03
		SUBTRECHO:		REVESTIMENTO TIPO: CBUQ		Estaca ou Km (0)	Estaca ou Km (17)
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	4		22,22	0,2	4,44	
2	(FC - 2) J, TB	5		27,78	0,5	13,89	
3	(FC - 3) JE, TBE	1		5,56	0,8	4,44	
4	ALP, ATP, ALC, ATC	1	X	5,56	0,9	5,00	
5	O, P, E	3	X	16,67	1	16,67	
6	EX	0	X	0,00	0,5	0,00	
7	D	16	X	88,89	0,3	26,67	
8	R	7	X	38,89	0,6	23,33	
9	Média aritmética dos valores médios das flechas medidas em mm nas TRI e TER	TRE= 11,67	TRI= 4,50	F=8,09	1A(4/3) 1B()	10,79	
10	Média aritmética das variâncias das flechas medidas em ambas as trilhas	TREV= 16,52	TRIV= 4,53	FV= 10,53	2A(1) 2B()	10,53	
Nº. TOTAL DE ESTAÇÕES		18	\sum IND. GRAV. IND.=IGG			115,76	RUIII
1A) IGI= $E \times 4/3$, quando $E \leq 30$			2B) IGI= FV , quando $FV \leq 50$			OPERADOR	Diego Lucena Mateus Gonçalves
1B) IGI=40, quando $E > 30$			2A) IGI=50, quando $FV > 50$			CÁLCULO	
						VISTO	

4.2.3.4 Rua Santo Antônio

Os resultados da avaliação funcional obtidos para esta via encontram-se no Quadro 7, a seguir, no qual estão expostos os resultados como: a frequência das ocorrências dos defeitos encontrados, o valor calculado do IGG e o conceito alcançado pelo trecho.

O defeito de trincas isoladas, trincas Interligadas, afundamento de consolidação, outros defeitos (O, P, E) e exsudação, não foram constatados nas estações inventariadas.

Os afundamentos plásticos, foram encontrados em 2 (duas) das áreas inventariadas, resultando uma frequência relativa de 20 %.

Foi encontrado também, desgaste, no qual se obteve uma frequência absoluta de 13, resultando em 130 % de frequência relativa.

Por sua vez, os remendos, foram encontrados em 5 (cinco) áreas indicadas no pavimento, o que ocasionou 50 % de frequência relativa.

Os trilhos de rodas (TRI e TRE) apresentaram um deslocamento máximo de 12 mm para o primeiro e 19 mm para o segundo, nas estações inventariadas, apresentando uma média aritmética das flechas de 2,3 mm e 2,8 mm; e das variâncias das flechas de 3,80 e 6,36, respectivamente. Tais valores de flechas resultam num valor de IGI de 3,40 e 5,08. Portanto, tendo uma baixa contribuição para o IGG.

Seguindo critérios preconizados pelo DNIT, particularmente DNIT 005/2003 e 006/2003 (descrito no item 3.4), o Índice de Gravidade Global resultou em 95,48. Ainda de acordo com o critério do DNIT, o pavimento foi considerado como “RUIM”, numa escala compreendida de $80 < IGG \leq 160$.

Quadro 7: Resultados dos índices de gravidade global – Rua Santo Antônio

CÁLCULO DE ÍNDICE DE GRAVIDADE GLOBAL (IGG)								
Rodovia: Rua Santo Antônio		TRECHO: Início Escadarias - Final Escadarias (sentido Feira Municipal)				Data: 20/01/2016	Folha: 04	
		SUBTRECHO:		REVESTIMENTO TIPO: CBUQ		Estaca ou Km (0)	Estaca ou Km (9)	
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		0	0,2	0		
2	(FC - 2) J, TB	0		0	0,5	0		
3	(FC - 3) JE, TBE	0		0	0,8	0		
4	ALP, ATP, ALC, ATC	2	X	20	0,9	18		
5	O, P, E	0	X	0	1	0		
6	EX	0	X	0	0,5	0		
7	D	13	X	130	0,3	39		
8	R	5	X	50	0,6	30		
9	Média aritmética dos valores médios das flechas medidas em mm nas TRI e TER	TRE= 2,8	TRI= 2,3	F= 2,55	1A(4/3) 1B()	3,4		
10	Média aritmética das variâncias das flechas medidas em ambas as trilhas	TREV= 6,36	TRIV= 3,80	FV= 5,08	2A(1) 2B()	5,08		
Nº. TOTAL DE ESTAÇÕES		10	\sum IND. GRAV. IND.=IGG			95,48	RUIM	
1A) $IGI = \frac{F}{4} \times 3$, quando $F \leq 30$			2B) $IGI = \frac{FV}{50}$, quando $FV \leq 50$			OPERADOR	Diego Lucena Mateus Gonçalves	
1B) $IGI = 40$, quando $F > 30$			2A) $IGI = 50$, quando $FV > 50$			CÁLCULO		
						VISTO		

4.2.3.5 Avenida Veridiano Cardoso

Os resultados da avaliação funcional obtidos para esta via encontram-se no Quadro 8, a seguir, no qual estão expostos os resultados como: a frequência das ocorrências dos defeitos encontrados, o valor calculado do IGG e o conceito alcançado pelo trecho.

O defeito de trincas Isoladas (FI, TRR) e exsudação, não foi constatado nas estações inventariadas.

No defeito de trincas Isoladas, isto é, TTC, TTL, TLC, TLL, foram encontrada uma Frequência Absoluta de 23, resultando em uma Frequência Relativa de 115 %.

Nas Trincas Interligadas FC – 2, foram encontradas 7 que representam Frequência Absoluta, resultando em 35 % de Frequência Relativa.

Já nas Trincas Interligadas FC – 3, foram encontradas 3 que representa Frequência Absoluta, encontrada apenas JE (Tipo Couro de Jacaré com erosão na borda), resultando em 15 % de Frequência Relativa.

Os afundamentos plásticos, foram encontrados em 3 (três) das áreas inventariadas, nessa área encontrou-se apenas o ATP, resultando uma frequência relativa de 15 %.

Em outros defeitos, O5, P5 e E5, apresentaram uma frequência absoluta de 5 isto é, essa frequência corresponde ao primeiro defeito, por sua vez, dos dois últimos não foram encontrados. No exposto anteriormente, como foi verificado, apenas ondulação/corrugação, a mesma resultou em 25 % de frequência relativa.

Foi encontrado também desgaste, no qual obteve uma frequência absoluta de 22, resultando em 110 % de frequência relativa.

Por sua vez, os remendos, foram encontrados em 5 (cinco) áreas indicadas no pavimento, o que ocasionou 25 % de frequência relativa.

Os trilhos de rodas (TRI e TRE) apresentaram um deslocamento máximo de 20 mm para o primeiro e 36 mm para o segundo, nas estações inventariadas, apresentando uma média aritmética das flechas de 6,70 mm e 12,25; e das variâncias das flechas de 6,06 e 12,05, respectivamente. Tais valores de flechas resultam num valor de IGI de 12,64 e 9,06. Portanto, tendo uma média contribuição para o IGG.

Seguindo critérios preconizados pelo DNIT, particularmente DNIT 005/2003 e 006/2003 (descrito no item 3.4), o Índice de Gravidade Global resultou em 160,70. Ainda de acordo com o critério do DNIT, o pavimento foi considerado como “PÉSSIMO”, numa escala compreendida de $IGG > 160$.

Quadro 8: Resultados dos índices de gravidade global – Av. Veridiano Cardoso

CÁLCULO DE ÍNDICE DE GRAVIDADE GLOBAL (IGG)							
Rodovia: Av. Veridiano Cardoso		TRECHO: Faixa de pedestre (próximo ao Banco do Brasil) - Loja Pantanal				Data: 20/01/2016	Folha: 05
		SUBTRECHO:		REVESTIMENTO TIPO: CBUQ		Estaca ou Km (0)	Estaca ou Km (19)
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	23		115	0,2	23	
2	(FC - 2) J, TB	7		35	0,5	17,5	
3	(FC - 3) JE, TBE	3		15	0,8	12	
4	ALP, ATP, ALC, ATC	3	X	15	0,9	13,5	
5	O, P, E	5	X	25	1	25	
6	EX	0	X	0	0,5	0	
7	D	22	X	110	0,3	33	
8	R	5	X	25	0,6	15	
9	Média aritmética dos valores médios das flechas medidas em mm nas TRI e TER	TRE= 12,25	TRI= 6,7	F= 9,48	1A(4/3) 1B()	12,64	
10	Média aritmética das variâncias das flechas medidas em ambas as trilhas	TREV= 12,05	TRIV= 6,06	FV= 9,06	2A(1) 2B()	9,06	
Nº. TOTAL DE ESTAÇÕES		20	\sum IND. GRAV. IND.=IGG			160,70	Péssimo
1A) $IGI = \frac{F \times 4}{3}$, quando $F \leq 30$			2B) $IGI = \frac{FV}{F}$, quando $FV \leq 50$			OPERADOR	Diego Lucena Mateus Gonçalves
1B) $IGI = 40$, quando $F > 30$			2A) $IGI = 50$, quando $FV > 50$			CÁLCULO	
						VISTO	

4.2.3.6 Avenida Brasília

Os resultados da avaliação funcional obtidos para esta via encontram-se no Quadro 9, a seguir, no qual estão expostos os resultados como: a frequência das ocorrências dos defeitos encontrados, o valor calculado do IGG e o conceito alcançado pelo trecho.

O defeito de trincas isoladas (FI, TTC, TTL, TLC, TRR), trincas interligadas, afundamento de consolidação, outros defeitos (O, P, E), exsudação e remendos, não foram constatados nas estações inventariadas.

Já na Trinca Interligada (TLL), foi encontrada 1 que representa Frequência Absoluta, resultando em 5,56 % de Frequência Relativa.

Em relação aos afundamentos plásticos, foi encontrado em 1 (uma) das áreas inventariadas, nessa área encontrou-se apenas o ATP, resultando uma frequência relativa de 5,56 %.

Por sua vez, encontrado também, desgaste, no qual obteve uma frequência absoluta de 6, resultando em 33,33 % de frequência relativa.

Os trilhos de rodas (TRI e TRE) apresentaram um deslocamento máximo de 8 mm para o primeiro e 3 mm para o segundo, nas estações inventariadas, apresentando uma média aritmética das flechas de 1,72 mm e 0,44 mm; e das variâncias das flechas de 2,42 e 0,92, respectivamente. Tais valores de flechas resultam num valor de IGI de 1,44 e 1,67. Portanto, tendo uma baixa contribuição para o IGG.

Seguindo critérios preconizados pelo DNIT, particularmente DNIT 005/2003 e 006/2003 (descrito no item 3.4), o Índice de Gravidade Global resultou em 19,22. Ainda de acordo com o critério do DNIT, o pavimento foi considerado como “ÓTIMO”, numa escala compreendida de $0 < IGG \leq 20$.

Quadro 9: Resultados dos índices de gravidade global – Av. Brasília

CÁLCULO DE ÍNDICE DE GRAVIDADE GLOBAL (IGG)							
Rodovia: Av. Brasília		TRECHO: Posto Laiza - Congregação Assembleia de Deus			Data: 21/01/2016	Folha: 06	
		SUBTRECHO:		REVESTIMENTO TIPO: CBUQ	Estaca ou Km (0)	Estaca ou Km (17)	
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	1		5,56	0,2	1,11	
2	(FC - 2) J, TB	0		0,00	0,5	0,00	
3	(FC - 3) JE, TBE	0		0,00	0,8	0,00	
4	ALP, ATP, ALC, ATC	1	X	5,56	0,9	5,00	
5	O, P, E	0	X	0,00	1	0,00	
6	EX	0	X	0,00	0,5	0,00	
7	D	6	X	33,33	0,3	10,00	
8	R	0	X	0,00	0,6	0,00	
9	Média aritmética dos valores médios das flechas medidas em mm nas TRI e TER	TRE= 0,44	TRI= 1,72	F= 1,08	1A(4/3) 1B()	1,44	
10	Média aritmética das variâncias das flechas medidas em ambas as trilhas	TREV= 0,92	TRIV= 2,42	FV= 1,67	2A(1) 2B()	1,67	
Nº. TOTAL DE ESTAÇÕES		18	\sum IND. GRAV. IND.=IGG			19,22	ÓTIMO
1A) IGI= $\frac{F \times 4}{3}$, quando $F \leq 30$			2B) IGI= $\frac{FV}{2}$, quando $FV \leq 50$			OPERADOR	Diego Lucena Mateus Gonçalves
1B) IGI=40, quando $F > 30$			2A) IGI=50, quando $FV > 50$			CÁLCULO	
						VISTO	

4.2.3.7 Rua 31 de Março

Os resultados da avaliação funcional obtidos para esta via encontram-se no Quadro 10, a seguir, no qual estão expostos os resultados como: a frequência das ocorrências dos defeitos encontrados, o valor calculado do IGG e o conceito alcançado pelo trecho.

O defeito de trincas isoladas (FI, TTL, TRR), trincas interligadas, afundamento de consolidação e exsudação, não foram constatados nas estações inventariadas.

No defeito de trincas Isoladas, isto é, TTC, TLC, TLL, foram encontrada uma Frequência Absoluta de 13, resultando em uma Frequência Relativa de 72,22 %.

Os afundamentos plásticos, foi encontrado em 4 (quatro) das áreas inventariadas, nessa área encontrou-se apenas o ATP, resultando uma frequência relativa de 22,22 %.

Em outros defeitos, O5, P5 e E5, apresentaram uma frequência absoluta de 9, isto é, essa frequência corresponde ao primeiro e segundo defeito, por sua vez o último não foi encontrado. No exposto anteriormente, como foi verificado apenas ondulação/corrugação e panela, as mesmas resultou em 50 % de frequência relativa.

Foi detectado também, desgaste, no qual obteve uma frequência absoluta de 19, resultando em 105,56 % de frequência relativa.

Por sua vez, os remendos, foram encontrados em 2 (duas) áreas indicadas no pavimento, o que ocasionou 11,11 % de frequência relativa.

Os trilhos de rodas (TRI e TRE) apresentaram um deslocamento máximo de 10 mm para o primeiro e 10 mm para o segundo, nas estações inventariadas, apresentando uma média aritmética das flechas de 3,0 mm e 3,5 mm; e das variâncias das flechas de 2,74 e 3,31, respectivamente. Tais valores de flechas resultam num valor de IGI de 4,33 e 3,03. Portanto, tendo uma média contribuição para o IGG.

Seguindo critérios preconizados pelo DNIT, particularmente DNIT 005/2003 e 006/2003 (descrito no item 3.4), o Índice de Gravidade Global resultou em 130,14. Ainda de acordo com o critério do DNIT, o pavimento foi considerado como “RUIM”, numa escala compreendida de $80 < IGG \leq 160$.

Quadro 10: Resultados dos índices de gravidade global – Rua 31 de Março

CÁLCULO DE ÍNDICE DE GRAVIDADE GLOBAL (IGG)							
Rodovia: Rua 31 de Março		TRECHO: Posto de Fiscalização (CTTUC) - Praça das Bandeiras			Data: 21/01/2016	Folha: 07	
		SUBTRECHO:		REVESTIMENTO TIPO: CBUQ	Estaca ou Km (0)	Estaca ou Km (17)	
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	13		72,22	0,2	14,44	
2	(FC - 2) J, TB	0		0,00	0,5	0,00	
3	(FC - 3) JE, TBE	0		0,00	0,8	0,00	
4	ALP, ATP, ALC, ATC	4	X	22,22	0,9	20,00	
5	O, P, E	9	X	50,00	1	50,00	
6	EX	0	X	0,00	0,5	0,00	
7	D	19	X	105,56	0,3	31,67	
8	R	2	X	11,11	0,6	6,67	
9	Média aritmética dos valores médios das flechas medidas em mm nas TRI e TER	TRE= 3,50	TRI= 3,00	F= 3,25	1A(4/3) 1B()	4,33	
10	Média aritmética das variâncias das flechas medidas em ambas as trilhas	TREV= 3,31	TRIV= 2,74	FV= 3,03	2A(1) 2B()	3,03	
Nº. TOTAL DE ESTAÇÕES		18	∑IND. GRAV. IND.=IGG			130,14	RUIM
1A) IGI= $F \times 4/3$, quando $F \leq 30$			2B) IGI= FV , quando $FV \leq 50$			OPERADOR	Diego Lucena/Mateus Gonçalves
1B) IGI=40, quando $F > 30$			2A) IGI=50, quando $FV > 50$			CÁLCULO	
						VISTO	

A Tabela 3, a seguir, apresenta um resumo do resultado final da avaliação funcional para cada uma das vias analisadas.

Tabela 3: Resumo da Avaliação Funcional realizada para as vias

VIA	I.G.G.	RESULTADO
RUA LAURO SODRÉ	115,76	RUIM
AV. BRASÍLIA	19,22	ÓTIMO
RUA 31 DE MARÇO	130,14	RUIM
RUA SANTO ANTÔNIO	95,48	RUIM
AV. SETE DE SETEMBRO	121,7	RUIM
AV. VERIDIANO CARDOSO	160,7	PÉSSIMO
RUA TANCREDO NEVES	197,1	PÉSSIMO

4.3 AVALIAÇÃO ESTRUTURAL

Neste tópico serão apresentadas as avaliações estruturais dos trechos referentes às vias estudadas, seguindo as Normas DNER – PRO 010/79 – Procedimento A e DNER – PRO 011/79 – Procedimento B.

4.3.1 Cálculos para realização da análise estrutural

Para a realização da verificação dos resultados obtidos em campo, foram encontrados os valores das deflexões corrigidas, o raio de curvatura e a deflexão máxima admissível.

Para se encontrar a deflexão real do pavimento foi utilizada a Equação 6, a seguir:

$$d_i = \frac{(L_0 - L_f) \times a}{b} \quad (6)$$

d_i – valores individuais de deflexões encontrados;

L_0 – Leitura inicial;

L_f – Leitura final;

a e b – Dimensões da Viga de Benkelman, Figura 16;

Valores adotados: a= 2,5m e b=1,25m.

Em seguida foi realizado o cálculo estatístico do valor característico correspondente (Equação 07) e o cálculo do valor do desvio padrão (Equação 08).

$$d' = \frac{\sum d_i}{n} \quad (7)$$

$$\sigma = \frac{\sum (d_i - d')^2}{n - 1} \quad (8)$$

d' - média aritmética dos valores individuais;
 n - número de valores individuais computados;
 σ - desvio padrão.

Assim, foi possível estabelecer o intervalo de aceitação para os valores individuais, através dos limites $d' - \sigma z$ e $d' + \sigma z$, sendo z estimado em função do número de valores individuais computados, por meio da Tabela 4.

Tabela 4 - Estimativa do valor de z

N	Z
3	1,0
4	1,5
5 - 6	2,0
7 - 19	2,5
≥ 20	3,0

Fonte - DNER - PRO 10/79

O valor da deflexão característica foi obtido a partir da Equação 9:

$$d_c = d' + \sigma \quad (9)$$

d_c - deflexão característica referida à época do levantamento deflectométrico, em centésimo de milímetro.

A deflexão característica corrigida ou deflexão de projeto foi calculada através da Equação 10:

$$d_p = d_c \times F_s \quad (10)$$

d_p - deflexão característica corrigida ou deflexão de projeto, em centésimo de milímetro;

F_s - fator de correção sazonal, obtido no Quadro 1.

A época mais indicada para a realização das deflexões é imediatamente posterior a estação chuvosa, quando o subleito permanece com o máximo de umidade, porém como isto não foi possível, devido a necessidade de se adequar o período dos ensaios a disponibilidade tanto da Secretaria de Serviços urbanos quanto da CTTUC. Assim, fez-se o uso do Quadro 1, referente ao fator de correção sazonal disponibilizado pela norma DNER – PRO 010/79 (Avaliação Estrutural de Pavimentos Flexíveis).

Devido os ensaios para as vias Avenida Sete de Setembro, Avenida Veridiano Cardoso, Rua Santo Antônio e a Rua Trinta e Um de Março terem sido realizados em período de estação seca, o Fator de Correção Sazonal adotado foi de 1,3. Já para as vias Rua Tancredo Neves, Rua Lauro Sodré, Avenida Brasília (Getat), como não foi possível realizar seus ensaios no mesmo período que as vias anteriores, devido a problemas operacionais, foram feitos os ensaios no período chuvoso, adotando assim, o Fator de Correção Sazonal igual a 1,0.

Assim, conhecendo-se o valor da deflexão de projeto, referida à carga de eixo padrão de 8,2 toneladas, foi necessário calcular o valor de d_0 por meio da Equação 11.

$$d_0 = d_p \times 0,7 \quad (11)$$

d_0 - deflexão de projeto, referente a extensão considerada, referida à carga do eixo de 8,2 toneladas.

Para a determinação da deflexão máxima admissível (d_{adm}), foi utilizada a Equação 12.

$$\log d_{adm} = 3,01 - 0,176 \log N \quad (12)$$

N - número equivalente de operações do eixo de 8,2 toneladas;

d_{adm} - deflexão máxima admissível.

Devido a Secretaria de Serviços Urbanos não terem posse de informações de projeto das vias analisadas, foi necessário estimar o valor do número N (número equivalente de operações do eixo simples padrão de rodas duplas de 82 KN) mediante a estudos prévio de levantamento de tráfego e tomando-se como base os valores de N previstos na Norma DER/SP IP-DE-P00/001 (conforme Tabela 5).

Tabela 5 - Tipo e Espessuras Mínimas de Revestimento, conforme DER/SP IP-DE-P00/001

Tipo e Espessura do Revestimento Asfáltico	Número “N”
Tratamentos superficiais asfálticos duplos e triplos	$N \leq 1 \times 10^6$
Concreto asfáltico com 5,0 cm de espessura	$1 \times 10^7 < N \leq 5 \times 10^6$
Concreto asfáltico com 7,5 cm de espessura	$5 \times 10^6 < N \leq 1 \times 10^7$
Concreto asfáltico com 10,0 cm de espessura	$1 \times 10^7 < N \leq 2,5 \times 10^7$
Concreto asfáltico com 12,5 cm de espessura	$2,5 \times 10^7 < N \leq 5 \times 10^7$
Concreto asfáltico com 15,0 cm de espessura	$N > 5 \times 10^7$

Fonte: DER/SP IP-DE-P00/001

Assim, foi necessário realizar o levantamento do VMD (Volume Médio Diário) para as vias Rua Lauro Sodré e Avenida Veridiano Cardoso, visto que as mesmas apresentam, nos trechos analisados, uma peculiaridade em seu tráfego em relação às demais vias, pois estas vias possuem um tráfego constante de veículos de médio e grande porte (conforme Figura 37), uma vez que elas coincidem com a Rodovia Br 422 (Rodovia de ligação entre Novo Repartimento e Limoeiro do Ajuru) e com a Rodovia Transcametá (nome dado ao trecho de rodovia que faz ligação entre Tucuruí e o Município de Cametá), sendo utilizada para o escoamento do tráfego para outras regiões.

Figura 37 - Transporte de carga na Av. Veridiano Cardoso



Fonte: Própria

Desta forma, para a determinação do número N destas vias, foram realizados os seguintes passos a seguir:

4.3.1.1 Determinação do VMD

Primeiramente, foi realizada a contagem de veículos nas vias Avenida Veridiano Cardoso e Rua Lauro Sodré em um período de 7,5 horas (compreendido das 07:00h às 12:00h e das 15:30h às 18:00h), ocorrendo durante quatro (04) dias, sendo que a mesma se procedeu em intervalos de 15 minutos, considerando-se a faixa de tráfego mais solicitada da via e concomitantemente foi feita classificação da frota (conforme planilhas B1 e B2 do Apêndice B).

Assim, a partir das informações da contagem, foi realizado o cálculo dos Fatores Equivalência para Carga “P” em relação ao eixo simples padrão rodoviário de 8,2 toneladas, conforme a Equação 13 prevista pelo método da AASHTO a seguir:

$$FE_q = \left(\frac{P}{b} \right)^a \quad (13)$$

Tabela 6 – Valores para as constantes *a* e *b*, conforme cada tipo de veículo (segundo método da AASTHO)

Tipos de Veículos	<i>a</i>	<i>b</i>
Para eixos simples de rodas simples	4,32	7,77
Para eixos simples de rodas duplas	4,32	8,17
Para eixos tandem duplo	4,14	15,08
Para eixos tandem triplo	4,22	22,95

Posteriormente foi encontrada a hora pico para as vias, sendo o conjunto de 4 (quatro) intervalos consecutivos de 15 minutos que apresenta maior volume de tráfego. Após isto, considerando o quantitativo de veículos comerciais que sobrepõe estas vias, foi determinado o VMD para cada uma delas, a partir da Equação 14.

– Estimativa do VMD

$$VMD = \left(\frac{VHP}{0,08} \right) \quad (14)$$

Sendo que:

VMD – Volume Médio Diário de veículos comerciais;

VHP – Volume Horário de Projeto.

Segundo Cucci Neto (2015), a relação volume hora-pico/volume diário oscila entre 7% (área central) e 10% (longe do centro). Em média, 8%. Reforçando que de acordo com estudos realizados pela SPTrans (São Paulo Transporte S.A.), o volume de passageiros hora-pico/total dia também anda pela casa de 8%.

4.3.1.2 Determinação do número equivalente de solicitações (N)

Para o cálculo de “N” foi utilizada a Equação 15.

$$N = 365 \times 10 \times (VMD_{ônibus} \times FV_{ônibus} + VMD_{ca\ min\ h\ ões} \times FV_{ca\ min\ h\ ões}) \times FD \times FR \quad (15)$$

Sendo que:

VMD – Volume Médio Diário;

FV – Fator de veículo;

FD – Fator de Distribuição Direcional do Tráfego (considerado o tráfego incidente na faixa de tráfego mais solicitada);

FR – Fator Climático Regional (adotado o valor igual a 1,8).

O fator de veículo foi utilizado com base na Equação 16.

$$FV = FE \times FC \quad (16)$$

Sendo que:

FV – Fator de Veículo;

FE – Fator de Eixo;

FC – Fator de Carga.

Assim, foram definidos os valores de N para cada via, conforme Tabela 7, sendo que para a via Rua Santo Antônio foi considerado o número de solicitações equivalente o mesmo valor adotado para as vias Avenida Veridiano Cardoso e Rua Lauro Sodré, visto que esta via possui uma sazonalidade em seu tráfego com a adição de veículos pesados (trios elétricos) em virtude de eventos festivos que ocorrem na cidade e que a predominância é sobre o trecho de via referente às Escadarias da Santo Antônio.

Com relação as demais vias, o valor adotado de N teve-se como base a Norma IP – 02/2004 da Prefeitura do Município de São Paulo, onde prediz que para ruas e avenidas de tráfego meio pesado, com características comerciais, previstas para a passagem de ônibus e caminhões, em valor quantitativo entre 101 a 300 por dia, por faixa de tráfego, corresponderá a um valor de “N” típico de 2×10^6 solicitações do eixo simples padrão (82 KN) para o período de 10 anos.

Tabela 7 - Valores de N - número equivalente de operações do eixo simples padrão de rodas duplas de 8,2 toneladas adotados para cada via

	Vias	N
01	Av. Sete de Setembro	2×10^6
02	Av. Veridiano Cardoso	1×10^7
03	Rua Tancredo Neves	2×10^6
04	Rua Lauro Sodré	1×10^7
05	Av. Brasília - Getat	2×10^6
06	Rua Santo Antônio	1×10^7
07	Rua Trinta e Um de Março	2×10^6

Com os resultados obtidos a partir da avaliação funcional e estrutural, e com o auxílio dos Quadros A3 e A4 do Anexo A, foram obtidos os critérios para o estabelecimento das diretrizes do projeto, conforme descritos nas Normas DNER – PRO 010/79 Procedimento A e DNER – PRO 011/79 Procedimento B, respectivamente, conforme descritos nos itens a seguir.

4.3.2 Avaliação Estrutural – Procedimento A

A partir dos cálculos descritos no item 4.3.1, foi possível montar a Tabela 8 a seguir, para que se pudesse realizar a avaliação estrutural, conforme os critérios determinados pela Norma DNER – PRO 010/79 (Avaliação Estrutural dos Pavimentos Flexíveis – Procedimento A, Quadro A3 do Anexo A).

Tabela 8 - Dados estruturais utilizados para os critérios para avaliação (Norma DNER – PRO 010/79)

Dados estruturais utilizados na DNER – PRO 10/79					
VIA	d_{adm} (0,01 mm)	d₀ (0,01 mm)	I.G.G.	AP%	F(mm)
RUA LAURO SODRÉ	59,98	13,20	115,76	5,56	8,08
AV. BRASÍLIA	79,62	61,07	19,22	5,56	1,08
RUA 31 DE MARÇO	79,62	36,26	130,14	22,22	3,25
RUA SANTO ANTÔNIO	59,98	40,02	95,48	20	2,55
SETE DE SETEMBRO	79,62	36,71	121,7	16,67	5,75
AV. VERIDIANO CARDOSO	59,98	28,95	160,7	15	9,48
RUA TANCREDO NEVES	79,62	5,17	197,1	12,5	9,25

Sendo que:

d_{adm} – deflexão admissível;

d₀ – deflexão de projeto, considerando a extensão considerada, referida à carga de eixo de 8,2 toneladas;

I.G.G. – Índice de Gravidade Global;

AP% – porcentagem de estação inventariadas apresentando afundamentos plásticos de reconhecida gravidade;

F̄ – valor médio das flechas nas trilhas de roda.

Desta forma, tomando-se como referência os resultados numéricos expostos na Tabela 8 e mediante a comparação entre a deflexão admissível e a deflexão obtida em campo por meio da viga de Benkelman, foram definidas as providências a serem tomadas para os pavimentos dos trechos das vias estudadas, conforme Quadro 11.

Quadro 11 - Resultados da Avaliação Estrutural (Norma DNER - PRO 010/79)

VIA		RESULTADOS DA AVALIAÇÃO ESTRUTURAL
1	RUA LAURO SODRÉ	1 Aproveitamento total do valor residual do pavimento existente; 2 Programação de reparos locais, se necessário; 3 Programação de tratamento de rejuvenescimento, se necessário.
2	AV. BRASÍLIA	
3	RUA 31 DE MARÇO	
4	RUA SANTO ANTÔNIO	
5	AV. SETE DE SETEMBRO	
6	AV. VERIDIANO CARDOSO	
7	RUA TANCREDO NEVES	1 Remoção parcial ou total do pavimento existente e sua substituição parcial ou total por nova estrutura projetada com base no critério de resistência.

Diante dos resultados obtidos no Quadro 11 e com base na avaliação funcional do trecho analisado da via Rua Tancredo Neves, pode-se prever a reconstrução desta via com base no critério de resistência. Já para as demais vias deve-se realizar um tratamento de rejuvenescimento, com exceção do trecho analisado da via Avenida Veridiano Cardoso, visto que a mesma apresentou IGG muito próximo ao de reconstrução (valor do IGG superior a 180, adota-se a reconstrução do pavimento, segundo DNER), apresentando baixa capacidade estrutural, sendo assim, será necessário a aplicação de projeto de reforço para esta via.

4.3.3 Avaliação Estrutural – Procedimento B

A partir dos cálculos descritos no item 4.3.1, foi possível montar a Tabela 9 a seguir, para que se possa realizar a avaliação estrutural, conforme os critérios determinados pela Norma DNER – PRO 011/79 (Avaliação Estrutural dos Pavimentos Flexíveis – Procedimento B, Quadro A4 do Anexo A).

Tabela 9 - Dados estruturais utilizados para os critérios da avaliação (Norma DNER – PRO 011/79)
Dados estruturais utilizados na DNER – PRO 11/79

VIA	d_p (0,01 mm)	d_{adm} (mm)	R(m)	I.G.G.
RUA LAURO SODRÉ	18,86	59,98	785,16	115,76
AV. BRASÍLIA	87,24	79,62	842,01	19,22
RUA 31 DE MARÇO	51,80	79,62	633,68	130,14
RUA SANTO ANTÔNIO	57,17	59,98	462,97	95,48
AV. SETE DE SETEMBRO	52,44	79,62	632,44	121,7
AV. VERIDIANO CARDOSO	41,36	59,98	687,50	160,7
RUA TANCREDO NEVES	7,38	79,62	1562,50	197,1

Sendo que:

d_p – deflexão de projeto;

d_{adm} – deflexão admissível;

R – raio de curvatura;

I.G.G. – Índice de Gravidade Global.

Assim, adotando-se os resultados numéricos expostos na Tabela 9, a partir da comparação entre a deflexão admissível e a deflexão de projeto, tendo em vista um limite de ruptura devido à perda de serventia, foram definidas as providências a serem tomadas para os pavimentos dos trechos das vias estudadas, conforme Quadro 12.

Quadro 12 - Resultados da Avaliação Estrutural (Norma DNER - PRO 011/79)

VIA		RESULTADOS DA AVALIAÇÃO ESTRUTURAL	
1	RUA LAURO SODRÉ	1	Qualidade estrutural Boa;
2	RUA 31 DE MARÇO	2	Não há necessidade de estudos complementares;
3	RUA SANTO ANTÔNIO	3	Como medidas corretivas, apenas adotar correções de superfícies.
4	AV. SETE DE SETEMBRO		
5	AV. VERIDIANO CARDOSO		
6	AV. BRASÍLIA	1	Qualidade estrutural Regular;
		2	Não há necessidade de estudos complementares;
		3	Para o cálculo de reforço deve-se utilizar o critério Deflectométrico;
		4	Como medidas corretivas, deve-se realizar o reforço do pavimento analisado.
7	RUA TANCREDO NEVES	1	Má qualidade estrutural: apresentando deformações permanentes e rupturas plásticas generalizadas;
		2	Há necessidade de estudos complementares;
		3	Deve-se levar em consideração a resistência para definir o critério de cálculo de reforço;
		4	Como medidas corretivas, deve-se realizar a reconstrução do trecho analisado.

Com os resultados da avaliação estrutural de acordo com o critério adotado em norma já mencionada, além da previsão de reforço estrutural para a via Avenida Brasília e reconstrução do trecho analisado da via Rua Tancredo Neves (critério DNER – PRO 011/79), pode-se aferir que para a via Avenida Veridiano Cardoso, devido ao fato de a mesma ter apresentado o IGG igual a 160,7, valor este próximo ao mínimo de reconstrução (conforme Quadro A4 do anexo A), recomenda-se que seja realizado o reforço do pavimento, considerando-se que em alguns trechos, o pavimento está propenso a um consumo até à exaustão, além disso, deve-se prever o reforço da base nos locais que apresentam uma série de ondulações e afundamentos plásticos.

Já para as demais vias, o recomendável é a realização de reparos locais, como a aplicação de remendos em buracos e se possível deve-se realizar um tratamento de rejuvenescimento nestas vias, com exceção da Rua Santo Antônio, visto que a mesma apresentou deflexão de projeto próxima da deflexão admissível (conforme descrito no Tabela 9), apresentando baixa capacidade estrutural, sendo assim, será necessário a aplicação de projeto de reforço para esta via.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Mediante os resultados da avaliação funcional e estrutural das principais vias do município de Tucuruí foram obtidas as informações sobre a real situação das vias estudadas e por meio de tomadas de decisões definidas em normas previstas pelo DNER, foi possível definir a necessidade ou não de estudos complementares, bem como o critério de cálculo de reforço e as medidas corretivas a serem realizadas para tais vias.

Esta metodologia de avaliação é uma ferramenta eficaz utilizada para definir meios de se realizar a conservação de rodovias, ainda que pouco utilizada nos municípios paraenses. O que afirma dizer que o Município de Tucuruí pode se valer da mesma para a obtenção de um modelo de gestão de qualidade de suas vias.

Com o conseqüente aumento do tráfego devido ao crescimento populacional e econômico do Município desde a construção destas vias, analisadas neste trabalho, e dispendo que as mesmas já sobrepuseram o tempo de vida útil, que para pavimentos flexíveis que gira em torno de 10 anos (DNIT – Manual de Restauração de Pavimentos Asfálticos, 2006) e com base nos resultados da avaliação estrutural ficou definido que, além do reforço estrutural das Avenidas Brasília e Veridiano Cardoso e reconstrução do trecho de via analisado da Rua Tancredo Neves, necessita-se de realizar para as demais vias um trabalho de programação de tratamento de rejuvenescimento de superfícies por meio de incorporação de camadas ou por meio de tratamento asfáltico.

É possível afirmar que para o desenvolvimento de um documento técnico sobre a pavimentação das principais vias do Município, podendo futuramente auxiliar outros trabalhos na compreensão do fenômeno estudado em análises que envolvam tanto as vias tucuruíenses quanto outros municípios.

É importante ressaltar que a investigação não finda seu processo com este trabalho, mas permite um leque de seqüências analíticas, pois a manutenção e preservação de vias sempre serão preocupação tanto do serviço público quanto privado e, como demonstrou a pesquisa, mais de 60% do transporte de cargas ocorre por vias terrestres, o que aponta a necessidade de implantação de mais análises e maior cuidado na manutenção das rodovias brasileiras.

6 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Como sugestão para trabalhos futuros, recomenda-se que a pesquisa seja realizada em diferentes épocas do ano, tanto para as vias onde foram feitos os ensaios em período de seca, quanto para aquelas nas quais os ensaios foram realizados em período chuvoso, a fim de que se possa obter um comparativo sobre o comportamento deflectométrico que os pavimentos estudados poderão sofrer diante das variações climáticas às quais a região está exposta.

Outra sugestão é a expansão deste trabalho para outras vias do município, como por exemplo, a realização da avaliação funcional e estrutural na via “Estrada do Aeroporto”, visto que esta tem sofrido recentemente o aumento de tráfego devido à implantação de bairros residenciais e de uma futura Cidade Universitária da UFPA - Campus Tucuruí, e que atualmente, a mesma apresenta visivelmente estar em grande estado de deterioração.

Vale ressaltar também que, além das vias de Tucuruí, o estudo poderia se estender para os municípios da região do entorno do Lago da Usina Hidrelétrica, onde há, claramente, a necessidade da implantação de projetos que analisem a estrutura de suas rodovias.

Além disso, a realização do dimensionamento das técnicas de restauração de pavimentos com problemas funcionais e estruturais para as vias analisadas, faz com que este estudo possa se tornar completo, a fim de proporcionar a execução de um tratamento condizente aos problemas encontrados.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Balbo, J. T. (2007). **Pavimentação Asfáltica: materiais, projeto e restauração**. São Paulo: Oficina de Textos.
- CARNEIRO NETO, J. C., Dian, K. M., & Filho, M. S. (2012). **Projeto de Reavaliação de Estimativas e Metas do PNL**. Brasília.
- COLAVITE, A. S., & Konishi, F. (28,29,30 de Outubro de 2015). **A matriz do transporte no Brasil: uma análise comparativa para a competitividade**. *Otimização de Excelência e Desenvolvimento*.
- CUCCI Neto, J. (Julho de 2015). **Um pequeno estudo sobre contagem veiculares na área central da cidade**. São Paulo, São Paulo, Sudeste.
- DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. **DNER-ME 10/79**: Avaliação Estrutural dos Pavimentos Flexíveis – Procedimento A.
- _____. **DNER-ME 11/79**: Avaliação Estrutural dos Pavimentos Flexíveis – Procedimento B.
- _____. **DNER-ME 175/94**: Aferição da viga Benkelman.
- _____. **Manual de restauração rodoviária**. 2. ed. Rio de Janeiro, 2006.
- DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **DNIT 005/2003 – TER**: Defeitos nos pavimentos flexíveis e semi-rígidos Terminologia. Rio de Janeiro, 2003.
- _____. **DNIT 006/2003 – PRO**: Avaliação objetiva da superfície de pavimentos flexíveis e semi-rígidos Procedimento. Rio de Janeiro, 2003.
- _____. **DNIT 007/2003 – PRO**: Levantamento para avaliação da condição de superfície de subtrecho homogêneo de rodovias de pavimentos flexíveis e semi-rígidos para gerência de pavimentos e estudos e projetos Procedimento. Rio de Janeiro, 2003.
- _____. **DNIT 008/2003 – PRO**: Levantamento visual contínuo para avaliação da superfície de pavimentos flexíveis e semi-rígidos Procedimento. Rio de Janeiro, 2003.
- _____. **DNIT 133/2010 – ME**: Pavimentação asfáltica – Delineamento da linha de influência longitudinal da bacia de deformação por intermédio da Viga Benkelman – Método de ensaio. Rio de Janeiro, 2010.
- _____. **Manual de estudos de tráfego**. Rio de Janeiro, 2006.
- _____. **Manual de restauração de pavimentos asfálticos**. Rio de Janeiro, 2006.
- DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM DO ESTADO DE SÃO PAULO. **IP-DE-P00/001**: Projeto de pavimentação. São Paulo, 2006.

____. **IP-DE-P00/002**: Projeto de restauração de pavimento. São Paulo, 2006.

____. **IP-DE-P00/003**: Avaliação funcional e estrutural de pavimento. São Paulo, 2006.

____. **IP-DE-P00/004**: Avaliação de pavimentos flexíveis e semi-rígidos por meio de levantamento visual contínuo de defeitos da superfície. São Paulo, 2006.

GOTO, Raphaela Sobreira. **Estudo da aplicabilidade do rejeito de quartzo como agregado na composição do concreto asfáltico**. 119 f. TCC (Graduação) – Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Pará, Tucuruí, Pará, Brasil, 2010.

MARQUESINI, Diovani Remor. **Avaliação funcional e estrutural de um segmento da rua Minas Gerais no município de Tuneiras do Oeste - PR**. 72 f. TCC (Graduação) – Curso de Engenharia Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Campo Mourão, Paraná, Brasil, 2012.

SECRETARIA DE INFRA-ESTRUTURA URBANA DO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO. **IP-02/2004**: Classificação das Vias. São Paulo, 2004.

SILVA, Marcelo Corrêa. **Avaliação funcional e estrutural das vias asfaltadas do Campus da UFV**. 111 f. TCC (Graduação) – Curso de Engenharia Civil. Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, Minas Gerais, Brasil, 2006.

SILVA, M. D., Moraes, O. P., & Vieira, S. S. (2011). **Manual de gerência de pavimentos**. IPR 745. Rio de Janeiro.

STUCKERT, G. d., Silva, M. D., Barbosa, J. M., & Nigri, E. S. (2006). **Manual de Restauração de Pavimentos Asfálticos**. IPR - 720. Rio de Janeiro.

APÊNDICES

APÊNDICE A – Resultados da Avaliação Estrutural

Planilha A1 - Leituras deflectométricas do pavimento obtidos a partir da viga de Benkelman – Av. Sete de Setembro

DEFLEXÕES RECUPERÁVEIS EMPAVIMENTOS FLEXÍVEIS						
MUNICÍPIO: TUCURUÍ				REVESTIMENTO: CBUQ		
RUA: SETE DE SETEMBRO				DATA: 05/10/2015		
TRECHO/SENTIDO: Lions Club - Goldin Ferro e Aço						
TRILHA	TER	TRI		K=	2	
ESTACA	LEITURAS NA VIGA DE BENKELMAN (mm) X 0,01			DEFLEXÃO (mm) X 0,01	RAIO DE CURVATURA (m)	Obs.
	L0	L25	Lf			
0	0	-1	-1	2	1562,50	
1	0	-1	-1	2	1562,50	
2	-1	-8	-26	50	223,21	
3	-1	-15	-31	60	111,61	
4	0	-1	-1	2	1562,50	

Planilha A2 - Leituras deflectométricas do pavimento obtidos a partir da viga de Benkelman – Rua 31 de março

DEFLEXÕES RECUPERÁVEIS EMPAVIMENTOS FLEXÍVEIS						
MUNICÍPIO: TUCURUÍ				REVESTIMENTO: CBUQ		
RUA: 31 DE MARÇO				DATA: 06/10/2015		
TRECHO/SENTIDO: Posto de Fiscalização - Praça das Bandeiras						
TRILHA	TER	TRI		K=	2	
ESTACA	LEITURAS NA VIGA DE BENKELMAN (mm) X 0,01			DEFLEXÃO (mm) X 0,01	RAIO DE CURVATURA (m)	Obs.
	L0	L25	Lf			
0	-5	-7	-27	44	781,25	
1	-5	-6	-11	12	1562,50	
2	-8	-17	-37	58	173,61	
3	-2	-8	-16	28	260,42	
4	-1	-5	-16	30	390,63	

Planilha A3 - Leituras deflectométricas do pavimento obtidos a partir da viga de Benkelman – Rua Santo Antônio

DEFLEXÕES RECUPERÁVEIS EMPAVIMENTOS FLEXÍVEIS						
MUNICÍPIO: TUCURUÍ				REVESTIMENTO: CBUQ		
RUA: SANTO ANTÔNIO				DATA: 07/10/2015		
TRECHO/SENTIDO: Início Escadarias - Final Escadarias (sentido Feira Municipal)						
TRILHA	TER	TRI		K=	2	
ESTACA	LEITURAS NA VIGA DE BENKELMAN (mm) X 0,01			DEFLEXÃO (mm) X 0,01	RAIO DE CURVATURA (m)	Obs.
	L0	L25	Lf			
0	0	-23	-33	66	67,93	
1	1	-3	-19	40	390,63	
2	-1	-14	-19	36	120,19	
3	-2	-11	-24	44	173,61	
4	-3	-4	-23	40	1562,50	

Planilha A4 - Leituras deflectométricas do pavimento obtidos a partir da viga de Benkelman – Av. Veridiano Cardoso

DEFLEXÕES RECUPERÁVEIS EMPAVIMENTOS FLEXÍVEIS						
MUNICÍPIO: TUCURUÍ				REVESTIMENTO: CBUQ		
RUA: VERIDIANO CARDOSO				DATA: 13/10/2015		
TRECHO/SENTIDO: Faixa de pedestre (próximo ao BB - Loja Pantanal)						
TRILHA	TER	TRI		K=	2	
ESTACA	LEITURAS NA VIGA DE BENKELMAN (mm) X 0,01			DEFLEXÃO (mm) X 0,01	RAIO DE CURVATURA (m)	Obs.
	L0	L25	Lf			
0	0	-1	1	-2	1562,50	
1	0	-1	-1	2	1562,50	
2	-1	-6	-33	64	312,50	
3	0	1	2	-4	-1562,50	
4	0	-1	-1	2	1562,50	

Planilha A5 - Leituras deflectométricas do pavimento obtidos a partir da viga de Benkelman – Rua Tancredo Neves

DEFLEXÕES RECUPERÁVEIS EMPAVIMENTOS FLEXÍVEIS						
MUNICÍPIO: TUCURUÍ				REVESTIMENTO: CBUQ		
RUA: TANCREDO NEVES				DATA: 05/03/2016		
TRECHO/SENTIDO: Posto Cascão - Garagem da Clean						
TRILHA	TER	TRI		K=	2	
ESTACA	LEITURAS NA VIGA DE BENKELMAN (mm) X 0,01			DEFLEXÃO (mm) X 0,01	RAIO DE CURVATURA (m)	Obs.
	L0	L25	Lf			
0	0	-1	-3	6	1562,50	
1	0	-1	-2	4	1562,50	
2	0	-1	-1	2	1562,50	
3	0	-1	-1	2	1562,50	
4	0	-1	-2	4	1562,50	

Planilha A6 - Leituras deflectométricas do pavimento obtidos a partir da viga de Benkelman – Rua Lauro Sodré

DEFLEXÕES RECUPERÁVEIS EMPAVIMENTOS FLEXÍVEIS						
MUNICÍPIO: TUCURUÍ				REVESTIMENTO: CBUQ		
RUA: LAURO SODRÉ				DATA: 05/03/2016		
TRECHO/SENTIDO: Antiga Rodoviária - Posto Cidade Luz						
TRILHA	TER	TRI		K=	2	
ESTACA	LEITURAS NA VIGA DE BENKELMAN (mm) X 0,01			DEFLEXÃO (mm) X 0,01	RAIO DE CURVATURA (m)	Obs.
	L0	L25	Lf			
0	0	-4	0	0	390,63	
1	0	-1	0	0	1562,50	
2	2	-3	0	4	312,5	
3	0	-16	-10	20	97,66	
4	0	-1	0	0	1562,50	

Planilha A7 - Leituras deflectométricas do pavimento obtidos a partir da viga de Benkelman – Av. Brasília (Getat)

DEFLEXÕES RECUPERÁVEIS EMPAVIMENTOS FLEXÍVEIS						
MUNICÍPIO: TUCURUÍ				REVESTIMENTO: CBUQ		
RUA: AVENIDA BRASÍLIA - GETAT				DATA: 05/03/2016		
TRECHO/SENTIDO: Posto Laiza - Congregação Assembléia de Deus						
TRILHA	TER	TRI		K=	2	
ESTACA	LEITURAS NA VIGA DE BENKELMAN (mm) X 0,01			DEFLEXÃO (mm) X 0,01	RAIO DE CURVATURA (m)	Obs.
	L0	L25	Lf			
0	0	-1	-2	4	1562,50	
1	0	-1	-5	10	1562,50	
2	0	-4	-21	42	390,63	
3	0	-9	-24	48	173,61	
4	0	-3	-35	70	520,83	

APÊNDICE B – Planilhas utilizadas para a determinação do Número de Solicitações
Equivalentes (N)

Planilha B1 – Resultado da contagem de veículos realizada na Avenida Veridiano Cardoso

VIA: AV. VERIDIANO CARDOSO										DATA: 29/03/2016				
HORÁRIO	VEÍCULOS LEVES			ÔNIBUS		VEÍCULOS COMERCIAIS								
	MOTO	CARRO PASSEIO	PICKUP/FORGÕES	RODA SIMPLES	DUPLO ESPECIAL	CAMINHÕES LEVES		CAMINHÃO MÉDIO/PESADO			CAMINHÃO SEMI REBOQUE (CARRETA)			ROMEU E JULIETA (REBOQUE)
						RODA SIMPLES	RODA DUPLA	RODA SIMPLES	DUPLO TANDEM	TRIPLO TANDEM	RODA DUPLA	DUPLO TANDEM	TRIPLO TANDEM	
7:00 às 7:15	52	53	1	1	2	0	1	0	1	0	0	0	0	0
7:15 às 7:30	51	81	16	3	8	0	0	0	3	0	0	0	0	0
7:30 às 7:45	72	79	17	4	5	0	1	1	2	0	0	0	0	0
7:45 às 8:00	76	110	17	0	4	0	4	1	1	0	0	1	0	0
8:00 às 8:15	60	93	22	4	3	2	1	2	1	0	0	0	0	0
8:15 às 8:30	57	92	26	0	2	4	4	2	0	0	0	0	0	0
8:30 às 8:45	55	67	21	4	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0
8:45 às 9:00	46	74	22	0	5	1	3	1	0	0	0	0	0	0
9:00 às 9:15	69	82	23	7	2	4	0	1	2	0	0	1	0	0
9:15 às 9:30	61	73	17	0	1	1	3	1	1	0	0	0	0	0
9:30 às 9:45	69	70	19	2	4	1	1	2	3	0	0	1	0	0
9:45 às 10:00	67	82	25	3	1	0	2	3	1	0	0	1	0	0
10:00 às 10:15	54	64	13	1	2	0	4	2	0	0	0	2	0	0
10:15 às 10:30	39	74	29	4	2	2	2	3	2	0	0	0	0	0
10:30 às 10:45	53	47	21	1	3	2	4	0	2	0	0	1	0	0
10:45 às 11:00	51	64	19	1	2	1	2	2	1	0	0	0	0	0
11:00 às 11:15	70	51	20	1	2	1	3	0	3	0	0	0	0	0
11:15 às 11:30	77	67	10	1	1	1	1	6	5	0	0	0	0	0
11:30 às 11:45	80	47	13	4	3	1	3	3	0	0	0	0	0	0
11:45 às 12:00	103	38	18	1	4	0	2	3	3	0	0	0	0	0
15:30 às 15:45	32	34	14	1	3	1	4	1	2	0	0	0	0	0
15:45 às 16:00	40	66	7	4	1	0	3	0	1	0	1	0	0	1
16:00 às 16:15	48	51	18	0	0	1	0	4	1	0	0	0	0	0
16:15 às 16:30	62	49	12	3	3	2	5	1	2	0	0	1	0	0
16:30 às 16:45	65	49	20	1	3	0	2	2	4	0	0	0	0	0
16:45 às 17:00	54	43	8	1	4	1	2	2	3	0	0	0	0	0
17:00 às 17:15	106	74	16	1	3	1	3	2	3	0	0	0	0	0
17:15 às 17:30	100	75	28	2	3	2	1	5	2	0	0	0	0	0
17:30 às 17:45	107	65	33	2	4	1	2	3	2	0	0	0	0	0
17:45 às 18:00	93	89	17	2	4	2	0	1	2	0	0	0	0	0
TOTAL	1262	2003	542	59	86	34	65	56	53	0	1	8	0	1

Planilha B2 – Resultado da contagem de veículos realizada na Rua Lauro Sodré

VIA: RUALAURO SODRÉ						DATA: 29/03/2016									
HORÁRIO	VEÍCULOS LEVES			ÔNIBUS		VEÍCULOS COMERCIAIS									
	MOTO	CARRO PASSEIO	PICKUP/FORGÕES	RODA SIMPLES	DUPLO ESPECIAL	CAMINHÕES LEVES		CAMINHÃO MÉDIO/PESADO			CAMINHÃO SEMI REBOQUE (CARRETA)			ROMEU E JULIETA (REBOQUE)	
						RODA SIMPLES	RODA DÚPLA	RODA SIMPLES	DUPLO TANDEM	TRIPLO TANDEM	RODA DÚPLA	DUPLO TANDEM	TRIPLO TANDEM		
7:00 às 7:15	33	16	5	0	4	1	0	3	0	0	0	0	1	0	0
7:15 às 7:30	64	41	10	0	2	1	0	3	2	0	0	0	1	0	0
7:30 às 7:45	75	52	5	0	2	0	0	2	1	0	0	0	1	0	0
7:45 às 8:00	127	52	15	0	2	2	2	2	2	0	0	0	0	0	0
8:00 às 8:15	100	53	7	0	2	0	1	0	2	0	0	0	0	0	0
8:15 às 8:30	96	63	16	0	0	4	0	2	2	0	0	0	1	0	0
8:30 às 8:45	87	58	9	1	2	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0
8:45 às 9:00	110	46	15	2	0	2	0	2	4	0	0	0	3	0	0
9:00 às 9:15	91	49	27	1	3	1	2	2	1	0	0	0	0	0	0
9:15 às 9:30	117	64	18	0	0	3	0	2	1	0	0	0	0	0	0
9:30 às 9:45	144	51	20	0	1	1	0	5	1	0	0	0	0	0	0
9:45 às 10:00	126	69	18	0	2	3	0	2	1	0	0	0	1	0	0
10:00 às 10:15	150	75	14	0	2	4	0	3	0	0	0	0	1	0	0
10:15 às 10:30	100	52	11	0	1	2	0	3	1	0	0	0	0	0	0
10:30 às 10:45	123	72	18	0	1	3	0	1	1	0	0	0	1	0	0
10:45 às 11:00	121	65	24	1	3	4	0	6	0	0	0	0	1	0	1
11:00 às 11:15	116	66	15	0	1	2	0	3	0	0	0	0	0	0	0
11:15 às 11:30	130	70	20	0	1	1	0	7	3	0	0	0	0	0	0
11:30 às 11:45	117	72	12	0	3	4	0	3	3	0	0	0	0	0	0
11:45 às 12:00	114	60	23	0	2	2	0	3	0	0	0	0	0	0	0
15:30 às 15:45	85	54	10	0	0	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0
15:45 às 16:00	28	67	12	0	2	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0
16:00 às 16:15	83	66	19	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0
16:15 às 16:30	96	77	18	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0
16:30 às 16:45	121	72	9	0	1	0	0	4	2	0	0	0	0	0	0
16:45 às 17:00	130	66	13	0	3	0	0	4	3	0	0	0	0	0	0
17:00 às 17:15	145	79	14	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0
17:15 às 17:30	123	86	13	0	1	3	0	3	1	0	0	0	0	0	0
17:30 às 17:45	154	71	16	0	2	0	0	4	1	0	0	0	1	0	0
17:45 às 18:00	136	78	15	0	2	2	0	3	1	0	0	0	1	0	1
5															
TOTAL	2141	1862	441	5	47	46	7	85	35	0	0	13	0	2	

Planilha B3 – Determinação do número N (Número de Solicitações Equivalentes de eixo simples padrão) – Avenida Veridiano Cardoso

Determinação do número N															
7:00 às 7:15	17,16	53	1	0	5,442	0	0,079	0	3,369	0	0	0	0	0	80,05
7:15 às 7:30	16,83	81	16	2,721	21,768	0	0	0	10,107	0	0	0	0	0	148,426
7:30 às 7:45	23,76	79	17	8,163	13,605	0	0,079	4,941	6,738	0	0	0	0	0	153,286
7:45 às 8:00	25,08	110	17	10,884	10,884	0	0,316	4,941	3,369	0	0	5,114	0	0	187,588
8:00 às 8:15	19,8	93	22	0	8,163	0,158	0,079	9,882	3,369	0	0	0	0	0	156,451
8:15 às 8:30	18,81	92	26	10,884	5,442	0,316	0,316	9,882	0	0	0	0	0	0	163,65
8:30 às 8:45	18,15	67	21	0	5,442	0,158	0,158	9,882	0	0	0	0	0	0	121,79
8:45 às 9:00	15,18	74	22	10,884	13,605	0,079	0,237	4,941	0	0	0	0	0	0	140,926
9:00 às 9:15	22,77	82	23	0	5,442	0,316	0	4,941	6,738	0	0	5,114	0	0	150,321
9:15 às 9:30	20,13	73	17	19,047	2,721	0,079	0,237	4,941	3,369	0	0	0	0	0	140,524
9:30 às 9:45	22,77	70	19	0	10,884	0,079	0,079	9,882	10,107	0	0	5,114	0	0	147,915
9:45 às 10:00	22,11	82	25	5,442	2,721	0	0,158	14,823	3,369	0	0	5,114	0	0	160,737
10:00 às 10:15	17,82	64	13	8,163	5,442	0	0,316	9,882	0	0	0	10,228	0	0	128,851
10:15 às 10:30	12,87	74	29	2,721	5,442	0,158	0,158	14,823	6,738	0	0	0	0	0	145,91
10:30 às 10:45	17,49	47	21	10,884	8,163	0,158	0,316	0	6,738	0	0	5,114	0	0	116,863
10:45 às 11:00	16,83	64	19	2,721	5,442	0,079	0,158	9,882	3,369	0	0	0	0	0	121,481
11:00 às 11:15	23,1	51	20	2,721	5,442	0,079	0,237	0	10,107	0	0	0	0	0	112,686
11:15 às 11:30	25,41	67	10	2,721	2,721	0,079	0,079	29,646	16,845	0	0	0	0	0	154,501
11:30 às 11:45	26,4	47	13	2,721	8,163	0,079	0,237	14,823	0	0	0	0	0	0	112,423
11:45 às 12:00	33,99	38	18	10,884	10,884	0	0,158	14,823	10,107	0	0	0	0	0	136,846
15:30 às 15:45	10,56	34	14	0	8,163	0,079	0,316	4,941	6,738	0	0	0	0	0	78,797
15:45 às 16:00	13,2	66	7	2,721	2,721	0	0,237	0	3,369	0	7,748	0	0	8,431	111,427
16:00 às 16:15	15,84	51	18	10,884	0	0,079	0	19,764	3,369	0	0	0	0	0	118,936
16:15 às 16:30	20,46	49	12	0	8,163	0,158	0,395	4,941	6,738	0	0	5,114	0	0	106,969
16:30 às 16:45	21,45	49	20	8,163	8,163	0	0,158	9,882	13,476	0	0	0	0	0	130,292
16:45 às 17:00	17,82	43	8	2,721	10,884	0,079	0,158	9,882	10,107	0	0	0	0	0	102,651
17:00 às 17:15	34,98	74	16	2,721	8,163	0,079	0,237	9,882	10,107	0	0	0	0	0	156,169
17:15 às 17:30	33	75	28	2,721	8,163	0,158	0,079	24,705	6,738	0	0	0	0	0	178,564
17:30 às 17:45	35,31	65	33	5,442	10,884	0,079	0,158	14,823	6,738	0	0	0	0	0	171,434
17:45 às 18:00	30,69	89	17	5,442	10,884	0,158	0	4,941	6,738	0	0	0	0	0	164,853
HORA PICO															
FPH 0,9395															
VMD 8387,75															

Ônibus	Caminhão
680,25	1070,25
N	6,39E+06

Planilha B4 – Determinação do número N (Número de Solicitações Equivalentes de eixo simples padrão) – Rua Lauro Sodré

Determinação do número N														
7:00 às 7:15	10,89	16	5	0	10,884	0,079	0	14,823	0	0	0	5,114	0	62,79
7:15 às 7:30	21,12	41	10	0	5,442	0,079	0	14,823	6,738	0	0	5,114	0	104,316
7:30 às 7:45	24,75	52	5	0	5,442	0	0	9,882	3,369	0	0	5,114	0	105,557
7:45 às 8:00	41,91	52	15	0	5,442	0,158	0,158	9,882	6,738	0	0	0	0	131,288
8:00 às 8:15	33	53	7	0	5,442	0	0,079	0	6,738	0	0	0	0	105,259
8:15 às 8:30	31,68	63	16	0	0	0,316	0	9,882	6,738	0	0	5,114	0	132,73
8:30 às 8:45	28,71	58	9	0	5,442	0	0	24,705	0	0	0	0	0	125,857
8:45 às 9:00	36,3	46	15	2,721	0	0,158	0	9,882	13,476	0	0	15,342	0	138,879
9:00 às 9:15	30,03	49	27	5,442	8,163	0,079	0,158	9,882	3,369	0	0	0	0	133,123
9:15 às 9:30	38,61	64	18	2,721	0	0,237	0	9,882	3,369	0	0	0	0	136,819
9:30 às 9:45	47,52	51	20	0	2,721	0,079	0	24,705	3,369	0	0	0	0	149,394
9:45 às 10:00	41,58	69	18	0	5,442	0,237	0	9,882	3,369	0	0	5,114	0	152,624
10:00 às 10:15	49,5	75	14	0	5,442	0,316	0	14,823	0	0	0	5,114	0	164,195
10:15 às 10:30	33	52	11	0	2,721	0,158	0	14,823	3,369	0	0	0	0	117,071
10:30 às 10:45	40,59	72	18	0	2,721	0,237	0	4,941	3,369	0	0	5,114	0	146,972
10:45 às 11:00	39,93	65	24	0	8,163	0,316	0	29,646	0	0	0	5,114	0	180,6
11:00 às 11:15	38,28	66	15	2,721	2,721	0,158	0	14,823	0	0	0	0	0	139,703
11:15 às 11:30	42,9	70	20	0	2,721	0,079	0	34,587	10,107	0	0	0	0	180,394
11:30 às 11:45	38,61	72	12	0	8,163	0,316	0	14,823	10,107	0	0	0	0	156,019
11:45 às 12:00	37,62	60	23	0	5,442	0,158	0	14,823	0	0	0	0	0	141,043
15:30 às 15:45	28,05	54	10	0	0	0	0,079	9,882	0	0	0	0	0	102,011
15:45 às 16:00	9,24	67	12	0	5,442	0,079	0	4,941	3,369	0	0	0	0	102,071
16:00 às 16:15	27,39	66	19	0	0	0	0	14,823	0	0	0	0	0	127,213
16:15 às 16:30	31,68	77	18	0	2,721	0	0	4,941	3,369	0	0	0	0	137,711
16:30 às 16:45	39,93	72	9	0	2,721	0	0	19,764	6,738	0	0	0	0	150,153
16:45 às 17:00	42,9	66	13	0	8,163	0	0	19,764	10,107	0	0	0	0	159,934
17:00 às 17:15	47,85	79	14	0	2,721	0	0,079	4,941	0	0	0	0	0	148,591
17:15 às 17:30	40,59	86	13	0	2,721	0,237	0	14,823	3,369	0	0	0	0	160,74
17:30 às 17:45	50,82	71	16	0	5,442	0	0	19,764	3,369	0	0	5,114	0	171,509
17:45 às 18:00	44,88	78	15	0	5,442	0,158	0	14,823	3,369	0	0	5,114	0	175,217

Ônibus	Caminhão
204,075	1044,8875
N	4,56E+06

HORA PICO	
FPH	1,0204
VMD	8200,71

ANEXOS

ANEXO A – Planilhas e quadros utilizados de acordo com as normas do DNIT.

Quadro A1 – Resumo dos defeitos – Codificação e classificação

RESUMO DOS DEFEITOS - CODIFICAÇÃO E CLASSIFICAÇÃO							
FENDAS				CODIFICAÇÃO	CLASSE DAS FENDAS		
FISSURAS				FI	-	-	-
Trincas nos revestimentos 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	"Jacaré"	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 nos revestimentos não atribuídas ao fenômeno de fadiga	Trincas isoladas	Devido a retração térmica ou a 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	
		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	
		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	
"Painéis" ou buracos decorrentes da desagregação do revestimento e às vezes das camadas inferiores						P	
REMENDOS				REMENDO SUPERFICIAL		RS	
				REMENDO PROFUNDO		RP	
NOTA 1: CLASSE DAS TRILHAS ISOLADAS							
FC-1: São trincas com aberturas superior à das fissuras e menores que 1,0 mm.							
FC-2: São trincas com aberturas superior 1,0 mm e sem erosão nas bordas.							
FC-3: São trincas com aberturas superior 1,0 mm e com erosão nas bordas.							
NOTA 2: CLASSE DAS TRILHAS INTERLIGADAS							
As trincas interligadas são classificadas como FC-3 e FC-2 caso apresentem ou não erosão nas bordas.							
Índice Geral							

Fonte: DNIT 006/2003 – PRO

Quadro A2 – Fatores de ponderação utilizados no cálculo do IGG

Ocorrência Tipo	Codificação de ocorrências de acordo com a Norma DNIT 005/2003 - TER - Defeitos nos pavimentos flexíveis e semi-rígidos - Terminologia	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 tipo 1, 2 e 3, só consideras as do tipo 3, para o cálculo de frequência relativa (fr) e Índice de Gravidade Individual (IGI); do mesmo modo, quando forem verificadas ocorrências do tipo 1 e 2, em uma mesma estação, consideras as do tipo 2.	0,8
4	ALP, ATP e ALC, ATC	0,9
5	O e P	1
6	EX	0,5
7	D	0,3
8	R	0,6

Fonte: DNIT 006/2003 – PRO

Planilha A2 – Planilha utilizada para realização do cálculo do IGG

PLANILHA DE CÁLCULO DE ÍNDICE DE GRAVIDADE GLOBAL (IGG)

PLANILHA DE CÁLCULO DE ÍNDICE DE GRAVIDADE GLOBAL (IGG)							
Rodovia:		TRECHO:				Data:	Folha:
		SUBTRECHO:		REVESTIMENTO TIPO:		Estaca ou Km	Estaca ou Km
Item	Natureza do Defeito	Freqüência Absoluta	Freqüência Absoluta Considerada	Freqüência Relativa	Fator de Ponderação	Índice de Gravidade Individual	Observações
1	Trincas Isoladas FI, TTC, TTL, TLC, TLL,				0,2		
2	(FC - 2) J, TB				0,5		
3	(FC - 3) JE, TBE				0,8		
4	ALP, ATP, ALC, ATC		X		0,9		
5	O, P, E		X		1		
6	EX		X		0,5		
7	D		X		0,3		
8	R		X		0,6		
9	Média aritmética dos valores médios das flechas medidas em mm nas TRI e TER	TER=	TRI=	F=	1A() 1B()		
10	Média aritmética das variâncias das flechas medidas em ambas as trilhas	TREV=	TRIV=	FV=	2A() 2B()		
Nº. TOTAL DE ESTAÇÕES		n=	\sum IND. GRAV. IND.=IGG				CONCEITO
1A) $IGI = \frac{F \times 4}{3}$, quando $F \leq 30$			2B) $IGI = \frac{FV}{2}$, quando $FV \leq 50$			OPERADOR	
1B) $IGI = 40$, quando $F > 30$			2A) $IGI = 50$, quando $FV > 50$			CÁLCULO	
						VISTO	

Fonte: DNIT 006/2003 – PRO

Quadro A3 – Critérios para a avaliação estrutural

CRITÉRIO PARA O ESTABELECIMENTO DAS DIRETRIZES DO PROJETO - FONTE: DNER 010/79			
IGG	Ĥ e AP%	d0 e Dadm	Decisão quanto ao aproveitamento da estrutura existente e quanto às medidas corretivas a serem levadas em conta no Projeto
IGG ≤ 180	Ĥ ≤ 30mm e AP% ≤ 33%	$d0 \leq Dadm$	<ol style="list-style-type: none"> 1. Aproveitamento total do valor residual do pavimento existente 2. Programação de reparos locais, se necessário 3. Programação de tratamento de rejuvenescimento, se necessário
		$3Dadm \geq d0 > Dadm$	<ol style="list-style-type: none"> 1. Aproveitamento total do valor residual do pavimento existente 2. Programação de reparos locais, se necessário 3. Projeto de reforço com base no critério de deformabilidade
		$d0 > Dadm$	<ol style="list-style-type: none"> 1. Aproveitamento total ou parcial do valor residual do pavimento existente 2. Programação de reparos locais, se necessário 3. Projeto de reforço com base no critério de deformabilidade e Projeto de reforço com base no critério de resistência, no caso de aproveitamento total do valor residual do pavimento existente Projeto de nova estrutura com base no critério de resistência, no caso de aproveitamento total do valor residual do pavimento existente
	Ĥ > 30mm ou AP% > 33%	---	<ol style="list-style-type: none"> 1. Aproveitamento total do valor residual do pavimento existente 2. Programação de reparos locais 3. Projeto de reforço com base no critério de resistência, no caso de aproveitamento total do valor residual do pavimento existente Projeto de nova estrutura com base no critério de resistência, no caso de aproveitamento total do valor residual do pavimento existente
IGG > 180	---	---	Remoção parcial ou total do pavimento existente e sua substituição parcial ou total por nova estrutura projetada com base no critério de resistência
Sendo: Ĥ - Porcentagem de estações inventariadas, apresentando afundamentos plásticos (locais e/ou nas trilhas de rodas); AP – Valor médio das flechas nas trilhas de roda.			

Fonte: Norma DNER – PRO 010/79 – Procedimento A

Quadro A4 – Critérios para a avaliação estrutural

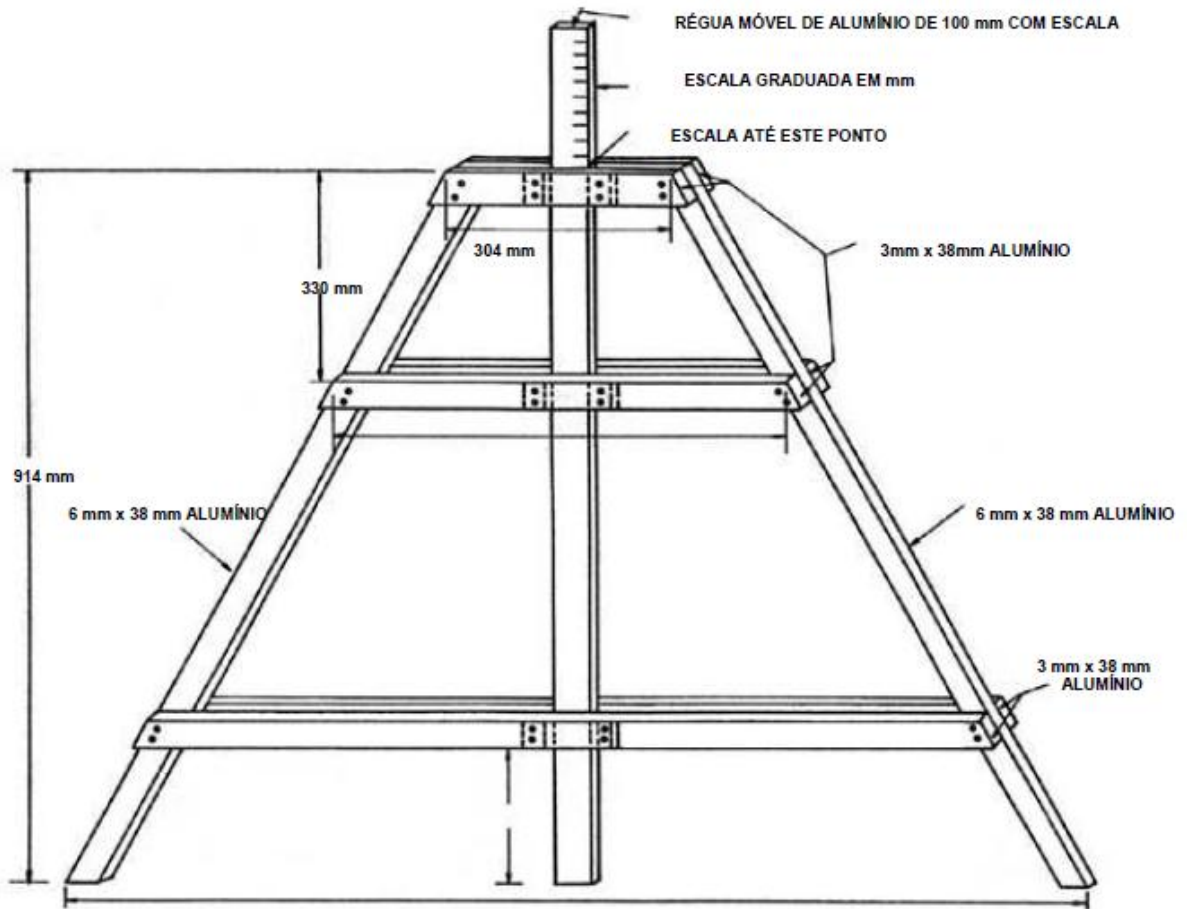
CRITÉRIO PARA AVALIAÇÃO ESTRUTURAL - FONTE: DNER - PRO 011/79					
HIPÓTESE	DADOS DEFLECTOMÉTRICOS	QUALIDADE ESTRUTURAL	NECESSIDADE DE ESTUDOS COMPLEMENTARES	CRITÉRIO PARA CÁLCULO DE REFORÇO	MEDIDAS CORRETIVAS
I	$D_p \leq D_{adm}$ e $R \geq 100$	BOA	NÃO	---	Apenas correções de superfície
II	$D_p > D_{adm}$ e $R \geq 100$	SE $D_p \leq 3D_{adm}$ REGULAR	NÃO	Deflectométrico	Reforço
		SE $D_p > 3D_{adm}$ MÁ	SIM	Deflectométrico e Resistência	Reforço ou Reconstrução
III	$D_p \leq D_{adm}$ e $R < 100$	REGULAR PARA MÁ	SIM	Deflectométrico e Resistência	Reforço ou Reconstrução
IV	$D_p > D_{adm}$ e $R < 100$	MÁ	SIM	Resistência	Reforço ou Reconstrução
V	---	MÁ O pavimento apresenta deformações permanentes e rupturas plásticas generalizadas (IGG > 180)	SIM	Resistência	Reconstrução

Fonte: Norma DNER – PRO 011/79 – Procedimento B

ANEXO B – Treliça para a medição das flechas de trilha de roda – Padrão DNIT 006/2003

PRO

Figura B1 - Treliça para a medição das flechas de trilha de roda – Padrão DNIT 006/2003 PRO



Fonte: Norma DNIT 006/2003 - PRO

ANEXO C – Aferição da viga de Benkelman

Figura C1 - Aferição da Viga de Benkelman

CERTIFICADO DE AJUSTE DE CALIBRAÇÃO

Conforme Norma DNER-PRO 175/94 – Aferição de Viga Benkelman

São José da Lapa, MG, 24 / 01 / 2014. - (Nº. 400) N°: 6809 / 2014.**Interessado:** UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ.

Av. Augusto Correa, 1 – Guama – CEP: 66075-900 (Belém / PA).


Equipamento : Viga Benkelman (Digital).
 Relógio marca : Digimess nº. 011629 / nº. de Série 400, Curso de 25mm).
 Marca : Pavitest.
 Relação entre Braços : 2:1.

Temperatura : 21°C.
 Umidade do Ar : 62%.

Xpi (0,01mm)	Xvi (0,01mm)		Xi=Xpi/Xvi		Média																
	1a	2a	1a	2a																	
10	5,00	5,00	2,00	2,00	Desvio Pad	0,0504															
20	9,00	10,00	2,22	2,00	Desvio Pad Media	0,0092															
30	14,00	15,00	2,14	2,00	Erro estim. Media e0	0,0188															
40	19,00	20,00	2,11	2,00	Limite inf. Estim. Media (Li)	2,03															
50	24,00	25,00	2,08	2,00	Limite sup. Estim. Media (Ls)	2,06															
60	29,00	30,00	2,07	2,00	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="3">Intervalos de confiança</th> </tr> <tr> <th>Relação entre braços</th> <th colspan="2">Intervalo de confiança</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>2:1</td> <td>1,9</td> <td>- 2,10</td> </tr> <tr> <td>3:1</td> <td>2,85</td> <td>- 3,15</td> </tr> <tr> <td>4:1</td> <td>3,8</td> <td>- 4,2</td> </tr> </tbody> </table>		Intervalos de confiança			Relação entre braços	Intervalo de confiança		2:1	1,9	- 2,10	3:1	2,85	- 3,15	4:1	3,8	- 4,2
Intervalos de confiança																					
Relação entre braços	Intervalo de confiança																				
2:1	1,9	- 2,10																			
3:1	2,85	- 3,15																			
4:1	3,8	- 4,2																			
70	34,00	35,00	2,06	2,00																	
80	39,00	39,00	2,05	2,05																	
100	49,00	48,00	2,04	2,08																	
120	60,00	58,00	2,00	2,07																	
140	69,00	68,00	2,03	2,06																	
160	79,00	78,00	2,03	2,05																	
180	89,00	88,00	2,02	2,05																	
200	98,00	98,00	2,04	2,04																	
220	108,00	108,00	2,04	2,04																	

Constante: K = 2,00.

Conforme Norma DNER 175/94, esta viga foi **Aceita.**


 Contenco Indústria e Comércio Ltda
 Luiz de Carvalho Mendes – Diretor

Rua Padre José Dias, 1.689 – Centro – São José da Lapa/MG (GRANDE BH) - CEP. 33350-000.
 Fone (031) 3623.3623 - Fax (031) 3623.3624 – e-mail: contenco@contenco.com.br.