



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL

DANILO DE OLIVEIRA TENÓRIO BELO
ILTON SANTOS ALVES

RETROANÁLISE DE PAVIMENTOS DE CONCRETO DE CIMENTO PORTLAND

RECIFE – PE

2014

DANILO DE OLIVEIRA TENÓRIO BELO

ILTON SANTOS ALVES

**RETROANÁLISE DE PAVIMENTOS DE CONCRETO DE
CIMENTO PORTLAND**
**ESTUDO DE CASO DA INFLUÊNCIA DO TRÁFEGO GERADO
PELA IMPLANTAÇÃO DO BRT NA AV. CAXANGÁ NA VIDA
ÚTIL REMANESCENTE DO PAVIMENTO EXISTENTE**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao
Departamento de Engenharia Civil da Universidade
Federal de Pernambuco como requisito parcial à
obtenção do título de bacharel em Engenharia Civil.

ORIENTADOR: Prof. Maurício Renato Pina Moreira

RECIFE – PE

2014

- B452r Belo, Danilo de Oliveira Tenório.
Retroanálise de pavimentos de concreto de cimento Portland: estudo de caso da influência do tráfego gerado pela implantação do BRT na Av. Caxangá na vida útil remanescente do pavimento existente. / Danilo de Oliveira Tenório Belo; Ilton Santos Alves. - Recife: O Autor, 2014.
68 folhas, il., gráfs., mapa, tabs.
- Orientador: Profº. Mauricio Renato Pina Moreira.
- TCC (Graduação) – Universidade Federal de Pernambuco. CTG. Departamento de Engenharia Civil, 2014.
Inclui Referências bibliográficas, anexos; listas de figuras, de tabelas e siglas.
1. Engenharia Civil. 2. Pavimento rígido. 3. Tráfego. 4. BRT. I. Alves, Ilton Santos. II. Pina Moreira, Mauricio Renato (orientador). II. Título.

DANILO DE OLIVEIRA TENÓRIO BELO

ILTON SANTOS ALVES

**RETROANÁLISE DE PAVIMENTOS DE CONCRETO DE
CIMENTO PORTLAND**
ESTUDO DE CASO DA INFLUÊNCIA DO TRÁFEGO GERADO
PELA IMPLANTAÇÃO DO BRT NA AV. CAXANGÁ NA VIDA
ÚTIL REMANESCENTE DO PAVIMENTO EXISTENTE

Trabalho de conclusão de curso aprovado como requisito parcial para a obtenção do título de bacharel em Engenharia Civil, Centro de Tecnologia e Geociências, Universidade Federal de Pernambuco, pela seguinte banca examinadora:

Prof. Maurício Renato Pina Moreira, UFPE

Orientador – Departamento de Transportes, UFPE

Prof. Fernando Jordão, UFPE

Departamento de Transportes, UFPE

Prof. Maurício Andrade, UFPE

Departamento de Transportes, UFPE

Recife, 13 de agosto de 2014

DEDICATÓRIA

Aos nossos pais, familiares, amigos e todos que, de alguma forma, contribuíram para o desenvolvimento do presente trabalho.

AGRADECIMENTOS

Aos professores Maurício Pina, Fernando Jordão e ao engenheiro Salustino (SAGEPA Engenharia Consultiva) pelos ensinamentos, disponibilidade e atenção.

“Não há nada mais prático do que uma boa teoria”

Ludwig Boltzmann, matemático e físico austríaco.

RESUMO

O presente trabalho tem por objetivo investigar o impacto do tráfego gerado pela implantação do BRT (*Bus Rapid Transit*) na Av. Caxangá sobre o pavimento de concreto de cimento portland existente.

A partir de dados de ensaios de FWD (*Falling Weight Deflectometer*) realizados ao longo do trecho analisado, tentou-se estimar a vida útil remanescente do pavimento sob as novas condições de tráfego utilizando uma abordagem mecanicista das deformações.

Os ensaios de FWD foram realizados de acordo com as normas PRO 273-96 (DNER, 1996) e D4695-03 (ASTM, 2003) que discorrem sobre as melhores práticas para uma correta realização do ensaio, de modo a se obterem valores de deflexão confiáveis e representativos da condição real do pavimento.

As deflexões obtidas nos ensaios de FWD foram utilizadas para estimar as propriedades físicas do pavimento, a saber: coeficiente de reação do subleito, coeficiente de transferência de carga entre as placas e módulo de elasticidade do concreto. Tais propriedades exercem influência importante na resposta do pavimento quando submetido aos carregamentos gerados pelo tráfego.

De posse dos parâmetros do pavimento existente, estimou-se o número de repetições do eixo padrão suportados pelo mesmo antes de apresentar problemas de ordem funcional e/ou estrutural. O cálculo do número de repetições do eixo padrão remanescente foi feito através de um modelo simplificado recomendado pela AASHTO (*American Association of State Highway and Transportation Officials*) em seu Guia de Dimensionamento de Pavimentos (AASHTO, 1993).

Finalmente, pôde-se determinar a vida útil remanescente do pavimento existente dividindo-se o número de repetições do eixo padrão suportado pelo mesmo pelo número de repetições do eixo padrão calculado para o tráfego futuro do BRT.

Palavras-chave: FWD; retroanálise de pavimentos rígidos; vida útil remanescente de pavimentos rígidos.

ABSTRACT

The present paper intends to investigate the impact caused by the implementation of a BRT (Bus Rapid Transit) at Av. Caxangá on the existing portland cement concrete pavement.

From FWD test data realized along the analyzed segment, the authors have tried to determine the remaining useful life of the existing pavement under the new traffic conditions using a mechanistic approach.

FWD tests were performed according to the PRO 273-96 (DNER, 1996) and D4695-03 (ASTM, 2003) standards, which discusses the best practices for proper performance of the test in order to obtain reliable and representative deflection values of the several pavement layers.

The deflections obtained from FWD tests were used to estimate the mechanical properties of the existing pavement, namely: modulus of subgrade reaction, load transfer coefficient between plates and the elastic modulus of concrete. Such properties have an important influence on the response of the pavement when subjected to loads generated by traffic.

With the parameters of the pavement, the equivalent axle load number of repetitions supported by the pavement before it starts to present functional or structural problems was determined. The determination of the remaining equivalent axle load number of repetitions was done through a simplified method recommended by the AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials) in its Guide of Pavement Design (AASHTO, 2003).

Finally, it was possible to determine the remaining useful life of existing pavement dividing the remaining equivalent axle load number of repetitions supported by it by the equivalent axle load number of repetitions generated by BRT's future traffic.

Keywords: FWD; backcalculation rigid pavements; remaining life of rigid pavements.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	14
1.1. O CONTEXTO DA INFRAESTRUTURA DAS VIAS PARA O TRANSPORTE PÚBLICO NO BRASIL	14
1.2. JUSTIFICATIVA E MOTIVAÇÕES PARA ESCOLHA DO TEMA	17
1.3. OBJETIVOS.....	17
1.4. METODOLOGIA.....	18
2. REVISÃO DA LITERATURA/REFERENCIAL TEÓRICO	19
2.1. ASPECTOS LEGAIS SOBRE OS LIMITES DE CARGA	19
3. AVALIAÇÃO ESTRUTURAL DE PAVIMENTOS A PARTIR DE ENSAIOS NÃO-DESTRUTIVOS	23
3.1. AVALIAÇÃO DE PAVIMENTOS.....	23
3.2. ENSAIOS NÃO-DESTRUTIVOS: <i>FALLING WEIGHT DEFLECTOMETER</i> (FWD).....	24
4. RETROANÁLISE DE PARÂMETROS DO PAVIMENTO	28
4.1. CONCEITOS BÁSICOS	28
4.2. MÉTODOS DE RETROANÁLISE	29
4.2.1. Métodos iterativos	29
4.2.2. Métodos simplificados	29
5. ESTUDO DE CASO – AVALIAÇÃO DA INFLUÊNCIA DO BRT NA VIDA ÚTIL REMANESCENTE DO PAVIMENTO RÍGIDO DA AV. CAXANGÁ	40
5.1. MAPA DE SITUAÇÃO	40
5.2. SONDAGENS	41
5.3. ESTUDOS DE TRÁFEGO	41
5.4. ANÁLISE ESTATÍSTICA DAS DEFLEXÕES RECUPERÁVEIS:	43
5.5. ENSAIO DE FWD	44
5.4. ESTIMATIVA DA VIDA ÚTIL REMANESCENTE DO PAVIMENTO RÍGIDO	45
6. CONCLUSÕES.....	48
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	49
8. ANEXOS	51
8.1. ANEXO A – NÚMERO ‘N’	51
8.2. ANEXO B – FWD.....	52
8.3. ANEXO C – RETROANÁLISE.....	58
8.4. ANEXO D – VIDA ÚTIL REMANESCENTE	64
8.5. ANEXO E – ÍNDICE DE VAZIOS.....	65

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – Superestrutura viária no século XIX.....	04
FIGURA 2 – Carga máxima por eixo segundo resolução do CONTRAN.....	12
FIGURA 3 – Esquema FWD.....	14
FIGURA 4 – Esquema FWD.....	15
FIGURA 5 – Modelo para a determinação de parâmetros do pavimento a partir de ensaios de FWD.....	16
FIGURA 6 – Idealização do sistema fundação-pavimento.....	19
FIGURA 7 – Determinação da eficiência de transferência de carga através de FWD.....	25
FIGURA 8 – Esquema transferência de carga.....	26
FIGURA 9 – Planta de situação do trecho em estudo.....	30
FIGURA 10 – Seção tipo do trecho em estudo.....	31
FIGURA 11 – Variedades de ônibus empregados na via livre do BRT.....	32
FIGURA 12 – Pontos de aplicação da carga do ensaio de FWD.....	35

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – Relação entre confiabilidade e desvio-padrão normalizado.....	22
TABELA 2 – Valores de confiabilidade.....	23
TABELA 3 – Determinação da qualidade da drenagem.....	24
TABELA 4 – Valores de coeficiente de drenagem.....	25
TABELA 5 – Coeficiente de transferência de carga.....	27
TABELA 6 – Valor de ‘z’ em função de ‘n’	34

LISTA DE SIGLAS

Δ PSI: Perda de Serventia do Projeto

PBTC: Peso Bruto Total Combinado

AASHTO: *American Association of State Highway and Transportation Officials*

ASTM: *American Society for Testing and Materials*

BRT: *Bus Rapid Transit*

CCP: Concreto de Cimento Portland

C_d: Coeficiente de drenagem

CMT: Capacidade Máxima de Tração

CONTRAN: Conselho Nacional de Trânsito

CTB: Código de Trânsito Brasileiro

CVC: Combinações de Veículos de Carga

D: Espessura do pavimento existente

DNER: Departamento Nacional de Estradas de Rodagens

DNIT: Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes

E_c: Módulo de Elasticidade

ESRD: Eixo Simples Roda Simples

ESRS: Eixo Simples Roda Dupla

FC: Fator de Carga

FEC: Fator de Equivalência de Eixo

FWD: Falling Weight Deflectometer

ICP: Índice de Condição do Pavimento

IPR: Instituto de Pesquisas Rodoviárias

J: Coeficiente de transferência de carga

k: Coeficiente de reação do subleito

N , W₁₈: Número de passagens do eixo padrão

v: Coeficiente de Poisson

PBT: peso bruto total

R: confiabilidade

Sc: módulo de ruptura

Sr, σ_r : Desvio-padrão normalizado

VDM: Volume Diário Médio

Z₀: Desvio-padrão

1. Introdução

1.1. O contexto da infraestrutura das vias para o transporte Público no Brasil

Ao longo dos anos foram vários os tipos de tecnologias utilizadas, nas vias, para o transporte público no Brasil. Ao analisarmos as principais capitais brasileiras a partir do século XIX, as modalidades predominantes eram: bonde, trólebus e os trens.

Os primeiros tipos de transportes comuns foram os bondes movidos à tração animal. Não demorou muito para que surgissem os bondes com locomotivas a vapor (Recife foi a segunda cidade a possuir o bonde de tração a vapor em 1866, a primeira foi o Rio em 1862). O sistema de operação era a concessão, em que uma empresa privada mostrava o seu interesse e, assim, podia fazer a construção da via permanente para o seu sistema de escolha. Na época não havia uma legislação que regulamentasse os sistemas a se utilizar, com isso, cada empresa tinha uma própria tecnologia, conseqüentemente, a via permanente variava de empresa para empresa. No Recife, as bitolas eram de 1,219m (4 pés) para a multinacional Brazilian Street Railway e de 1,4m para a empresa de capital brasileiro Trilhos Urbanos de Recife a Olinda.



FIGURA 1 – Superestrutura viária no século XIX

FONTE: <http://rotapernambucana.wordpress.com/historia> (15/06/2014)

Já a partir de 1914 chegam os primeiros bondes elétricos, paralelamente a esse novo modal de transporte houve a transição das vias permanentes para as bitolas métricas.

Em meados de 1950 a má gestão do sistema dos bondes e o desprezo das concessionárias quanto a manutenção e renovação da frota, aliada com o lobby da indústria automotiva (estrangeira), fez com que os governantes abandonassem os trilhos. Dessa forma, por volta de 1954 os bondes foram gradualmente substituídos pelos Trólebus e muitas das vias permanentes foram cobertas pelo asfalto para dar lugar a esse novo sistema de transporte.

"Na verdade, a definição da estratégia governamental de concentrar os investimentos em rodovias está associado ao incremento da indústria automobilística, especialmente após 1950, com a implantação de subsidiárias de grandes empresas multinacionais. A indústria automobilística passou a constituir a base do modelo de desenvolvimento econômico brasileiro" (FORTINI, 2005).

Os problemas geométricos na construção da rede elétrica e a constante falta de manutenção fez com que o trólebus perdessem a aceitabilidade dos usuários e gradualmente fosse substituído pelos ônibus urbanos a combustível fóssil.

Atualmente, o sistema predominante de transporte público é o ônibus urbano. A justificativa para esse fato é que na sua implantação é utilizada a infraestrutura das estradas já existentes, o que demanda um baixo investimento inicial para a sua implantação, mas consequentemente o pavimento tem a sua vida útil reduzida.

O crescimento desordenado nas capitais brasileiras, a falta de um planejamento urbano eficiente aliado com gestores públicos desqualificados, fez com que o sistema de transporte público tivesse a sua capacidade rapidamente esgotada.

Contudo, em outubro de 2007, o Brasil foi escolhido como sede da Copa do Mundo de 2014, pelo comitê executivo da FIFA. Esse fato fez com que o governo federal fosse estimulado a criar o Programa de Infraestrutura e Mobilidade Urbana - ProMob.

O ProMob promove o *"apoio financeiro a intervenções viárias que promovam a melhoria da mobilidade urbana através da implementação de projetos de pavimentação e infraestrutura para o transporte coletivo municipal."*

Investimentos em:

- *revitalização da infraestrutura do sistema viário em áreas degradadas: pavimentação de vias, implantação ou manutenção das calçadas, guias e sarjetas e sinalização viária necessária, que viabilizem a mobilidade e acessibilidade universal da população com conforto e segurança, incluindo, quando couber, a implantação de ciclovias ou ciclo faixas;*
- *implantação de terminais, estações de embarque/desembarque e abrigos para pontos de parada: implantação de infraestrutura para o transporte coletivo urbano, tais como terminais de transporte, estações de embarque/desembarque e abrigos para pontos de parada, devendo*

ser incluídos projetos de sinalização viária necessária, garantindo acessibilidade universal, bem como a implantação de bicicletários e paraciclos, onde couber". (site da prefeitura municipal de São Carlos, acesso 06/05/2014).

Entre as medidas adotadas por vários governantes está a implantação do BRT, sistema que em sua concepção inicial prevê o aproveitamento das vias existentes e apenas a construção de paradas adaptadas aos novos veículos de transporte público.

Do ponto de vista político, trata-se de uma solução bastante eficaz, pois o tempo para a sua implantação e operação seria a mais rápida, o que atenderia inicialmente ao seu objetivo principal, a Copa do Mundo de 2014. Contudo, ao olharmos o projeto sobre os aspectos técnicos vemos que os pavimentos existentes não foram projetados para esse tipo de veículo.

No campo do dimensionamento de pavimentos, ainda hoje é utilizado métodos empíricos, desenvolvidos por entidades estrangeiras para climas e solos diferentes do brasileiro. Um dos métodos oficializados pelo DNER, que considera as condições reais do pavimento "*in situ*", é o método de reforço com base na análise de modelos elásticos, a norma PRO 269-94 (DNER, 1994), que considera as propriedades resilientes do subleito e do pavimento através da teoria da elasticidade não-linear.

"Deve-se registrar o uso de simuladores de tráfego no Brasil como fonte de obtenção de dados empíricos da maior importância. A tendência nacional e internacional volta-se para a utilização de simuladores de tráfego móveis e facilmente transportáveis para qualquer local da estrada para testar o pavimento sobre sensores previamente instalados que medem as tensões, deformações e deslocamentos no interior do pavimento. Os dados obtidos no campo servem de entrada para modelos matemáticos do estado de tensões e deformações de sistemas estratificados desenvolvidos pela mecânica dos pavimentos. A retroanálise dos módulos de resiliência a partir das deflexões obtidas com defleto grafos de impacto, de grande rendimento, também é uma ferramenta cada vez mais utilizada (FORTINI, 2005)".

Pretende-se nesse trabalho, avaliar estruturalmente o pavimento existente em um dos trechos que está sendo implantado o BRT e, através dessa análise, estimar por quanto tempo o pavimento suportará o novo tráfego gerado por conta dessa nova modalidade de transporte.

1.2. Justificativa e motivações para escolha do tema

O contato com as disciplinas de transporte nesses últimos anos de nossa graduação, fez com que surgisse o interesse de abordar algo relacionado a tecnologia dos pavimentos. A escolha do tema também foi uma orientação de nossos mestres em sempre tentar levar soluções para os problemas da sociedade, numa tentativa de melhorar a qualidade de vida dos habitantes e alertar as autoridades sobre os problemas que surgirão por conta de algum projeto que ainda vai ou está sendo implantado.

Na disciplina de tópicos especiais de transporte, tivemos uma grande chance de conhecer e discutir os problemas do dia a dia dos transportes, as inovações que estão surgindo no mercado e palestras com grandes personalidades da área administrativa na nossa cidade. Essas dicções em muito ajudaram na formação de opiniões que estão expressas nesse presente trabalho.

Uma condição estimulante e motivadora na decisão de qual enfoque tomar, foi o fato de termos em posse vários documentos que serviram de análise para este presente trabalho.

Hoje existem diversos trabalhos de grandes universidades que estão disponíveis gratuitamente. Vários desses trabalhos apontam que um excesso de carga de 20% sobre o valor da carga máxima por eixo, indicam reduções na vida útil prevista para um pavimento de até 48% (FORTINI, 2005). Assim, ao analisarmos os novos tipos de transporte que estão a chegar (exemplo do BRT), com excessos que podem chegar a 30% em um dos eixos, qual seria o impacto para esses pavimentos que irão ser expostos a esse novo tráfego?

Foram essas situações que serviram de convite para essa monografia.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivos Gerais

Temos que a maioria dos pavimentos que irão receber essa nova modalidade de transporte público não foram planejados para isso. Normalmente tratam-se de pavimentos com mais de 40 anos, onde a predominância de peso era na faixa direita, já o BRT tem o seu funcionamento baseado somente pela faixa esquerda. Logo, em um primeiro plano esse trabalho visa estudar os impactos sobre o pavimento.

1.3.2. Objetivos Específicos

- a) Reunir e comentar a legislação brasileira sobre questões referentes aos limites e tolerâncias de carga por eixo.
- b) Descrever o método mecanicístico de análise de pavimentos utilizados hoje pelos projetistas.
- c) Analisar os resultados de deflexão recuperável sobre uma via real onde futuramente será implantado um corredor de ônibus BRT.
- d) Determinar a vida útil remanescente desses pavimentos com o novo tráfego imposto.

1.4. Metodologia

Os procedimentos adotados foram, inicialmente, a pesquisa bibliográfica, através de consultas em livros, artigos e legislações que contemplam as definições e as regulamentações. Posteriormente, a pesquisa de estudo de caso foi baseada principalmente em documentos e ensaios realizados no pavimento.

Para esta monografia foram utilizados dois tipos de métodos científicos, o dedutivo e o indutivo. O dedutivo tem o propósito de explicitar o conteúdo das premissas; o indutivo tem o propósito de ampliar o alcance dos conhecimentos.

O método dedutivo foi adotado para a pesquisa bibliográfica de forma que, estudando os conceitos legisladores e as interpretações dos autores sobre o tema.

Já na pesquisa de estudo de caso foi utilizado o método indutivo, para a partir da análise dos documentos colhidos, possa-se aprofundar os conhecimentos a respeito do caso em estudo.

2. Revisão da literatura/referencial teórico

2.1. Aspectos Legais sobre os Limites de Carga

A disciplinação de cargas por eixo no Brasil foi introduzida pelo Estado de São Paulo, em 1960, que introduziu lei sobre o peso bruto dos veículos. Em 1961, o governo Federal baixou um decreto federal nº 50.903/61, que tratava exclusivamente dos limites de cargas por eixo, vindo com ela a “lei da balança”. Não se previu, no entanto, qualquer multa ou punição para os infratores. Somente em 1968 o Decreto federal foi incorporado pelo Decreto no 62.127/68, que regulamentou a Lei no 5.108/66, que modificava o Código Nacional de Trânsito. A Lei nº 7.408/85 introduziu tolerância de 5% no peso por eixo e no peso bruto total na pesagem dos veículos de carga. Em 1998, devido às pressões dos caminhoneiros e transportadores, o Código de Trânsito Brasileiro (CTB) foram modificados por meio de Resolução nº 104 do Contran que manteve a tolerância de 5% no PBT ou PBTC, mas aumentou de 5% para 7,5% a tolerância por eixo e extinguiu a multa por excesso nos eixos. Se há excesso por eixo, mas o PBT ou PBTC está dentro da tolerância, é permitido remanejar ou transbordar a carga, para sanar a irregularidade. Se houver excesso no PBT ou PBTC, este excesso será multado e transbordado antes que o veículo prossiga viagem.

No dia 23 de Setembro de 1997 o Presidente do Brasil sancionou a Lei nº 9.503 que institui o Código de Trânsito Brasileiro (CTB). Essa Lei, entrou em vigor em 22 de janeiro de 1998.

Dentre todos os artigos do CTB os mais importantes sobre os limites de carga são:

“Art. 99. Somente poderá transitar pelas vias terrestres o veículo cujo peso e dimensões atenderem aos limites estabelecidos pelo CONTRAN.”

§ 1º O excesso de peso será aferido por equipamento de pesagem ou pela verificação de documento fiscal, na forma estabelecida pelo CONTRAN.

§ 2º Será tolerado um percentual sobre os limites de peso bruto total e peso bruto transmitido por eixo de veículos à superfície das vias, quando aferido por equipamento, na forma estabelecida pelo CONTRAN.

Art. 100. Nenhum veículo ou combinação de veículos poderá transitar com lotação de passageiros, com peso bruto total, ou com peso bruto total combinado com peso por eixo, superior ao fixado pelo fabricante, nem ultrapassar a capacidade máxima de tração da unidade tratora.

Art. 101. Ao veículo ou combinação de veículos utilizado no transporte de carga indivisível, que não se enquadre nos limites de peso e dimensões estabelecidos pelo CONTRAN, poderá ser concedida, pela autoridade com circunscrição sobre a via, autorização especial de trânsito, com prazo certo, válida para cada viagem, atendidas as medidas de segurança consideradas necessárias.

§ 1º A autorização será concedida mediante requerimento que especificará as características do veículo ou combinação de veículos e de carga, o percurso, a data e o horário do deslocamento inicial.

§ 2º A autorização não exime o beneficiário da responsabilidade por eventuais danos que o veículo ou a combinação de veículos causar à via ou a terceiros.

Art. 106. No caso de fabricação artesanal ou de modificação de veículo ou, ainda, quando ocorrer substituição de equipamento de segurança especificado pelo fabricante, será exigido, para licenciamento e registro, certificado de segurança expedido por instituição técnica credenciada por órgão ou entidade de metrologia legal, conforme norma elaborada pelo CONTRAN.

Art. 107. Os veículos de aluguel, destinados ao transporte individual ou coletivo de passageiros, deverão satisfazer, além das exigências previstas neste Código, às condições técnicas e aos requisitos de segurança, higiene e conforto estabelecidos pelo poder competente para autorizar, permitir ou conceder a exploração dessa atividade.

Art. 117. Os veículos de transporte de carga e os coletivos de passageiros deverão conter, em local facilmente visível, a inscrição indicativa de sua tara, do peso bruto total (PBT), do peso bruto total combinado (PBTC) ou capacidade máxima de tração (CMT) e de sua lotação, vedado o uso em desacordo com sua classificação.

Infração - gravíssima;

Medida administrativa - retenção do veículo para regularização;

V - com excesso de peso, admitido percentual de tolerância quando aferido por equipamento, na forma a ser estabelecida pelo CONTRAN:

Infração - média;

Medida administrativa - retenção do veículo e transbordo da carga excedente;

Art. 275. O transbordo da carga com peso excedente é condição para que o veículo possa prosseguir viagem e será efetuado às expensas do proprietário do veículo, sem prejuízo da multa aplicável.

Parágrafo único. Não sendo possível desde logo atender ao disposto neste artigo, o veículo será recolhido ao depósito, sendo liberado após sanada a irregularidade e pagas as despesas de remoção e estada.

Art. 327. A partir da publicação deste Código, somente poderão ser fabricados e licenciados veículos que obedeçam aos limites de peso e dimensões fixados na forma desta Lei, ressalvados os que vierem a ser regulamentados pelo CONTRAN.

As regulamentações do CONTRAN, citadas nos artigos acima do CTB podem ser encontrar nas seguintes resoluções:

- Resolução N° 12. Estabelece os limites de peso e dimensões para veículos que transitem por vias terrestres.
- Resolução N°68. Requisitos de segurança necessários à circulação de Combinações de Veículos de Carga (CVC).
- Resolução N°102. Dispõe sobre a tolerância máxima de peso bruto transmitido por eixo.
- Resolução N°104. Dispõe sobre a tolerância máxima de peso bruto de veículos.
- Resolução N°114. Acrescentar Parágrafo único ao art. 4 da Resolução N°104/99-CONTRAN.

Na figura abaixo é apresentado, de acordo com as resoluções acima, os limites de carga de cada eixo conforme o número de pneus e suas disposições:

Configuração	Distância entre eixos (ee)	Qtde. de Eixos	Qtde. de Pneus	Suspensão	Carga máxima autorizada
	-----	1	2	-----	6
	-----	1	4	-----	10
	-----	2	4	-----	12
	Menor que 1,20m	2	6	Especial	9
	De 1,20 a 2,40m	2	6	Especial	13,5
	Maior que 1,20 e menor que 2,40 m	2	8	Tandem	17
				Não Tandem	15
	Maior que 1,20 e menor que 2,40 m	3	12	Tandem	25,5
	Maior que 2,40 m	2	8	-----	20
	Maior que 2,40 m	3	12	-----	30

FIGURA 2 – Carga máxima por eixo segundo resolução do CONTRAN

FONTE: (FORTINI, 2005)

3. Avaliação estrutural de pavimentos a partir de ensaios não-destrutivos

3.1. Avaliação de pavimentos

Segundo o DNIT (2011), a avaliação de pavimentos pode ser dividida em dois tipos: funcional e estrutural.

A avaliação funcional diz respeito ao conforto ao rolamento, à segurança, custo do usuário das vias, influências do meio ambiente e aspectos estéticos.

Os métodos de avaliação funcional são classificados em objetivos e subjetivos.

De acordo com a norma PRO 062/2004 (DNIT, 2004a), as avaliações objetivas consistem na avaliação estrutural do pavimento baseada na determinação do “Índice de Condição do Pavimento” (ICP). O ICP é uma medida da condição estrutural do pavimento, capaz de fornecer ao engenheiro de pavimentação informações para a verificação das condições da rodovia e para o estabelecimento de políticas de manutenção, prevenção e de recuperação.

De acordo com a norma PRO 063/2004 (DNIT, 2004b), as avaliações subjetivas, por sua vez, consistem na avaliação do pavimento, especialmente no que se refere ao conforto de tráfego, por meio de observações realizadas por avaliadores que trafegam sobre este pavimento e que atribuem notas ao mesmo. Neste tipo de avaliação é muito importante a experiência do avaliador.

A avaliação estrutural diz respeito à determinação da resistência e da deformabilidade das várias camadas que compõem o pavimento sob ação do tráfego, de modo a possibilitar o entendimento dos mecanismos responsáveis pela degradação do mesmo.

Os métodos de avaliação estrutural são classificados em destrutivos e não destrutivos.

Os ensaios destrutivos são aqueles em que se removem amostras das camadas do pavimento para determinação, em laboratório, das suas características *in-situ*.

Os ensaios não-destrutivos, por sua vez, possibilitam a determinação de parâmetros do pavimento, sem danificá-lo. As formas de obtenção dos parâmetros do pavimento a partir de ensaios não-destrutivos serão discutidas na próxima seção.

3.2. Ensaios não-destrutivos: *Falling Weight Deflectometer* (FWD)

De acordo com (U.S. Department of Transportation, 2006), os deflectômetros de impacto – FWD são equipamentos utilizados para a avaliação estrutural não-destrutiva de pavimentos, efetuando o levantamento das bacias de deflexões e possibilitando a determinação das propriedades elásticas da estrutura do pavimento em serviço.

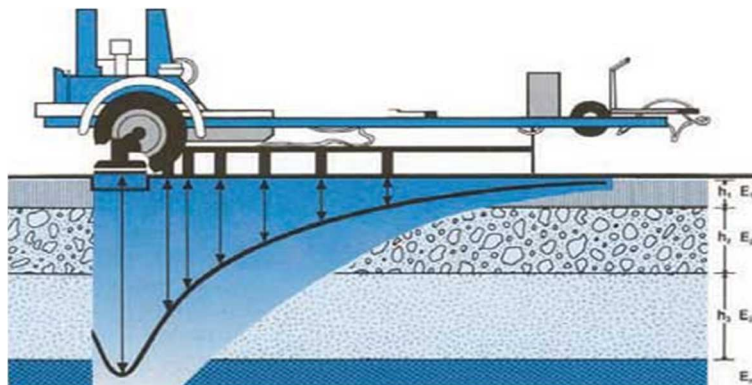


FIGURA 3 – Esquema FWD

FONTE: Dynatest

Estes dados são indispensáveis para a utilização de um método racional de dimensionamento de reforço, bem como para a previsão do desempenho e suas aplicações em sistemas de gestão de pavimentos.

O FWD simula o efeito da passagem de um veículo pela aplicação de uma carga dinâmica, obtida pela queda de um conjunto de massas sobre uma placa de 300mm de diâmetro que registra a pressão aplicada no pavimento. A carga tem duração de 25 a 30ms, tempo correspondente ao da passagem de um veículo com velocidade de 60 a 80km/h. Os carregamentos usualmente utilizados são de 40, 80 e 120kN com nível de tolerância de $\pm 10\%$.

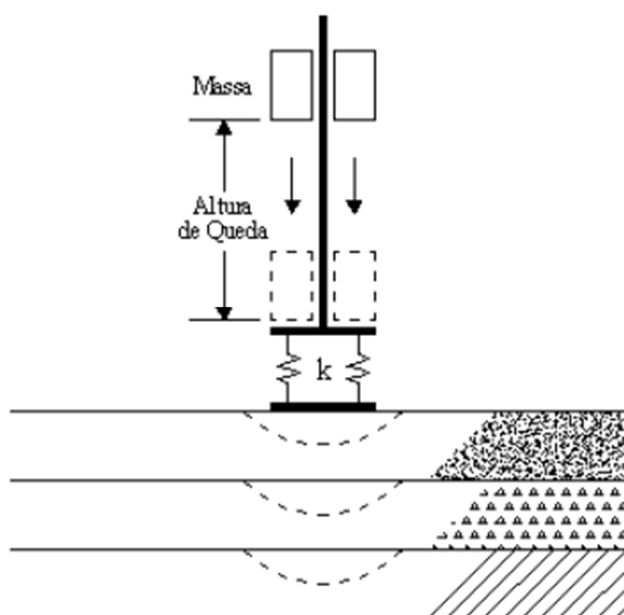


FIGURA 4 – Esquema FWD

Fonte: NÓBREGA (2003)

Os deslocamentos recuperáveis gerados na superfície do pavimento em resposta à aplicação da carga (bacia de deflexões) são medidos por 7 geofones instalados na placa de carga e ao longo de uma barra metálica, espaçados do eixo da placa de 0, 30, 45, 65, 90, 120 e 150cm. As deformações recuperáveis (elásticas) que ocorrem nos pavimentos são aquelas que retornam ao estado inicial assim que cessa a aplicação de carga.

A medição das deflexões em vários pontos espaçados ao longo da zona de influência da carga, conhecida como bacia de deflexão, permite uma melhor caracterização da resposta do pavimento à aplicação da carga.

A forma das bacias de deflexão é uma consequência não só do carregamento imposto na superfície do pavimento como também das espessuras e dos módulos de resiliência das diversas camadas do pavimento.

Um pavimento, sob a ação do tráfego, recebe cargas repetidas que provocam deformações, cuja magnitude depende de sua capacidade estrutural. O objetivo das avaliações estruturais é, portanto, determinar a capacidade de suporte do pavimento, fornecendo dados que permitam a determinação das propriedades dos materiais que compõem as camadas do pavimento em serviço.

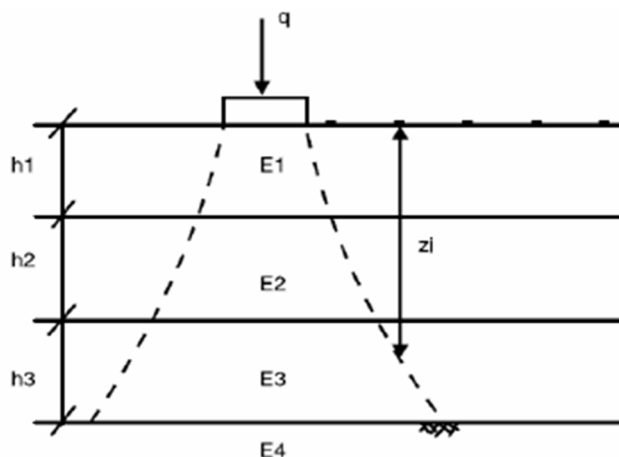


FIGURA 5 – Modelo para a determinação de parâmetros do pavimento a partir de ensaios de FWD

FONTE: ALBUQUERQUE et. al. (2006)

Adicionalmente, o FWD pode ser usado para medir o grau de entrosamento entre placas de concreto de cimento Portland adjacentes. O grau de entrosamento também é conhecido por eficiência da transferência de carga. Para medir a eficiência da transferência de carga entre placas adjacentes, deve-se posicionar a placa do FWD tangente a um dos lados da junta a ser avaliada. Em uma junta perfeita, as deformações para ambas as placas são iguais.

O FWD tem dois equipamentos principais de medição. O primeiro, localizado acima da placa carregada, mede a força transmitida ao pavimento. O segundo, conhecido por geofone, mede as deflexões do pavimento em cada ponto que é instalado.

Além dos equipamentos citados acima, o FWD possui outros dois equipamentos de medição secundários. Um deles mede a distância percorrida pelo FWD ao longo do trecho analisado. O outro, por sua vez, mede a temperatura do ar e do pavimento no momento do ensaio.

O conhecimento da temperatura dos materiais do pavimento é de suma importância, pois esta exerce considerável influência no comportamento dos mesmos. O módulo de resiliência, por exemplo, deve ser corrigido levando em consideração os efeitos da temperatura.

Um parâmetro importante que o ensaio de FWD permite determinar é a presença de vazios sob as placas de CCP.

A formação de vazios sob o pavimento rígido se dá, principalmente, pela ocorrência de bombeamento que, de acordo com a norma TER 061-04 (DNIT, 2004c), consiste na expulsão de finos plásticos existentes no solo de fundação do pavimento, através de juntas,

bordas ou trincas, quando da passagem das cargas solicitantes. A ocorrência de bombeamento se relaciona a deficiências no sistema de drenagem do pavimento.

A determinação da presença de vazios sob o pavimento rígido pode ser feita carregando-se um dos cantos da placa a ser ensaiada com diferentes níveis de carregamento, a saber, 40, 80 e 120kN, e anotando-se as deflexões para cada um desses carregamentos de modo a estabelecer a curva carga x deflexão para cada local ensaiado.

Usualmente, em regiões sem vazios, a reta obtida ajustando-se os três pontos, ao ser extrapolada, cruza o eixo das deflexões muito próximo da origem (valor de deflexão menor ou igual a 0,02 polegadas). Se, no entanto, a reta obtida cruzar o eixo das deflexões em pontos distantes da origem, é provável que hajam vazios sob a placa.

A presença de vazios sob os cantos da placa, a depender de suas dimensões, pode comprometer de maneira significativa a vida útil do pavimento rígido, pois cria regiões com sobretensões elevadas. A avaliação de métodos para a determinação da dimensão dos vazios vai além do escopo do presente trabalho, mas é de suma importância quando da concepção de projetos de recuperação de pavimentos.

4. Retroanálise de parâmetros do pavimento

4.1. Conceitos básicos

Os métodos usuais de dimensionamento de pavimentos foram desenvolvidos de forma empírica. Com o surgimento dos programas computacionais, o dimensionamento passou a ser baseado na teoria da elasticidade, onde os principais parâmetros necessários ao cálculo são o módulo de resiliência e o coeficiente de Poisson (MEDINA, 1997).

De acordo com NÓBREGA (2003), o módulo de resiliência, que define a relação entre as tensões e deformações nas camadas do pavimento, pode ser determinado de duas formas:

1. Em laboratório, através de ensaio triaxial dinâmico (solos) e de compressão diametral (misturas asfálticas, materiais cimentados);
2. Analiticamente, através da retroanálise dos módulos de resiliência a partir das bacias deflectométricas obtidas sob a superfície do pavimento.

Ainda de acordo com NÓBREGA (2003), o coeficiente de Poisson define a relação entre as deformações específicas radiais (horizontais) e axiais (verticais). Na maioria das vezes este valor é adotado para cada material quando são usados programas de cálculo de tensões e deformações em pavimentos.

A retroanálise é um processo que permite a obtenção dos módulos de resiliência das camadas do pavimento e subleito. Esta determinação é feita a partir das bacias deflectométricas que o pavimento apresenta quando submetido ao carregamento externo, que é simulado através de ensaios não destrutivos, podendo utilizar equipamentos como a viga Benkelman ou o FWD (VILLELA e MARCON, 2001).

Segundo PREUSSLER et. al. (2000), a retroanálise dos módulos de resiliência de um pavimento apresenta as seguintes vantagens em relação a outros processos de avaliação:

1. Redução da necessidade de ensaios destrutivos para a coleta de amostras do pavimento e subleito;
2. Representação do estado real da estrutura;
3. Determinação de estimativas dos módulos de resiliência dos materiais nas condições reais de campo;
4. Rapidez na determinação das propriedades elásticas das camadas do pavimento.

4.2. Métodos de retroanálise

A maioria dos métodos de retroanálise de bacias deflectométricas, converte a estrutura real do pavimento em um sistema que consiste, basicamente, em: subleito, camada granular única e camada de revestimento, conforme esquema da FIGURA 6.

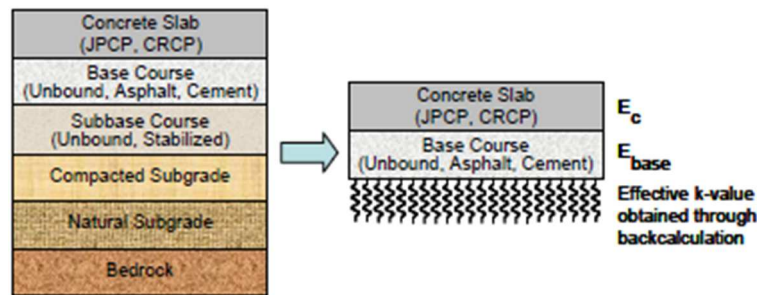


FIGURA 6 – Idealização do sistema fundação-pavimento

FONTE: U.S. Department of Transportation (2006)

Os métodos de retroanálise são classificados em dois grupos: iterativos e simplificados.

4.2.1. Métodos iterativos

Os métodos iterativos consistem numa comparação entre a bacia de deflexão teórica com a obtida em campo. Esta comparação é feita através de tentativas, até a obtenção de um determinado critério de convergência, que tem como objetivo a minimização das diferenças (PREUSSLER et. al., 2000).

4.2.2. Métodos simplificados

Os métodos simplificados são aqueles onde a obtenção das características elásticas da estrutura do pavimento é feita através da utilização de processos simplificados provenientes da teoria da elasticidade aplicada aos meios homogêneos, isotrópicos e linearmente elásticos.

Dentre os métodos simplificados, um dos mais utilizados é o método apresentado no Guia de Projeto de Pavimentos da AASHTO (1993), discutido em detalhe na próxima seção.

4.2.2.1. Método da AASHTO (1993)

A AASHTO (1993) propõe a seguinte expressão para o cálculo da vida útil remanescente de pavimentos rígidos:

$$\log_{10} W_{18} = Z_R \cdot S_0 + 7,35 \cdot \log_{10}(D + 1) - \frac{\log_{10}\left(\frac{\Delta PSI}{4,5 - 1,5}\right)}{1 + \frac{1,624 \cdot 10^7}{(D + 1)^{8,46}}} + (4,22 - 0,32 \cdot P_t) \cdot \log_{10}\left(\frac{S_c \cdot C_d \cdot (D^{0,75} - 1,132)}{215,63 \cdot J \cdot \left(D^{0,75} - \frac{18,42}{(E_c/k)^{0,25}}\right)}\right) \quad (1)$$

Em que,

- W_{18} Número de passagens do eixo padrão (**18.000 lb ou 8,2 t**)
- Z_R Desvio-padrão normalizado (função da confiabilidade – R)
- S_0 Desvio-padrão
- D Espessura da placa de CCP existente
- ΔPSI Perda de serventia do projeto ($P_i - P_t$)
- P_t Serventia final do projeto
- S_c Módulo de ruptura do CCP
- C_d Coeficiente de drenagem
- J Coeficiente de transferência de carga
- E_c Módulo de elasticidade do CCP
- k Coeficiente de reação da fundação

- **Número de passagens do eixo padrão – W_{18}**

No problema em análise, o número de passagens do eixo padrão, W_{18} , é o valor que se deseja obter a partir da equação (1). Uma vez determinado o valor de W_{18} , pode-se compará-lo com o número de passagens do eixo padrão previsto para o tráfego futuro do BRT, adiante referido como Número ‘N’.

O Número ‘N’ é calculado através da seguinte expressão:

$$N = 365 \cdot P \cdot VMD \cdot FE \cdot FC \cdot FR \quad (2)$$

Em que,

365	Número de dias do ano
<i>P</i>	Vida útil do projeto
<i>VMD</i>	Volume médio diário
<i>FE</i>	Fator de eixo
<i>FC</i>	Fator de carga
<i>FR</i>	Fator climático regional

De posse de W_{18} e do Número 'N', é possível determinar a vida útil remanescente do pavimento rígido existente e utilizar tal informação como subsídio para sistemas de gestão de pavimentos.

A vida útil remanescente é calculada através da seguinte expressão:

$$Vida\ Útil\ Remanescente = \frac{W_{18}}{N} \cdot 20 \quad (3)$$

- **Desvio-padrão normalizado (Z_R)**

O desvio-padrão normalizado (Z_R) é dado como função da confiabilidade (R) e, de acordo com a AASHTO (1993), pode ser obtido através da seguinte tabela:

Confiabilidade (R)	Desvio-padrão normalizado (Z_R)
50	– 0,000
60	– 0,253
70	– 0,524
75	– 0,674
80	– 0,841
85	– 1,037
90	– 1,282
95	– 1,645

TABELA 1 – Relação entre confiabilidade e desvio-padrão normalizado segundo a AASHTO (1993)

A confiabilidade (R) no dimensionamento de um pavimento é a probabilidade que a seção dimensionada tem de suportar de maneira satisfatória o tráfego e as condições ambientais durante o período projetado.

A adoção de um parâmetro de confiabilidade (R) é uma forma de incorporar um certo grau de certeza ao método de dimensionamento e garantir que o projeto resultará em satisfatório durante o período de análise.

A tabela abaixo apresenta os valores de confiabilidade (R) sugeridos pela AASHTO (1993):

Classe da rodovia	Nível de confiabilidade recomendado (%)	
	Via urbana	Via rural
Interestaduais	85-99	80-99
Arteriais	80-99	75-95
Coletoras	80-95	75-95
Locais	50-80	50-80

TABELA 2 – Valores de confiabilidade recomendados pela AASHTO (1993)

- **Desvio-padrão (S_0)**

De acordo com a AASHTO (1993), o valor do desvio-padrão (S_0) deve estar entre 0,30 e 0,40 para pavimentos rígidos.

- **Espessura do pavimento existente (D)**

A espessura do pavimento existente (D), bem como das diversas outras camadas, pode ser obtida por meio de sondagens de simples reconhecimento.

- **Perda de serventia do projeto (ΔPSI)**

A serventia de um pavimento é definida como a capacidade de suportar o tráfego previsto para o projeto em condições satisfatórias de conforto e segurança.

O índice de serventia inicial (P_i) corresponde às condições de tráfego logo após o término da construção do pavimento e varia de 0 (péssima condição de tráfego) a 5 (excelente condição de tráfego). O índice de serventia final (P_f), por sua vez, é o mínimo valor de serventia admitido para o projeto, abaixo do qual se faz necessária alguma intervenção, a saber, reforço ou reconstrução.

De acordo com a AASHTO (1993), valores típicos para os índices de serventia inicial (P_i) e final (P_f) são, respectivamente, 4,5 e 2,5. De modo que, a perda de serventia do projeto (ΔPSI) é usualmente igual a 2,0.

- **Coeficiente de drenagem (C_d)**

Segundo a metodologia de dimensionamento de pavimentos rígidos da AASHTO (1993), o coeficiente de drenagem (C_d) exerce uma importante influência na espessura do pavimento. Isto se deve ao fato de que as condições de drenagem influenciam na condição de suporte das placas de CCP e, por consequência, na distribuição de tensões sobre a mesma.

A seleção do coeficiente de drenagem, que pode variar de 0,4 a 1,4, se baseia na qualidade da drenagem do pavimento e na quantidade de tempo, em percentual, que a estrutura do pavimento se encontra em níveis próximos à saturação.

A tabela abaixo fornece as diretrizes para a classificação da qualidade da drenagem:

Qualidade da drenagem	Tempo necessário para drenagem da água
Excelente	2 horas
Boa	1 dia
Regular	1 semana
Ruim	1 mês
Péssima	Não ocorre drenagem

TABELA 3 – Determinação da qualidade da drenagem de acordo com a AASHTO (1993)

A tabela abaixo apresenta os valores de coeficiente de drenagem (C_d) sugeridos pela AASHTO (1993):

Qualidade da drenagem	Percentual de tempo em que a estrutura do pavimento se encontra em níveis próximos à saturação			
	< 1%	1-5%	5-25%	> 25%
Excelente	1,25-1,20	1,20-1,15	1,15-1,10	1,10
Boa	1,20-1,15	1,15-1,10	1,10-1,00	1,00
Regular	1,15-1,10	1,10-1,00	1,00-0,90	0,90
Ruim	1,10-1,00	1,00-0,90	0,90-0,80	0,80
Péssima	1,00-0,90	0,90-0,80	0,80-0,70	0,70

TABELA 4 – Valores de coeficiente de drenagem recomendados pela AASHTO (1993)

- **Coeficiente de transferência de carga (J)**

O coeficiente de transferência de carga (J) diz respeito à capacidade de uma placa em transmitir os esforços de cisalhamento a que é submetida às placas adjacentes e influencia de maneira importante na determinação da espessura da placa de CCP. De acordo com os manuais de dimensionamento de pavimentos rígidos mais utilizados, a maneira mais eficiente de transferência de carga se dá com a utilização de barras de ligação, no sentido do tráfego.

O coeficiente de transferência de carga (J) pode ser determinado através de resultados de ensaios de FWD. Em primeiro lugar, aplica-se o carregamento adjacente à junta no centro da placa de CCP e mede-se a deflexão sob a carga aplicada e sob a placa sem carregamento, conforme esquema abaixo:



FIGURA 7 – Determinação da eficiência de transferência de carga através de FWD

FONTE: COLIM (2009)

Em seguida, determina-se a eficiência da transferência de carga (*LTE – Load Transfer Efficiency*), de acordo com a seguinte expressão:

$$LTE = 100 \cdot \frac{\delta_2}{\delta_1} \cdot B \quad (3)$$

Em que,

<i>LTE</i>	Eficiência da transferência de carga (em %)
δ_1 ($= d_0$)	Deflexão da placa de CCP carregada (em cm)
δ_2 ($= d_{30}$)	Deflexão da placa de CCP não carregada (em cm)
<i>B</i>	Coefficiente de correção (igual a 1,045)

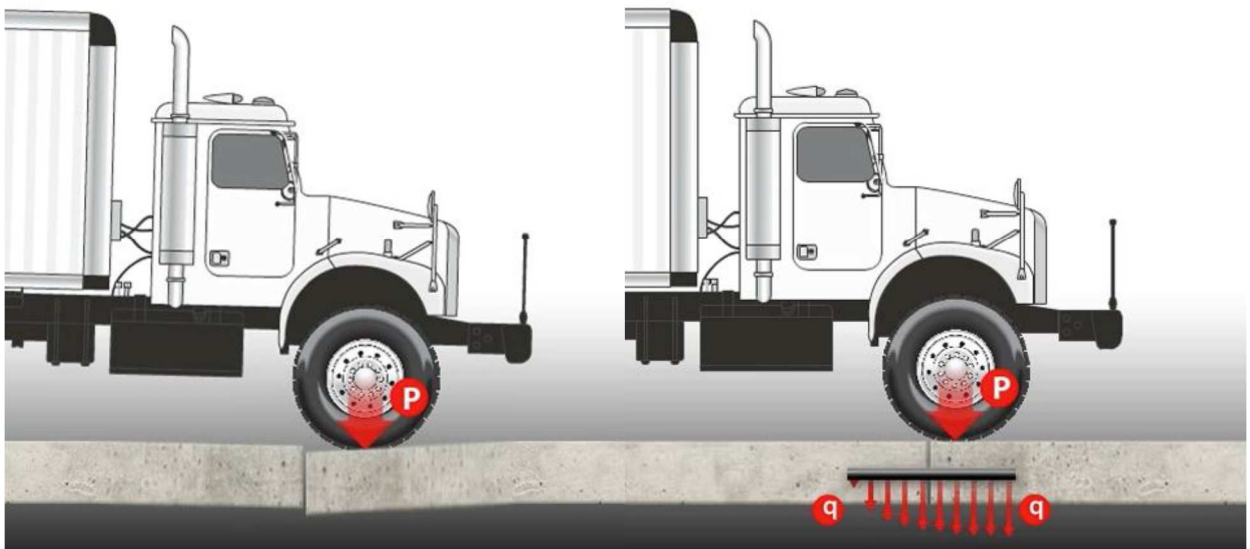


FIGURA 8 – Esquema transferência de carga

FONTE: ABCP (2013)

De acordo com (HALL & BANIHATTI, 1998), o coeficiente de correção (*B*) tem por objetivo levar em consideração a deformação por flexão que ocorre na placa de CCP, e não é levada em consideração pelos sensores do FWD, quando carregada.

Finalmente, pode-se determinar o coeficiente de transferência de carga (*J*) através da seguinte tabela fornecida pela AASHTO:

Eficiência da transferência de carga (LTE)	Coefficiente de transferência de carga (J)
> 70	3,2
50 – 70	3,5
< 50	4,0

TABELA 5 – Coeficiente de transferência de carga recomendados pela AASHTO (1993)

É recomendável que os testes para medir a eficiência da transferência de carga (*LTE*) sejam feitos a temperaturas ambientes inferiores a 27 °C, pois, a temperaturas superiores, os efeitos de expansão/compressão e empenamento das placas de CCP podem levar a resultados não representativos.

- **Coeficiente de reação do subleito (*k*)**

O coeficiente de reação é a tensão (lb/in^2) necessária para causar uma deflexão de 1 polegada no subleito.

A definição acima indica, portanto, que quanto mais rígido o subleito, maior é o coeficiente de reação (*k*). O valor de *k* depende das características do solo, da área na qual é carregado e da deflexão. O coeficiente de reação do subleito (*k*) é diretamente proporcional à área do carregamento e inversamente proporcional à deflexão.

Existem vários métodos para determinar o coeficiente de reação do subleito (*k*), a exemplo de prova de carga em placa, correlações estatísticas com propriedades do solo e outros testes, além da retroanálise do pavimento rígido a partir de deflexões obtidas através de ensaios de FWD. O último método é o mais recomendado pois possibilita um diagnóstico da real situação do pavimento no local.

A AASHTO (1993) recomenda as seguintes expressões para o cálculo do coeficiente de reação do subleito (*k*) a partir da retroanálise utilizando as deflexões obtidas através de ensaios FWD:

$$AREA = 6 \cdot \left[1 + 2 \cdot \left(\frac{d_{30}}{d_0} \right) + 2 \cdot \left(\frac{d_{65}}{d_0} \right) + \left(\frac{d_{90}}{d_0} \right) \right] \quad (4)$$

$$l_k = \left[\frac{\ln \left(\frac{36 - AREA}{1812,279133} \right)}{-2,559340} \right]^{4,387009} \quad (5)$$

$$k = \left(\frac{P}{8 \cdot d_0 \cdot l_k^2} \right) \cdot \left\{ 1 + \left(\frac{1}{2 \cdot \pi} \right) \cdot \left[\ln \left(\frac{a}{2 \cdot l_k} \right) + \gamma - 1,25 \right] \cdot \left(\frac{a}{l_k} \right)^2 \right\} \quad (6)$$

Em que,

d_0	Deflexão máxima que ocorre sob o carregamento (em polegadas)
$d_{30,65,90}$	Deflexões a 30, 65 e 90cm da aplicação da carga (em polegadas)
l_k	Raio de rigidez relativa (em polegadas)
k	Coefficiente de reação do subleito
P	Carga utilizada no ensaio de FWD (em libras-força)
a	Raio da carga circular (em polegadas)
γ	Constante de Euler (= 0,57721)

As deflexões devem ser obtidas ao longo do trecho em estudo em intervalos tais que possibilitem avaliar de maneira satisfatória as condições do pavimento. Recomendam-se intervalos entre 30 e 300m para a realização do ensaio e valores de carregamento iguais ou superiores a 40kN. O valor de k deve ser determinado para cada placa ensaiada.

É importante perceber que o coeficiente de reação retroalisado a partir de dados do FWD diz respeito a carregamentos dinâmicos, enquanto que o coeficiente de reação utilizado para o dimensionamento de pavimentos rígidos pelo método da AASHTO diz respeito a carregamentos estáticos. De acordo com (Transportation Research Board, 1991), o valor estático de k pode ser obtido dividindo-se o valor dinâmico de k por 2.

Para os casos em que o reforço do pavimento rígido tem a mesma seção ao longo de todo o trecho, pode-se adotar o valor médio de k . Tal simplificação se justifica pelo fato de que o valor de k em pouco afeta na espessura do pavimento ou do seu reforço, conforme o caso. De acordo com (DARTER et. al., 1995), uma variação de até 50% do valor de k , influencia em apenas 5% na espessura do pavimento.

- **Determinação do módulo de elasticidade (E_c) e do módulo de ruptura (S_c) da placa de CCP**

Conhecidos os valores do raio de rigidez relativa (l_x) e do módulo de reação do subleito (k), o valor do módulo de elasticidade do concreto (E_c) é calculado pela equação proposta por (Westergaard, 1924), dada a seguir:

$$E_c = \frac{12 \cdot k \cdot l_k^4 \cdot (1 - \nu^2)}{D^3} \quad (7)$$

Em que,

E_c Módulo de elasticidade do CCP (em psi)

ν Coeficiente de Poisson do CCP (em geral, igual a 0,15)

O módulo de ruptura, por sua vez, pode ser determinado pela expressão abaixo, desenvolvida por (Foxworthy, 1985):

$$S_c = 43,5 \cdot \frac{E_c}{10^6} + 488,5 \quad (R^2 = 0,71) \quad (8)$$

Em que,

S_c Módulo de ruptura do CCP (em psi)

5. Estudo de caso – Avaliação da influência do BRT na vida útil remanescente do pavimento rígido da AV. CAXANGÁ

5.1. Mapa de situação



FIGURA 9 – Planta de situação do trecho em estudo

FONTE: Google Earth (14/07/2014)

5.2. Sondagens

A seção tipo do pavimento ao longo do trecho em análise, mostrada na FIGURA 10, foi obtida através de sondagens de reconhecimento pelo método rotativo de acordo com as recomendações da norma PRO 102-97 (DNER, 1997).

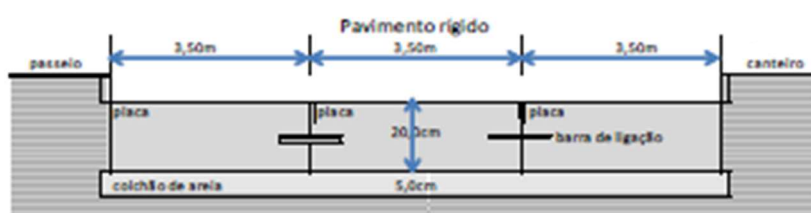


FIGURA 10 – Seção tipo do trecho em estudo

Fonte: Relatório Técnico SAGEPA (2013)

5.3. Estudos de tráfego

A determinação do tráfego ao qual será submetido o pavimento é uma das principais informações para a avaliação estrutural do mesmo. O parâmetro que traduz o tráfego ao qual o pavimento será submetido é o Número “N”.

De acordo com o manual IPR 723 (DNIT, 2006), o Número “N” é definido pelo número de repetições de um eixo-padrão de 8,2 t (18.000 lb), durante o período de vida útil do projeto, que teria o mesmo efeito que o tráfego previsto sobre a estrutura do pavimento.

O primeiro passo no cálculo do Número “N” é a determinação dos veículos que irão trafegar sobre o pavimento. No trecho analisado, os modelos utilizados são Padron e Articulado, conforme esquema da FIGURA 11. O primeiro, possui na dianteira um ESRS que pode suportar 7,5 t e no traseiro um ESRD com capacidade de 17 t. Já o segundo modelo, possui 3 eixos, um ESRS na dianteira com capacidade de 7,5 t, um ESRD intermediário com capacidade de 12 t e um ESRD na traseira com capacidade de 13 t.



FIGURA 11 – Variedades de ônibus empregados na via livre do BRT

Fonte: www.jailsonrecifemobilidade.com.br (15/07/2014)

Neste trabalho, devido ao fato de nem sempre os ônibus estarem com a sua capacidade máxima de passageiros (que corresponde a uma taxa de 6 passageiros por metro quadrado) optou-se por considerar apenas 70% da carga por eixo.

Em seguida, foi analisado o itinerário da frota que vai operar no trecho em estudo (III perimetral da Caxangá). Conforme Anexo A, o volume diário médio (VDM) é igual a 456. O que equivale a 1 ônibus a cada 53 segundos nos dias úteis.

A partir da obtenção desses dados procede-se o cálculo do fator de equivalência carga (FEC), ou seja, a correspondência entre um único conjunto de eixos e o eixo padrão.

Diferentes configurações de eixos e cargas produzem deflexões diferenciadas, que reduzem a vida remanescente do pavimento de diversas maneiras. Os fatores de equivalência de carga por eixo são utilizados para fazer conversões das várias possibilidades de carga por eixo em números de eixo-padrão.

No presente trabalho, optou-se por utilizar o maior entre os valores de Número “N” obtidos através das metodologias da AASHTO (*Association of American State Highway and Transit Officers*) e da USACE (*United States Army Corps of Engineers*).

Os fatores de equivalência da AASHTO baseiam-se na perda de serventia (PSI) e variam com o tipo do pavimento (flexível e rígido), índice de serventia final e resistência do pavimento (número estrutural – SN). Por sua vez, a metodologia do USACE avalia os efeitos do carregamento nas deformações permanentes.

A expressão que predominou para cálculo do FEC para as cargas menores ou iguais a 12 t, foram as da AASHTO. Já para o caso do eixo com 13 t a fórmula do USACE foi maior.

A seguir, procede-se com o cálculo do fator de carga (FC), que expressa a correspondência entre os conjuntos de eixos de uma determinada frota e o eixo padrão.

Para o cálculo do fator de eixo (FE), fez-se uma média aritmética do total de veículos e a quantidade de eixos que cada um possuía.

Adotou-se como igual a 1 o fator climático (FC), conforme recomendações do DNIT (2006).

O horizonte de projeto considerado foi igual 20 anos, conforme recomendação do DNIT (2006) para pavimentos rígidos.

Finalmente, obteve-se um valor do Número “N” igual a $2,5 \cdot 10^7$ repetições por sentido.

5.4. Análise estatística das deflexões recuperáveis:

Após o ensaio FWD temos que adotar um tratamento estatístico na tentativa de eliminar os dados obtidos de placas quebradas. Assim, adotou-se o procedimento estatístico proposto pela norma do DNER – PRO – 011 / 79, o qual propõe as seguintes metodologias:

- Tabulam-se os valores individuais das deflexões recuperáveis encontradas (D_i).
- Calcula-se a média aritmética, D , dos valores individuais (média da amostra);
- Determina-se o valor do desvio padrão da amostra, σ
- Estabelece-se o intervalo de aceitação para os valores individuais, definindo-o através dos limites $D \pm z \sigma$, onde z será estimado em função do número de valores individuais computados- n . O valor de z é estimado em função do n , mediante o critério constante da TABELA 6 apresentada a seguir:

N	z
3	1
4	1,5
5-6	2
7-19	2,5
≥ 20	3

TABELA 6 – Valor de z em função do n

Fonte: PRO 011-79 (DNER, 1979)

- Segue-se a eliminação de todos os valores individuais da distribuição situados fora do intervalo anteriormente definido, procede-se a novo cálculo de D e σ com os valores remanescentes, bem como a fixação dos novos limites do intervalo de aceitação, $D \pm z \sigma$, para a nova situação. Esse procedimento deve ser repetido tantas vezes sucessivas quantas forem necessárias para o enquadramento de todos os valores individuais remanescentes no intervalo $D \pm z \sigma$ determinado.

5.5. Ensaio de FWD

Os ensaios de FWD foram realizados a cada 42 metros ou, equivalentemente, a cada 7 placas.

Nas faixas do bordo esquerdo e do bordo central, aplicou-se um carregamento de 40kN nos pontos A e B. No bordo direito, aplicou-se o carregamento de 40kN nos pontos A, C, D e E e no ponto D aplicaram-se carregamentos de 40, 80 e 120kN.

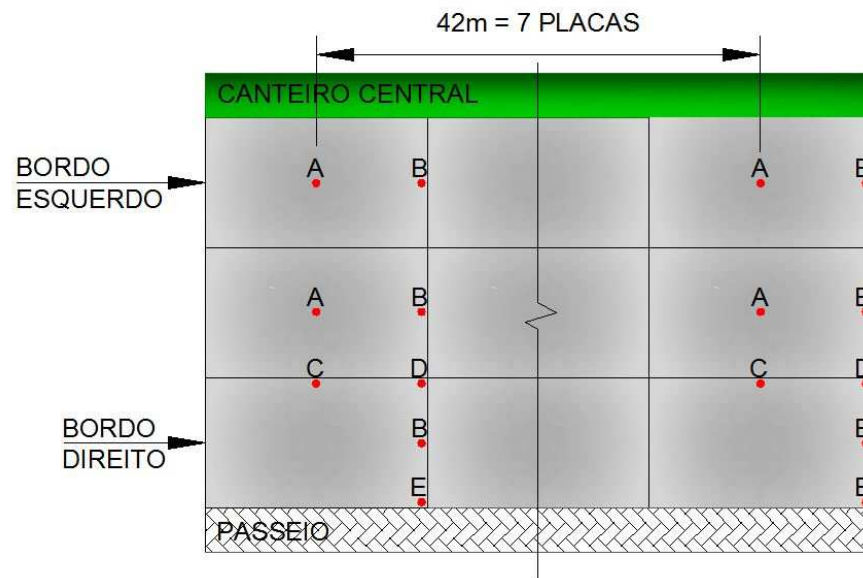


FIGURA 12 – Pontos de aplicação da carga do ensaio de FWD

5.4. Estimativa da vida útil remanescente do pavimento rígido

- **Número ‘N’**

De acordo com planilha presente no Anexo A,

$$N_{20} = 2,50 \cdot 10^7$$

- **Desvio-padrão normalizado (Z_R)**

Para o projeto em questão adotou-se uma confiabilidade (R) de 75%, comum entre projetistas da região. Sendo assim, de acordo com a Tabela 1, $Z_R = -0,674$.

- **Desvio-padrão (S_0)**

Para o projeto em questão adotou-se $S_0 = 0,30$ que, de acordo com (HALL & BANIHATTI, 1998), é o valor que mais se aproxima daqueles obtidos pela AASHTO, entre as décadas de 50 e 60, quando da realização dos ensaios sua pista experimental.

- **Espessura do pavimento existente (D)**

Através de sondagens de reconhecimento pelo método rotativo ao longo do trecho em análise, constatou-se uma espessura média de 20 cm para o pavimento de CCP.

- **Perda de serventia do projeto (ΔPSI)**

De acordo com a AASHTO (1993), valores típicos para os índices de serventia inicial (P_i) e final (P_f) são, respectivamente, 4,5 e 2,5. De modo que, $\Delta PSI = 2,0$.

- **Coeficiente de drenagem (C_d)**

De acordo com a Tabela 3, classificou-se a qualidade da drenagem do projeto em questão com sendo ‘boa’, pois ao longo de todo o trecho em estudo, pode-se notar a presença de uma camada de 5,0cm de colchão de areia que é, por natureza, um excelente dispositivo de drenagem.

De acordo com a Tabela 4, adotando-se a qualidade de drenagem como ‘boa’ e o percentual de tempo em que a estrutura do pavimento se encontra em níveis próximos à saturação entre 5-25%, adotou-se o coeficiente de drenagem (C_d) como igual a 1,0.

- **Coeficiente de transferência de carga (J)**

De acordo com planilha presente no Anexo B e com a TABELA 5,

$$J = 3,2$$

- **Coeficiente de reação do subleito (k)**

De acordo com planilha presente no Anexo B,

$$k = 52,54 \text{ pci}$$

- **Determinação do módulo de elasticidade (E_c) e do módulo de ruptura (S_c) da placa de CCP**

De acordo com planilha presente no Anexo B:

$$E_c = 4.659.227,760 \text{ psi}$$

Ainda de acordo com planilha presente no Anexo B:

$$S_c = 691,176 \text{ psi}$$

- **Número de passagens do eixo padrão – W_{18}**

De acordo com planilha presente no Anexo C:

$$W_{18} = 3,37 \cdot 10^6$$

- **Determinação da vida útil remanescente**

De acordo com planilha presente no Anexo C:

$$\text{Vida Útil Remanescente} = 3,2 \text{ anos}$$

6. Conclusões

De acordo com as Leis do CTB e as disposições do CONTRAN, o BRT, quando trafegando com capacidade máxima, não atende às limitações de carga por eixo. No modelo Padron, verifica-se um excesso de carga de 25% no eixo dianteiro e de 70% no eixo traseiro. No modelo Articulado, por sua vez, observa-se um excesso de 25% eixo no dianteiro, 20% eixo no intermediário e 30% no eixo traseiro. Logo, mesmo com a tolerância de 7,5% permitida pelo CONTRAN, nenhum dos eixos atende às disposições legais.

Uma das soluções para o problema do excesso de carga por eixo, consiste na adoção de diferentes disposições de eixos para os veículos. No caso do modelo Padron, poderiam ser usados dois eixos direcionais de rodas simples na dianteira e um eixo tandem duplo na traseira. Para o modelo Articulado, por sua vez, dois eixos direcionais simples na dianteira e nos eixos restantes poderiam ser usados a combinação de um ESRD com um ESRS com a distância entre eles menor que 1,2 m.

A concepção do sistema de BRT (*Bus Rapis Transit*) na Av. Caxangá não levou em consideração a estrutura viária existente, prevendo reforço do pavimento apenas nas estações de passageiros onde, de fato, atuam os maiores esforços de frenagem e aceleração. Conforme discutido anteriormente, no entanto, os veículos utilizados aplicam elevadas cargas no pavimento em cada um de seus eixos, sendo, portanto, recomendável a coleta de dados reais do pavimento de modo a possibilitar uma estimativa de sua vida útil remanescente e nortear o dimensionamento dos reforços.

Através de ensaios de FWD realizados ao longo do trecho em pavimento rígido da Av. Caxangá, os parâmetros mecânicos do mesmo foram obtidos a partir de retroanálise de bacias de deflexão. Tais parâmetros, foram determinados de acordo com recomendações da AASHTO em seu Guia de Dimensionamento de Pavimentos (AASHTO, 1993). A determinação da vida útil estimada do pavimento rígido existente, foi obtida através da utilização de uma metodologia simplificada, também recomendada pela AASHTO, amplamente utilizada por projetistas de pavimentos em todo o mundo.

Após analisar os ensaios de FWD e aplicar os modelos citados, obteve-se que a vida útil remanescente do pavimento rígido do trecho em análise é de 3,2 anos. É recomendável, portanto, que o poder público já comece a se planejar quanto à realização da recuperação e reforço do pavimento, para que se possa garantir a operação do BRT sem maiores interrupções pelos próximos anos.

7. Referências bibliográficas

AASHTO. **Guide for Design of Pavement Structures**. Washington, 1993.

ALBANO, J. F. **Efeitos dos Excessos de Carga Sobre a Durabilidade de Pavimentos**. Tese (Doutorado) – Curso de Engenharia Civil, UFRS, Porto Alegre, 2005.

ALBUQUERQUE, F. S., CAVALCANTE, F. P., NÚÑEZ, MACEDO, J. A. G. **Avaliação do EVERCALC5 na Retroanálise de Pavimentos Brasileiros**. In: *37ª Reunião Anual de Pavimentação*. Goiânia, GO, Brasil, 2006.

SEVERI et al. **Conceitos Mecanicistas Básicos Sobre Pavimentos Asfálticos**. Laboratório de Mecânica de Pavimentos – USP, São Paulo, 1998.

COLIM, G. M. **Estudo dos Fatores que Afetam a Transferência de Carga em Juntas de Pavimentos de Concreto Simples**. 155f. Dissertação (Mestrado) – Curso de Engenharia Civil, USP, São Paulo, 2009.

DARTER, M. I., HALL, K. T., KUO, C. M. **Support Under Portland Cement Concrete Pavements**. Report 372 National Cooperative Highway Research Program, Transportation Research Board, 1995.

DNIT – PRO 061/04. **Pavimento Rígido – Defeitos – Terminologia**. Rio de Janeiro, 2004c.

DNIT – PRO 062/04. **Pavimento Rígido – Avaliação Objetiva – Procedimento**. Rio de Janeiro, 2004a.

DNIT – PRO 063/04. **Pavimento Rígido – Avaliação Subjetiva – Procedimento**. Rio de Janeiro, 2004b.

DNIT – PRO 269/94. **Projeto de Restauração de Pavimentos Flexíveis – TECNAPAV–Procedimento**, 1994.

DNIT – IPR 723. **Manual de Estudos de Tráfego**. Rio de Janeiro, 2006.

DNIT – IPR 745. **Guia de Gerência de Pavimentos**. Rio de Janeiro, 2011.

FOXWORTHY, P. T. **Concepts for the Development of a Non-Destructive Testing and Evaluation System for Rigid Airfield Pavements**. Ph.D. Thesis, University of Illinois at Urbana-Champaign, Urbana Champaign, 1985.

HALL, K. D., BANIHATTI, N. (1998). **Structural Design of Portland Cement Concrete Overlays for Pavements**.

MEDINA, J. **Mecânica dos Pavimentos**. Rio de Janeiro: Editora UFRJ, 1997.

NÓBREGA, E. S. **Comparação Entre Métodos de Retroanálise em Pavimentos Asfálticos**. 355f. Tese (Doutorado) – Curso de Engenharia Civil, UFRJ, Rio de Janeiro, 2003.

PREUSSLER, E.S., VALE, A.F., CARVALHO, R.L.E. et. al.. **Caracterização da Condição Elástica do Subleito**. In: 32a Reunião Anual de Pavimentação. V. 1 pp. 331-336, Brasília, DF, Brasil, 2000.

Transportation Research Board. **Revision of AASHTO Pavement Overlay Design Procedures. Appendix: Documentation of Design Procedures**. Washington, 1991.
U.S. Department of Transportation. **Geotechnical Aspects of Pavements**. Washington, 2006a.

U.S. Department of Transportation. **Long-Term Pavement Performance Program Manual for FWD**. Washington, 2006b.

VILLELA, A.R.A., MARCON, A.F.(2001). **Avaliação Estrutural de Pavimentos Utilizando um Método Simplificado de Retroanálise – Retran-2CL**. In: 33a Reunião Anual de Pavimentação. pp. 622-633, Florianópolis, SC, Brasil.

8. ANEXOS

8.1. ANEXO A – NÚMERO ‘N’

BRT entre o TI Caxangá (IIIª Perimetral)/Derby									
Intervalo Pico (1)			Número de horas De funcionamento (2)			Viagem/Dia (3)			
Dia Útil (1.1)	Sab (1.2)	Dom (1.3)	Dia Útil (2.1)	Sab (2.2)	Dom (2.3)	Dia Útil= (2.1)/(1.1)	Sab= (2.2)/(1.2)	Dom= (2.3)/(1.3)	
T.I. Camaragibe/T.I. Joana Bezerra	00:04:53	00:05:45	13:00:00	11:42:00	16:21:00	160	123	113	
T.I. Camaragibe (Centro)	00:08:15	00:10:00	16:30:00	17:31:00	18:58:00	120	106	92	
T.I. Caxangá (Cde. Boa Vista)	00:06:00	00:07:30	15:43:00	14:46:00	15:11:00	158	119	92	
T.I. Caxangá (IVª Per.) (Centro)	00:04:17	00:07:30	00:11:15	13:04:00	16:08:00	184	113	87	
T.I. Caxangá (IVª Per./T.I. Joana Bezerra)	00:04:17	00:07:30	00:11:15	14:01:00	16:08:00	187	113	87	
T.I. Caxangá (IIIª Per.) (Centro)	00:10:00	00:12:30	17:11:00	15:38:00	17:31:00	104	76	71	
T.I. Caxangá (IIIª Per.)/Derby	00:10:00	00:15:00	16:00:00	18:01:00	17:31:00	96	73	71	
viagem dia:						1009	723	613	
Sub total:						5045	723	613	
Total de Viagens na Semana:						6381			

CÁLCULO DO NÚMERO N

Ônibus Articulado	Eixo:	% da Frota =		Carga de Projeto	Total/dia=VDM x% Frota	FEC				
		Carga Max.	Lotação					USACE	Maior	(Maior) x (%)
						%	AASHTO			
	Dianteiro	7,50t	70%	5,25t	456	ESRS	33,33%	0,18	0,18	0,06
	Intermediário	12,00t	70%	8,40t	456	ESRD	33,33%	1,13	1,13	0,38
	Traseiro	13,00t	70%	9,10t	456	ESRD	33,33%	1,59	1,82	0,61
	PBT	32,50t							Σ=	1,05
Ônibus Padron	Eixo:	% da Frota =		Carga de Projeto	Total/dia=VDM x% Frota	FEC				
		Carga Max.	Lotação					USACE	Maior	(Maior) x (%)
						%	AASHTO			
	Dianteiro	7,50t	70%	5,25t	456	ESRS	50,00%	0,18	0,18	0,09
	Intermediário	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Traseiro	17,00t	70%	11,90t	456	ESRD	50,00%	5,08	9,76	4,88
	PBT	24,50t							Σ=	4,97

VMD _{ônibus} (um sentido)	456	Veículo/dia
Fator de Carga:	3,01	Eixo Padrao/ dia
Fator de Eixo:	2,50	Fator de eixo
Fator de Climático:	1,00	Fator climático
Vida Útil do Projeto:	20	anos
N =	2,50E+07	

Altura média anual de chuva	Fator climático	IPR/DNER
(mm)	(FR)	-
A t é 800	0,7	1
De 800 a 1.500	1,4	
Mas d e 1.500	1,8	

8.2. ANEXO B – FWD

PAVIMENTO RÍGIDO - Bordo Esquerdo_Centro - EST. 4288 - EST. 4003																			
					Carga(lbf)	DEFLEXÃO (in)							Temperatura		Coordenadas		Data	Hora	
						FWD D0	FWD D1	FWD D2	FWD D3	FWD D4	FWD D5	FWD D6	Pav.	Ar	Latitude	Longitude			
Estaca			Placa	Posição do ensaio		(0 cm)	(30 cm)	(45 cm)	(65 cm)	(90 cm)	(120 cm)	(150 cm)							
4003	+	5	12	Approach Edge	8922,67	0,006260	0,005783	0,005598	0,005094	0,004280	0,003067	0,001917	31°C	32°C	-8,0566533	-34,9099383	25/08/2013	20:55:01	
4003	+	8	12	Center	9041,82	0,007429	0,007020	0,006398	0,005524	0,004445	0,002937	0,002366	30°C	32°C	-8,05665	-34,9099616	25/08/2013	20:54:34	
4009	+	11	33	Approach Edge	9030,57	0,003469	0,003496	0,003346	0,003114	0,002618	0,001972	0,001673	37°C	32°C	-8,0560783	-34,910965	25/08/2013	20:53:49	
4009	+	14	33	Center	9237,40	0,003701	0,003598	0,003402	0,003488	0,003043	0,002264	0,001980	38°C	32°C	-8,0560717	-34,9109933	25/08/2013	20:53:22	
4011	+	13	40	Approach Edge	9017,09	0,003827	0,003500	0,003146	0,002921	0,002524	0,002122	0,001677	30°C	32°C	-8,0559117	-34,9113066	25/08/2013	20:52:42	
4011	+	16	40	Center	9133,99	0,002866	0,002535	0,002429	0,002287	0,002079	0,001634	0,001496	29°C	32°C	-8,0558933	-34,911335	25/08/2013	20:52:16	
4017	+	19	61	Approach Edge	9030,57	0,009646	0,008705	0,008157	0,007394	0,006417	0,004803	0,004051	39°C	32°C	-8,05535	-34,9122983	25/08/2013	20:51:42	
4018	+	2	61	Center	9050,81	0,011465	0,011689	0,011618	0,011067	0,010539	0,008650	0,008240	39°C	32°C	-8,0553367	-34,9123184	25/08/2013	20:51:11	
4020	+	1	68	Approach Edge	9120,50	0,011122	0,010020	0,009264	0,008240	0,006783	0,004689	0,003654	31°C	32°C	-8,0551683	-34,9126284	25/08/2013	20:50:34	
4020	+	3	68	Center	9145,23	0,008130	0,007717	0,007087	0,006280	0,005213	0,003488	0,002815	32°C	32°C	-8,0551583	-34,91265	25/08/2013	20:50:04	
4022	+	3	75	Approach Edge	8936,16	0,008661	0,007744	0,007220	0,006559	0,005713	0,002969	0,003343	34°C	32°C	-8,0549833	-34,9129634	25/08/2013	20:48:12	
4022	+	6	75	Center	9169,96	0,009925	0,009882	0,009685	0,009358	0,008673	0,007106	0,006571	31°C	32°C	-8,0549683	-34,9129883	25/08/2013	20:47:41	
4024	+	5	82	Approach Edge	9026,08	0,007268	0,006575	0,006406	0,005736	0,005087	0,003941	0,003378	38°C	32°C	-8,0547983	-34,9132966	25/08/2013	20:46:52	
4024	+	8	82	Center	8839,49	0,013020	0,012972	0,012591	0,011984	0,010992	0,008827	0,008118	37°C	32°C	-8,054785	-34,9133217	25/08/2013	20:46:24	
4026	+	7	89	Approach Edge	9032,82	0,007350	0,006386	0,005882	0,005315	0,004437	0,003063	0,002654	38°C	32°C	-8,0546283	-34,91361	25/08/2013	20:45:46	
4026	+	10	89	Center	8990,11	0,006594	0,006291	0,006059	0,005740	0,005224	0,003902	0,003406	39°C	32°C	-8,0546167	-34,913635	25/08/2013	20:45:20	
4028	+	9	96	Approach Edge	9185,69	0,004217	0,003709	0,003402	0,003165	0,002665	0,001996	0,001693	37°C	32°C	-8,0544417	-34,9139434	25/08/2013	20:44:34	
4028	+	12	96	Center	9118,25	0,003374	0,003307	0,003236	0,003134	0,002846	0,002319	0,002118	37°C	31°C	-8,0544267	-34,91397	25/08/2013	20:44:07	
4030	+	11	103	Approach Edge	8942,90	0,003547	0,003303	0,003165	0,003035	0,002681	0,002047	0,001874	36°C	31°C	-8,054255	-34,9142717	25/08/2013	20:43:28	
4030	+	14	103	Center	9050,81	0,003122	0,003031	0,002949	0,002909	0,002571	0,002047	0,001878	37°C	31°C	-8,054235	-34,9143	25/08/2013	20:42:25	
4032	+	13	110	Approach Edge	9089,03	0,007783	0,007122	0,006634	0,005764	0,004756	0,003366	0,002850	39°C	31°C	-8,0540783	-34,91461	25/08/2013	20:41:41	
4032	+	16	110	Center	8967,63	0,008201	0,008197	0,008028	0,007610	0,006917	0,005441	0,004854	38°C	31°C	-8,0540617	-34,9146333	25/08/2013	20:41:16	
4034	+	15	117	Approach Edge	9071,04	0,009268	0,007941	0,007378	0,006559	0,005559	0,004031	0,003307	30°C	31°C	-8,05389	-34,9149483	25/08/2013	20:40:29	
4034	+	18	117	Center	9089,03	0,008106	0,007846	0,007591	0,007181	0,006543	0,005146	0,004630	30°C	31°C	-8,0538767	-34,9149717	25/08/2013	20:40:01	
4036	+	17	124	Approach Edge	9010,34	0,007528	0,006902	0,006315	0,005492	0,004555	0,003087	0,002646	31°C	31°C	-8,053705	-34,915275	25/08/2013	20:39:03	
4036	+	20	124	Center	8938,40	0,012283	0,012091	0,011854	0,011354	0,010610	0,008831	0,008268	35°C	31°C	-8,0536883	-34,9153034	25/08/2013	20:38:35	
4038	+	19	131	Approach Edge	9109,26	0,005437	0,005303	0,004945	0,004343	0,003732	0,002598	0,002433	33°C	31°C	-8,0535233	-34,9156133	25/08/2013	20:37:20	
4039	+	2	131	Center	9055,30	0,003398	0,003236	0,003126	0,002988	0,002764	0,002220	0,002051	30°C	31°C	-8,05351	-34,91564	25/08/2013	20:36:51	
4041	+	2	138	Approach Edge	9057,55	0,004067	0,003661	0,003449	0,003287	0,002929	0,002209	0,001953	29°C	31°C	-8,0533483	-34,9159466	25/08/2013	20:36:11	
4041	+	4	138	Center	9039,57	0,003358	0,003291	0,003138	0,003063	0,002835	0,002264	0,002106	29°C	31°C	-8,0533367	-34,9159683	25/08/2013	20:35:45	
4043	+	2	145	Approach Edge	8958,64	0,004024	0,003776	0,003720	0,003406	0,003146	0,002406	0,002339	32°C	31°C	-8,05317	-34,9162617	25/08/2013	20:34:58	
4043	+	6	145	Center	8954,14	0,004004	0,003858	0,003760	0,003571	0,003276	0,002563	0,002291	32°C	31°C	-8,05315	-34,9162966	25/08/2013	20:34:32	
4045	+	4	152	Approach Edge	9120,50	0,003850	0,003472	0,003248	0,002953	0,002618	0,001976	0,001862	36°C	31°C	-8,0529783	-34,9165967	25/08/2013	20:33:56	

PAVIMENTO RÍGIDO - Bordo Esquerdo_Centro - EST. 4288 - EST. 4003																		
					Carga(lbf)	DEFLEXÃO (in)							Temperatura		Coordenadas		Data	Hora
						FWD D0	FWD D1	FWD D2	FWD D3	FWD D4	FWD D5	FWD D6	Pav.	Ar	Latitude	Longitude		
Estaca	Placa	Posição do ensaio	(0 cm)	(30 cm)		(45 cm)	(65 cm)	(90 cm)	(120 cm)	(150 cm)								
4045	+	8	152	Center	8999,10	0,004315	0,004157	0,003811	0,003787	0,003496	0,002689	0,002531	34°C	31°C	-8,0529633	-34,916625	25/08/2013	20:33:32
4047	+	7	159	Approach Edge	8999,10	0,003524	0,003307	0,003157	0,002850	0,002547	0,001957	0,001913	36°C	31°C	-8,0527933	-34,91693	25/08/2013	20:32:57
4047	+	10	159	Center	9223,91	0,003465	0,003358	0,003244	0,003043	0,002819	0,002232	0,002047	36°C	31°C	-8,0527817	-34,9169517	25/08/2013	20:32:32
4049	+	9	166	Approach Edge	9057,55	0,003713	0,003382	0,003138	0,002854	0,002634	0,001961	0,001827	36°C	31°C	-8,0526117	-34,9172617	25/08/2013	20:31:48
4049	+	12	166	Center	8958,64	0,003406	0,003307	0,003138	0,003051	0,002831	0,002299	0,002220	36°C	32°C	-8,0525983	-34,9172867	25/08/2013	20:31:22
4051	+	11	173	Approach Edge	8978,87	0,007941	0,006894	0,006484	0,005783	0,004874	0,003594	0,003461	37°C	32°C	-8,0524283	-34,9175866	25/08/2013	20:30:28
4051	+	14	173	Center	9001,35	0,010299	0,010539	0,010508	0,010354	0,010094	0,008508	0,007555	34°C	32°C	-8,052415	-34,9176167	25/08/2013	20:30:02
4053	+	13	180	Approach Edge	9118,25	0,008028	0,006886	0,006287	0,005528	0,004614	0,003280	0,002736	32°C	32°C	-8,0522417	-34,9179216	25/08/2013	20:29:25
4053	+	16	180	Center	9005,85	0,013740	0,013240	0,012878	0,012197	0,011421	0,009031	0,008114	34°C	32°C	-8,0522283	-34,9179433	25/08/2013	20:29:00
4055	+	15	187	Approach Edge	8990,11	0,008594	0,008614	0,007878	0,007209	0,006209	0,004531	0,004012	33°C	32°C	-8,0520633	-34,9182567	25/08/2013	20:28:22
4055	+	18	187	Center	8999,10	0,010016	0,009783	0,009496	0,009043	0,008315	0,006717	0,006098	35°C	32°C	-8,0520467	-34,91828	25/08/2013	20:27:58
4057	+	17	197	Approach Edge	9196,93	0,009004	0,008083	0,007598	0,006870	0,005933	0,004252	0,003669	38°C	32°C	-8,0518217	-34,9185767	25/08/2013	20:27:15
4058	+	0	197	Center	9109,26	0,011913	0,011764	0,011465	0,010906	0,010035	0,008020	0,007189	32°C	32°C	-8,0518617	-34,918615	25/08/2013	20:26:50
4059	+	18	204	Approach Edge	9309,34	0,006945	0,006567	0,006303	0,005898	0,005280	0,004047	0,003571	37°C	32°C	-8,0516933	-34,9189166	25/08/2013	20:25:50
4060	+	1	204	Center	9041,82	0,006228	0,006004	0,005878	0,005492	0,004961	0,003878	0,003484	37°C	32°C	-8,051685	-34,9189466	25/08/2013	20:24:48
4061	+	20	211	Approach Edge	9071,04	0,011992	0,010878	0,010228	0,009429	0,008098	0,006126	0,005067	37°C	32°C	-8,0515167	-34,919255	25/08/2013	20:24:06
4062	+	4	211	Center	9160,96	0,014461	0,014323	0,014047	0,013614	0,012862	0,010693	0,010256	38°C	32°C	-8,0514983	-34,9192767	25/08/2013	20:23:39
4064	+	2	218	Approach Edge	8736,08	0,009311	0,008543	0,007819	0,007248	0,006413	0,004598	0,003839	33°C	32°C	-8,051325	-34,9195766	25/08/2013	20:22:54
4064	+	6	218	Center	9124,99	0,008268	0,007776	0,007406	0,006921	0,005969	0,004390	0,003681	36°C	32°C	-8,05131	-34,9196017	25/08/2013	20:22:30
4066	+	5	225	Approach Edge	9041,82	0,007717	0,006917	0,006579	0,005941	0,005209	0,003921	0,003370	37°C	32°C	-8,051145	-34,9199217	25/08/2013	20:21:35
4066	+	8	225	Center	9014,84	0,010512	0,010429	0,010217	0,009807	0,009213	0,008283	0,007110	38°C	32°C	-8,05113	-34,91995	25/08/2013	20:21:10
4068	+	6	232	Approach Edge	8963,13	0,009736	0,007350	0,006819	0,006043	0,005150	0,003669	0,003004	39°C	32°C	-8,0509683	-34,920255	25/08/2013	20:19:56
4068	+	10	232	Center	9005,85	0,009630	0,009287	0,009024	0,008634	0,007894	0,006354	0,005839	38°C	32°C	-8,0509417	-34,9202717	25/08/2013	20:19:21
4070	+	9	239	Approach Edge	9192,44	0,009870	0,008941	0,008496	0,007705	0,006685	0,004945	0,004201	38°C	32°C	-8,0507733	-34,9205833	25/08/2013	20:16:29
4070	+	12	239	Center	8978,87	0,009201	0,009185	0,008827	0,008366	0,007618	0,005827	0,005252	38°C	32°C	-8,05076	-34,9206083	25/08/2013	20:16:03
4072	+	11	246	Approach Edge	9205,93	0,006157	0,005878	0,005689	0,005295	0,004756	0,003681	0,003098	37°C	32°C	-8,0505917	-34,92092	25/08/2013	20:15:27
4072	+	14	246	Center	9133,99	0,006894	0,006622	0,006421	0,006079	0,005417	0,004114	0,003484	38°C	32°C	-8,05058	-34,9209433	25/08/2013	20:14:55
4083	+	1	281	Approach Edge	9089,03	0,009685	0,009185	0,008949	0,008370	0,007571	0,006012	0,005457	36°C	32°C	-8,049665	-34,9225783	25/08/2013	20:14:22
4083	+	4	281	Center	9412,75	0,008748	0,008697	0,008504	0,008150	0,007524	0,006169	0,005646	33°C	32°C	-8,049655	-34,9226083	25/08/2013	20:13:55
4087	+	4	295	Approach Edge	7879,55	0,009217	0,008429	0,008063	0,006661	0,005201	0,003689	0,002669	32°C	32°C	-8,0493	-34,923245	25/08/2013	20:13:15
4087	+	8	295	Center	9248,64	0,012693	0,007256	0,006543	0,005961	0,005083	0,003500	0,003087	36°C	32°C	-8,0492783	-34,9232733	25/08/2013	20:12:43
4089	+	7	302	Approach Edge	8913,67	0,010677	0,009866	0,009118	0,008248	0,006866	0,004693	0,003937	30°C	32°C	-8,049115	-34,9235833	25/08/2013	20:12:05
4089	+	10	302	Center	8891,19	0,012299	0,012350	0,012094	0,011579	0,010709	0,008724	0,007996	31°C	32°C	-8,0490983	-34,9236083	25/08/2013	20:11:41
4091	+	9	309	Approach Edge	9165,46	0,009657	0,008567	0,008024	0,007319	0,006417	0,004890	0,004177	32°C	32°C	-8,0489383	-34,9239066	25/08/2013	20:11:03
4091	+	12	309	Center	9129,49	0,007650	0,007579	0,007386	0,007110	0,006618	0,005472	0,005228	32°C	32°C	-8,048925	-34,923935	25/08/2013	20:10:36
4093	+	11	316	Approach Edge	9023,83	0,002949	0,002626	0,002630	0,002579	0,002268	0,001677	0,001508	36°C	32°C	-8,04876	-34,9242284	25/08/2013	20:09:23

PAVIMENTO RÍGIDO - Bordo Esquerdo_Centro - EST. 4288 - EST. 4003																				
Estaca					Placa	Posição do ensaio	Carga(lbf)	DEFLEXÃO (in)					Temperatura		Coordenadas		Data	Hora		
								FWD D0	FWD D1	FWD D2	FWD D3	FWD D4	FWD D5	FWD D6	Pav.	Ar			Latitude	Longitude
								(0 cm)	(30 cm)	(45 cm)	(65 cm)	(90 cm)	(120 cm)	(150 cm)						
4093	+	14	316	Center	8936,16	0,001705	0,001811	0,001618	0,001709	0,001469	0,001264	0,001209	37°C	32°C	-8,0487467	-34,924255	25/08/2013	20:08:58		
4095	+	15	323	Approach Edge	9032,82	0,004220	0,003799	0,003571	0,003469	0,003098	0,002398	0,002173	36°C	31°C	-8,04858	-34,9245633	25/08/2013	20:08:20		
4095	+	19	323	Center	9057,55	0,004945	0,004583	0,004398	0,004177	0,003902	0,003020	0,002720	36°C	31°C	-8,0485633	-34,9245916	25/08/2013	20:07:56		
4101	+	19	344	Approach Edge	8978,87	0,009815	0,009244	0,008713	0,007969	0,007059	0,005449	0,004902	31°C	31°C	-8,0480383	-34,92554	25/08/2013	20:07:06		
4102	+	2	344	Center	9145,23	0,008232	0,008000	0,007768	0,007154	0,006417	0,004976	0,004122	30°C	31°C	-8,048025	-34,9255683	25/08/2013	20:06:41		
4104	+	1	351	Approach Edge	8999,10	0,008358	0,008535	0,008626	0,007972	0,006961	0,005291	0,004465	36°C	31°C	-8,04785	-34,9258733	25/08/2013	20:05:52		
4104	+	17	358	Approach Edge	9158,72	0,009228	0,007740	0,007224	0,006618	0,005657	0,004161	0,003575	35°C	31°C	-8,0476667	-34,926205	25/08/2013	20:05:25		
4104	+	20	358	Center	9041,82	0,008339	0,008213	0,008055	0,007807	0,007335	0,006059	0,005744	34°C	31°C	-8,04765	-34,92623	25/08/2013	20:04:48		
4106	+	18	365	Approach Edge	9190,19	0,011398	0,010610	0,009988	0,009335	0,008118	0,006260	0,005362	32°C	31°C	-8,0474783	-34,9265367	25/08/2013	20:04:20		
4107	+	2	365	Center	9017,09	0,007945	0,007984	0,007665	0,007201	0,006539	0,005138	0,004634	37°C	31°C	-8,0474617	-34,9265633	25/08/2013	20:03:44		
4109	+	1	372	Approach Edge	9071,04	0,008268	0,007634	0,007075	0,006421	0,005480	0,003969	0,003346	37°C	31°C	-8,0473017	-34,9268733	25/08/2013	20:03:15		
4109	+	4	372	Center	9001,35	0,006705	0,006602	0,006382	0,005961	0,005382	0,004138	0,003528	37°C	31°C	-8,04729	-34,9268983	25/08/2013	20:02:20		
4111	+	3	379	Approach Edge	8951,89	0,004476	0,004024	0,003819	0,003488	0,003067	0,002295	0,002028	36°C	31°C	-8,0471167	-34,927205	25/08/2013	20:01:53		
4111	+	6	379	Center	9104,76	0,003154	0,003000	0,002866	0,002736	0,002559	0,002067	0,001909	36°C	31°C	-8,047105	-34,92723	25/08/2013	20:01:11		
4113	+	5	386	Approach Edge	9086,78	0,003764	0,003362	0,003189	0,002929	0,002602	0,002071	0,001795	35°C	31°C	-8,0469317	-34,927535	25/08/2013	20:00:45		
4113	+	8	386	Center	9055,30	0,003173	0,003067	0,003000	0,002776	0,002567	0,002039	0,001858	36°C	31°C	-8,04692	-34,9275617	25/08/2013	19:59:58		
4117	+	9	400	Approach Edge	8978,87	0,011323	0,009075	0,008496	0,007579	0,006606	0,004740	0,003858	31°C	31°C	-8,0465667	-34,928205	25/08/2013	19:59:32		
4117	+	12	400	Center	9124,99	0,012591	0,012512	0,012240	0,012075	0,011205	0,009346	0,008929	30°C	31°C	-8,0465533	-34,9282333	25/08/2013	19:58:49		
4119	+	11	407	Approach Edge	9232,90	0,003673	0,003433	0,003130	0,002980	0,002657	0,002047	0,001736	29°C	31°C	-8,0463817	-34,9285417	25/08/2013	19:58:22		
4119	+	14	407	Center	9264,38	0,002799	0,003067	0,002661	0,002579	0,002370	0,001787	0,001630	29°C	31°C	-8,0463667	-34,9285667	25/08/2013	19:55:25		
4125	+	18	428	Approach Edge	8974,37	0,007205	0,006803	0,006287	0,005693	0,004858	0,003543	0,002913	31°C	31°C	-8,0458267	-34,9295417	25/08/2013	19:54:58		
4125	+	20	428	Center	8947,40	0,010295	0,010059	0,009720	0,009280	0,008508	0,006823	0,005913	35°C	31°C	-8,0458167	-34,92956	25/08/2013	19:54:12		
4127	+	18	435	Approach Edge	9066,54	0,009508	0,008835	0,008350	0,007543	0,006496	0,004925	0,004071	36°C	31°C	-8,0456433	-34,9298733	25/08/2013	19:53:48		
4128	+	2	435	Center	9120,50	0,008004	0,007728	0,007488	0,007150	0,006563	0,005346	0,004720	36°C	31°C	-8,04563	-34,9298983	25/08/2013	19:52:17		
4129	+	19	442	Approach Edge	9066,54	0,003457	0,003382	0,003244	0,003079	0,002740	0,002189	0,002020	35°C	31°C	-8,0454667	-34,9301933	25/08/2013	19:51:48		
4130	+	2	442	Center	9010,34	0,003650	0,003402	0,003248	0,003110	0,002780	0,002161	0,001898	35°C	31°C	-8,0454467	-34,9302217	25/08/2013	19:50:02		
4132	+	9	447	Approach Edge	9077,79	0,003909	0,003488	0,003283	0,003031	0,002713	0,002079	0,001839	34°C	31°C	-8,0452467	-34,93059	25/08/2013	19:49:35		
4132	+	12	447	Center	8951,89	0,003906	0,003693	0,003606	0,003484	0,003276	0,002634	0,002433	34°C	31°C	-8,04523	-34,930615	25/08/2013	19:48:48		
4138	+	1	461	Approach Edge	8967,63	0,008854	0,007945	0,007370	0,006575	0,005476	0,003957	0,003311	29°C	31°C	-8,0447517	-34,93147	25/08/2013	19:48:20		
4138	+	4	461	Center	9026,08	0,012024	0,011878	0,011705	0,011244	0,010587	0,008720	0,008461	29°C	31°C	-8,0447383	-34,9314967	25/08/2013	19:47:34		
4140	+	2	468	Approach Edge	9185,69	0,006862	0,006106	0,005815	0,005425	0,004811	0,003528	0,003150	35°C	30°C	-8,0445667	-34,9318017	25/08/2013	19:47:04		
4140	+	6	468	Center	8967,63	0,012228	0,011980	0,011720	0,011256	0,010547	0,008693	0,008228	35°C	30°C	-8,0445517	-34,93183	25/08/2013	19:46:17		
4142	+	4	475	Approach Edge	9039,57	0,009953	0,008909	0,008343	0,007677	0,006913	0,005280	0,004673	34°C	30°C	-8,0443833	-34,9321367	25/08/2013	19:45:48		
4142	+	8	475	Center	9165,46	0,012350	0,012469	0,012291	0,011972	0,011386	0,009606	0,009197	32°C	30°C	-8,0443667	-34,9321633	25/08/2013	19:42:47		
4144	+	7	482	Approach Edge	9221,66	0,011976	0,010669	0,009957	0,008941	0,007713	0,005902	0,005024	34°C	30°C	-8,0441983	-34,9324733	25/08/2013	19:42:20		
4144	+	10	482	Center	8897,94	0,015106	0,014717	0,014260	0,013740	0,012780	0,010264	0,009413	34°C	30°C	-8,0441833	-34,9325017	25/08/2013	19:40:40		

PAVIMENTO RÍGIDO - Bordo Esquerdo_Centro - EST. 4288 - EST. 4003																		
					Carga(lbf)	DEFLEXÃO (in)							Temperatura		Coordenadas		Data	Hora
						FWD D0	FWD D1	FWD D2	FWD D3	FWD D4	FWD D5	FWD D6	Pav.	Ar	Latitude	Longitude		
Estaca	Placa	Posição do ensaio	(0 cm)	(30 cm)		(45 cm)	(65 cm)	(90 cm)	(120 cm)	(150 cm)								
4146	+	9	489	Approach Edge	9129,49	0,012035	0,010890	0,010260	0,009106	0,007902	0,005669	0,004961	29°C	30°C	-8,0440133	-34,9328067	25/08/2013	19:40:14
4146	+	12	489	Center	9174,45	0,012504	0,011736	0,011260	0,010587	0,009311	0,007197	0,006031	29°C	30°C	-8,044	-34,9328316	25/08/2013	19:38:03
4148	+	11	496	Approach Edge	9086,78	0,009138	0,008390	0,007976	0,007465	0,006780	0,005280	0,005110	34°C	30°C	-8,0438317	-34,9331416	25/08/2013	19:37:39
4148	+	14	496	Center	9124,99	0,012417	0,012209	0,012031	0,011283	0,010402	0,008323	0,007508	31°C	30°C	-8,0438183	-34,9331667	25/08/2013	19:36:57
4159	+	1	531	Approach Edge	8605,69	0,129004	0,004189	0,007035	0,003626	0,000508	0,001102	0,000539	34°C	30°C	-8,0429	-34,9348317	25/08/2013	19:35:28
4159	+	1	531	Approach Edge	9626,32	0,008465	0,008524	0,008480	0,006579	0,005583	0,004197	0,003614	32,60	30,30	-8,04	-34,93	41511,82	41511,82
4159	+	4	531	Center	8990,11	0,008020	0,007189	0,006402	0,005894	0,004835	0,003488	0,002740	31°C	30°C	-8,0428833	-34,934855	25/08/2013	19:35:01
4161	+	3	538	Approach Edge	9098,02	0,009213	0,007488	0,006894	0,006138	0,005134	0,003634	0,002996	30°C	30°C	-8,0427133	-34,9351633	25/08/2013	19:34:16
4161	+	6	538	Center	8920,42	0,008646	0,008402	0,008134	0,007602	0,006902	0,005331	0,004606	31°C	30°C	-8,0426967	-34,9351866	25/08/2013	19:33:51
4163	+	6	545	Approach Edge	9005,85	0,011213	0,006091	0,005685	0,005201	0,004441	0,003319	0,002787	32°C	30°C	-8,04253	-34,9354966	25/08/2013	19:33:08
4163	+	8	545	Center	9001,35	0,012717	0,012685	0,012323	0,011843	0,010965	0,008929	0,007972	33°C	30°C	-8,042525	-34,9355117	25/08/2013	19:32:43
4196	+	17	650	Approach Edge	9046,31	0,006780	0,006508	0,005850	0,005236	0,004287	0,002984	0,002319	32°C	30°C	-8,0397167	-34,9405783	25/08/2013	19:32:02
4197	+	0	650	Center	9154,22	0,009094	0,009571	0,009677	0,009559	0,009350	0,007870	0,007594	29°C	30°C	-8,0397083	-34,9406017	25/08/2013	19:31:36
4198	+	19	657	Approach Edge	9086,78	0,005854	0,005197	0,004811	0,004323	0,003669	0,002650	0,002173	29°C	29°C	-8,0395117	-34,9409583	25/08/2013	19:30:42
4199	+	2	657	Center	8974,37	0,006555	0,006276	0,006008	0,005535	0,004882	0,003591	0,003091	29°C	29°C	-8,0394967	-34,9409867	25/08/2013	19:30:14
4214	+	9	706	Approach Edge	9082,28	0,005346	0,004339	0,004063	0,003717	0,003209	0,002366	0,002031	32°C	29°C	-8,0381533	-34,943415	25/08/2013	19:29:21
4214	+	12	706	Center	9073,29	0,003669	0,003524	0,003331	0,003165	0,002772	0,002370	0,002087	32°C	29°C	-8,0381383	-34,9434434	25/08/2013	19:28:54
4216	+	11	713	Approach Edge	9039,57	0,011362	0,008339	0,007614	0,006657	0,005406	0,003642	0,002709	32°C	29°C	-8,0379683	-34,9437467	25/08/2013	19:28:13
4216	+	14	713	Center	9129,49	0,006059	0,005909	0,005413	0,004843	0,004185	0,003031	0,002528	32°C	29°C	-8,0379533	-34,9437717	25/08/2013	19:27:46
4218	+	13	720	Approach Edge	9089,03	0,008063	0,007185	0,006634	0,005890	0,004894	0,003453	0,002807	28°C	29°C	-8,0377833	-34,9440817	25/08/2013	19:27:05
4218	+	16	720	Center	9050,81	0,012787	0,012343	0,011839	0,010972	0,009878	0,007657	0,006598	28°C	29°C	-8,03777	-34,9441033	25/08/2013	19:26:39
4220	+	14	727	Approach Edge	8999,10	0,008043	0,007134	0,006650	0,006028	0,005161	0,003724	0,003094	31°C	29°C	-8,0375983	-34,9444167	25/08/2013	19:25:46
4220	+	18	727	Center	9039,57	0,008374	0,008059	0,007795	0,007362	0,006748	0,005370	0,004744	31°C	29°C	-8,0375833	-34,9444433	25/08/2013	19:25:15
4222	+	17	734	Approach Edge	8974,37	0,009677	0,008378	0,007736	0,006996	0,005953	0,004480	0,003587	32°C	29°C	-8,0374167	-34,94475	25/08/2013	19:24:40
4222	+	20	734	Center	9026,08	0,008827	0,008665	0,008469	0,008024	0,007331	0,005827	0,005323	31°C	29°C	-8,0374017	-34,944775	25/08/2013	19:24:13
4229	+	2	755	Approach Edge	9073,29	0,003736	0,003516	0,003280	0,002984	0,002642	0,002000	0,001736	32°C	29°C	-8,0368717	-34,945735	25/08/2013	19:23:37
4229	+	6	755	Center	9057,55	0,002854	0,002610	0,002480	0,002339	0,002197	0,001807	0,001551	29°C	29°C	-8,0368533	-34,945755	25/08/2013	19:23:13
4233	+	5	769	Approach Edge	9026,08	0,004437	0,003823	0,003543	0,003354	0,002874	0,002169	0,001945	28°C	29°C	-8,036505	-34,946405	25/08/2013	19:22:29
4233	+	9	769	Center	9154,22	0,003394	0,003209	0,003165	0,003004	0,002752	0,002291	0,002043	30°C	29°C	-8,0364917	-34,946415	25/08/2013	19:22:02
4235	+	9	776	Approach Edge	9077,79	0,009949	0,008500	0,008059	0,007224	0,006165	0,004571	0,003921	30°C	29°C	-8,0363167	-34,9467417	25/08/2013	19:21:29
4235	+	12	776	Center	9066,54	0,009618	0,009535	0,009311	0,008902	0,008283	0,006772	0,006201	29°C	29°C	-8,0363033	-34,9467667	25/08/2013	19:21:04
4237	+	11	783	Approach Edge	9093,52	0,009972	0,008866	0,008252	0,007346	0,006161	0,004492	0,003705	29°C	29°C	-8,0361317	-34,9470767	25/08/2013	19:20:25
4237	+	14	783	Center	9026,08	0,012161	0,011524	0,011378	0,011177	0,009882	0,007878	0,007083	30°C	29°C	-8,0361183	-34,9471017	25/08/2013	19:19:05
4239	+	13	790	Approach Edge	8978,87	0,015008	0,013173	0,012283	0,011110	0,009783	0,007142	0,006146	30°C	29°C	-8,035945	-34,94741	25/08/2013	19:18:16
4239	+	16	790	Center	9169,96	0,006961	0,006677	0,006465	0,006114	0,005539	0,004331	0,003906	29°C	29°C	-8,035935	-34,9474317	25/08/2013	19:17:52

PAVIMENTO RÍGIDO - Bordo Esquerdo_Centro - EST. 4288 - EST. 4003																		
					Carga(lbf)	DEFLEXÃO (in)							Temperatura		Coordenadas		Data	Hora
						FWD D0	FWD D1	FWD D2	FWD D3	FWD D4	FWD D5	FWD D6	Pav.	Ar	Latitude	Longitude		
Estaca	Placa	Posição do ensaio	(0 cm)	(30 cm)		(45 cm)	(65 cm)	(90 cm)	(120 cm)	(150 cm)								
4241	+	15	797	Approach Edge	9124,99	0,014870	0,013484	0,012618	0,011303	0,009661	0,006965	0,005697	29°C	29°C	-8,0357583	-34,94774	25/08/2013	19:17:17
4241	+	18	797	Center	9196,93	0,011854	0,011665	0,011528	0,011102	0,010413	0,008559	0,007941	29°C	29°C	-8,035745	-34,94777	25/08/2013	19:16:49
4243	+	17	804	Approach Edge	8994,61	0,017563	0,017059	0,016205	0,014984	0,013508	0,010614	0,009484	29°C	29°C	-8,035585	-34,9480717	25/08/2013	19:16:16
4243	+	20	804	Center	8895,69	0,013157	0,012791	0,012465	0,011961	0,011146	0,009035	0,008307	29°C	29°C	-8,0355683	-34,9480967	25/08/2013	19:15:52
4245	+	19	811	Approach Edge	9102,51	0,009476	0,008870	0,008224	0,007571	0,006500	0,004744	0,004118	33°C	29°C	-8,0354	-34,9484034	25/08/2013	19:15:13
4246	+	2	811	Center	8963,13	0,012634	0,012256	0,011937	0,011311	0,010425	0,008417	0,007689	32°C	29°C	-8,0353867	-34,9484267	25/08/2013	19:14:48
4248	+	1	818	Approach Edge	9208,17	0,011531	0,009327	0,008669	0,007638	0,006429	0,004665	0,003866	33°C	29°C	-8,0352183	-34,948735	25/08/2013	19:14:08
4248	+	4	818	Center	8911,43	0,014776	0,014563	0,014339	0,013925	0,012949	0,010783	0,010240	33°C	29°C	-8,0352033	-34,94876	25/08/2013	19:13:43
4250	+	2	825	Approach Edge	8983,37	0,007205	0,006409	0,005969	0,005445	0,004783	0,003587	0,003157	32°C	29°C	-8,03503	-34,9490717	25/08/2013	19:13:03
4250	+	6	825	Center	9309,34	0,008839	0,008811	0,008661	0,008272	0,007736	0,006138	0,005598	32°C	29°C	-8,0350133	-34,9490983	25/08/2013	19:12:32
4252	+	6	832	Approach Edge	9120,50	0,010154	0,007728	0,007154	0,006327	0,005354	0,003783	0,002996	32°C	29°C	-8,0348383	-34,9494134	25/08/2013	19:11:45
4252	+	8	832	Center	9217,17	0,007819	0,007539	0,007303	0,006909	0,006260	0,004787	0,003941	29°C	29°C	-8,0348283	-34,949435	25/08/2013	19:11:20
4258	+	11	853	Approach Edge	8673,13	0,007039	0,006390	0,006047	0,005181	0,004512	0,003260	0,002677	27°C	29°C	-8,0342867	-34,9504233	25/08/2013	19:10:14
4258	+	14	853	Center	9062,05	0,005370	0,005496	0,005307	0,005098	0,004547	0,003453	0,003035	30°C	29°C	-8,0342717	-34,9504484	25/08/2013	19:09:48
4260	+	13	860	Approach Edge	8967,63	0,003854	0,005744	0,005673	0,004728	0,004173	0,003106	0,002650	28°C	29°C	-8,0341033	-34,9507533	25/08/2013	19:09:11
4260	+	16	860	Center	9077,79	0,009106	0,009083	0,008909	0,008433	0,007732	0,006051	0,005421	28°C	29°C	-8,0340867	-34,9507817	25/08/2013	19:08:44
4262	+	15	867	Approach Edge	9185,69	0,007165	0,006992	0,006646	0,006075	0,005323	0,003925	0,003185	28°C	29°C	-8,0339217	-34,9510883	25/08/2013	19:08:07
4262	+	18	867	Center	9093,52	0,004224	0,004244	0,004130	0,004020	0,003713	0,003012	0,002866	28°C	29°C	-8,0339083	-34,9511133	25/08/2013	19:07:41
4264	+	17	874	Approach Edge	9014,84	0,010886	0,011287	0,009504	0,008524	0,007248	0,005283	0,004307	29°C	29°C	-8,0337383	-34,9514183	25/08/2013	19:07:07
4265	+	0	874	Center	9030,57	0,014236	0,014161	0,013862	0,013413	0,012657	0,010492	0,009843	32°C	29°C	-8,03372	-34,951445	25/08/2013	19:06:39
4266	+	19	881	Approach Edge	8954,14	0,008374	0,008469	0,007744	0,006791	0,005583	0,003933	0,003126	30°C	29°C	-8,0335533	-34,9517516	25/08/2013	19:06:04
4267	+	2	881	Center	9120,50	0,009437	0,009059	0,008776	0,008150	0,007346	0,005630	0,004799	28°C	29°C	-8,03354	-34,9517767	25/08/2013	19:05:38
4269	+	1	888	Approach Edge	9001,35	0,009748	0,008854	0,008299	0,007354	0,006197	0,004472	0,003748	33°C	29°C	-8,0333667	-34,9520866	25/08/2013	19:05:06
4269	+	4	888	Center	8963,13	0,008500	0,008406	0,008146	0,007791	0,007138	0,005591	0,005008	32°C	29°C	-8,03336	-34,9521117	25/08/2013	19:04:41
4271	+	3	895	Approach Edge	9017,09	0,011587	0,010665	0,009665	0,008598	0,007295	0,005059	0,004323	29°C	29°C	-8,03318	-34,95242	25/08/2013	19:04:07
4271	+	6	895	Center	9026,08	0,009165	0,008705	0,008591	0,007980	0,006854	0,005335	0,004898	31°C	29°C	-8,033165	-34,952445	25/08/2013	19:03:41
4273	+	5	902	Approach Edge	9077,79	0,007780	0,007079	0,006563	0,005917	0,004925	0,003638	0,002965	32°C	29°C	-8,0329967	-34,9527583	25/08/2013	19:02:58
4273	+	8	902	Center	9077,79	0,007921	0,007787	0,007520	0,007291	0,006358	0,004909	0,004268	32°C	29°C	-8,0329833	-34,9527833	25/08/2013	19:02:30
4275	+	7	909	Approach Edge	9073,29	0,003720	0,003890	0,003709	0,003433	0,003091	0,002398	0,002083	32°C	29°C	-8,03281	-34,95309	25/08/2013	19:01:36
4275	+	10	909	Center	8958,64	0,003437	0,003244	0,003098	0,003071	0,002760	0,002307	0,002063	33°C	29°C	-8,032795	-34,9531183	25/08/2013	19:01:06
4277	+	9	916	Approach Edge	9109,26	0,003988	0,003807	0,003606	0,003327	0,002937	0,002295	0,001957	33°C	29°C	-8,032635	-34,95342	25/08/2013	19:00:15
4277	+	12	916	Center	9026,08	0,003661	0,003484	0,003339	0,003193	0,002890	0,002272	0,002039	33°C	29°C	-8,0326167	-34,9534367	25/08/2013	18:59:47

PAVIMENTO RÍGIDO - Bordo Esquerdo_Centro - EST. 4288 - EST. 4003																		
					Carga(lbf)	DEFLEXÃO (in)							Temperatura		Coordenadas		Data	Hora
						FWD D0	FWD D1	FWD D2	FWD D3	FWD D4	FWD D5	FWD D6	Pav.	Ar	Latitude	Longitude		
Estaca	Placa	Posição do ensaio	(0 cm)	(30 cm)		(45 cm)	(65 cm)	(90 cm)	(120 cm)	(150 cm)								
4279	+	11	923	Approach Edge	9181,20	0,003831	0,003441	0,003213	0,003024	0,002661	0,002004	0,001736	33°C	28°C	-8,0324367	-34,953755	25/08/2013	18:59:02
4279	+	14	923	Center	9032,82	0,003173	0,003008	0,002894	0,002768	0,002563	0,002075	0,001933	34°C	28°C	-8,0324233	-34,9537783	25/08/2013	18:58:35
4281	+	13	930	Approach Edge	9120,50	0,010091	0,008709	0,008012	0,007118	0,006091	0,004465	0,003780	29°C	28°C	-8,0322567	-34,9540867	25/08/2013	18:57:56
4281	+	16	930	Center	9062,05	0,008724	0,008268	0,007898	0,007362	0,006429	0,004866	0,004110	31°C	28°C	-8,0322467	-34,9541117	25/08/2013	18:57:29
4283	+	15	937	Approach Edge	9196,93	0,009496	0,008374	0,007819	0,006996	0,005961	0,004366	0,003646	32°C	28°C	-8,0320717	-34,9544233	25/08/2013	18:55:40
4283	+	18	937	Center	8969,88	0,008079	0,007909	0,007402	0,006858	0,006043	0,004661	0,004102	32°C	28°C	-8,0320567	-34,9544483	25/08/2013	18:54:58
4285	+	17	944	Approach Edge	9133,99	0,008543	0,007839	0,007118	0,006280	0,005169	0,003728	0,003012	28°C	28°C	-8,0318933	-34,9547583	25/08/2013	18:54:18
4286	+	0	944	Center	9030,57	0,008146	0,007516	0,007051	0,006476	0,005508	0,003969	0,003394	27°C	28°C	-8,0318817	-34,95478	25/08/2013	18:52:02

8.3. ANEXO C – RETROANÁLISE

PAVIMENTO RÍGIDO - Bordo Esquerdo_Centro - EST. 4288 - EST. 4003												
				RETROANÁLISE								
				AREA	I _k	Ks (dinâmico)	Epcc(psi)	Sc	J	Ks (Estatico)	Análise dos dados	
Estaca		Placa	Posição do ensaio	in ²	in	pci	psi	psi		$\frac{Ks \text{ (dinâmico)}}{2}$	deformações no geofone (d0>d1;d1>d2...)	$3 \times 10^6 < Epcc(psi) < 8 \times 10^6$
4003	+	5	12	Approach Edge	-	-	-	-	3,2	-		Placa c/ defeito
4003	+	8	12	Center	29,85	33,18	136,035	3961554,994	660,8276	68,02		
4009	+	11	33	Approach Edge	-	-	-	-	-	-	Placa c/ defeito	Placa c/ defeito
4009	+	14	33	Center	-	-	-	-	-	-	Placa c/ defeito	Placa c/ defeito
4011	+	13	40	Approach Edge	-	-	-	-	3,2	-		Placa c/ defeito
4011	+	16	40	Center	30,54	36,35	297,393	-	-	148,70		Placa c/ defeito
4017	+	19	61	Approach Edge	-	-	-	-	3,2	-		Placa c/ defeito
4018	+	2	61	Center	-	-	-	-	-	-	Placa c/ defeito	Placa c/ defeito
4020	+	1	68	Approach Edge	-	-	-	-	3,2	-		Placa c/ defeito
4020	+	3	68	Center	30,51	36,16	106,079	4358342,568	678,0879	53,04		
4022	+	3	75	Approach Edge	-	-	-	-	-	-	Placa c/ defeito	Placa c/ defeito
4022	+	6	75	Center	34,51	87,93	14,893	-	-	7,45		Placa c/ defeito
4024	+	5	82	Approach Edge	-	-	-	-	3,2	-		Placa c/ defeito
4024	+	8	82	Center	34,07	74,81	15,106	-	-	7,55		Placa c/ defeito
4026	+	7	89	Approach Edge	-	-	-	-	3,2	-		Placa c/ defeito
4026	+	10	89	Center	32,65	51,76	63,141	-	-	31,57		Placa c/ defeito
4028	+	9	96	Approach Edge	-	-	-	-	3,2	-		Placa c/ defeito
4028	+	12	96	Center	33,97	72,46	64,070	-	-	32,03		Placa c/ defeito
4030	+	11	103	Approach Edge	-	-	-	-	3,2	-		Placa c/ defeito
4030	+	14	103	Center	33,78	68,29	77,358	-	-	38,68		Placa c/ defeito
4032	+	13	110	Approach Edge	-	-	-	-	3,2	-		Placa c/ defeito
4032	+	16	110	Center	34,19	78,02	22,372	-	-	11,19		Placa c/ defeito
4034	+	15	117	Approach Edge	-	-	-	-	3,2	-		Placa c/ defeito
4034	+	18	117	Center	33,09	57,06	42,788	-	-	21,39		Placa c/ defeito
4036	+	17	124	Approach Edge	-	-	-	-	3,2	-		Placa c/ defeito
4036	+	20	124	Center	34,09	75,28	15,989	-	-	7,99		Placa c/ defeito
4038	+	19	131	Approach Edge	-	-	-	-	3,2	-		Placa c/ defeito
4039	+	2	131	Center	32,86	54,22	112,550	-	-	56,28		Placa c/ defeito
4041	+	2	138	Approach Edge	-	-	-	-	3,2	-		Placa c/ defeito
4041	+	4	138	Center	33,77	68,18	72,051	-	-	36,03		Placa c/ defeito
4043	+	2	145	Approach Edge	-	-	-	-	3,2	-		Placa c/ defeito
4043	+	6	145	Center	33,17	58,22	81,980	-	-	40,99		Placa c/ defeito
4045	+	4	152	Approach Edge	-	-	-	-	3,2	-		Placa c/ defeito

PAVIMENTO RÍGIDO - Bordo Esquerdo_Centro - EST. 4288 - EST. 4003													
					RETROANÁLISE								
					AREA	I _k	Ks (dinâmico)	Epcc(psi)	Sc	J	Ks (Estatico)	Análise dos dados	
Estaca			Placa	Posição do ensaio	in²	in	pci	psi	psi		$\frac{Ks \text{ (dinâmico)}}{2}$	deformações no geofone (d0>d1;d1>d2...)	$3 \times 10^6 < Epcc(psi) < 8 \times 10^6$
4045	+	8	152	Center	32,96	55,34	84,564	-	-		42,28		Placa c/ defeito
4047	+	7	159	Approach Edge	-	-	-	-	-	3,2	-		Placa c/ defeito
4047	+	10	159	Center	33,05	56,60	103,229	-	-		51,61		Placa c/ defeito
4049	+	9	166	Approach Edge	-	-	-	-	-	3,2	-		Placa c/ defeito
4049	+	12	166	Center	33,39	61,46	86,588	-	-		43,29		Placa c/ defeito
4051	+	11	173	Approach Edge	-	-	-	-	-	3,2	-		Placa c/ defeito
4051	+	14	173	Center	-	-	-	-	-	-	-	Placa c/ defeito	Placa c/ defeito
4053	+	13	180	Approach Edge	-	-	-	-	-	3,2	-		Placa c/ defeito
4053	+	16	180	Center	33,20	58,63	23,697	6725859,57	781,0749		11,85		
4055	+	15	187	Approach Edge	-	-	-	-	-	-	-	Placa c/ defeito	Placa c/ defeito
4055	+	18	187	Center	33,54	63,86	27,397	-	-		13,70		Placa c/ defeito
4057	+	17	197	Approach Edge	-	-	-	-	-	3,2	-		Placa c/ defeito
4058	+	0	197	Center	33,89	70,64	19,070	-	-		9,54		Placa c/ defeito
4059	+	18	204	Approach Edge	-	-	-	-	-	3,2	-		Placa c/ defeito
4060	+	1	204	Center	32,93	54,99	59,612	-	-		29,81		Placa c/ defeito
4061	+	20	211	Approach Edge	-	-	-	-	-	3,2	-		Placa c/ defeito
4062	+	4	211	Center	34,52	88,47	10,089	-	-		5,04		Placa c/ defeito
4064	+	2	218	Approach Edge	-	-	-	-	-	3,2	-		Placa c/ defeito
4064	+	6	218	Center	31,66	43,09	73,544	6094307,705	753,6024		36,77		
4066	+	5	225	Approach Edge	-	-	-	-	-	3,2	-		Placa c/ defeito
4066	+	8	225	Center	34,36	82,98	15,516	-	-		7,76		Placa c/ defeito
4068	+	6	232	Approach Edge	-	-	-	-	-	3,2	-		Placa c/ defeito
4068	+	10	232	Center	33,25	59,31	33,043	-	-		16,52		Placa c/ defeito
4070	+	9	239	Approach Edge	-	-	-	-	-	3,2	-		Placa c/ defeito
4070	+	12	239	Center	33,86	70,01	24,781	-	-		12,39		Placa c/ defeito
4072	+	11	246	Approach Edge	-	-	-	-	-	3,2	-		Placa c/ defeito
4072	+	14	246	Center	32,82	53,74	56,958	-	-		28,48		Placa c/ defeito
4083	+	1	281	Approach Edge	-	-	-	-	-	3,2	-		Placa c/ defeito
4083	+	4	281	Center	34,27	80,23	20,822	-	-		10,41		Placa c/ defeito
4087	+	4	295	Approach Edge	-	-	-	-	-	3,2	-		Placa c/ defeito
4087	+	8	295	Center	20,90	15,60	354,228	-	-		177,11		Placa c/ defeito
4089	+	7	302	Approach Edge	-	-	-	-	-	3,2	-		Placa c/ defeito
4089	+	10	302	Center	-	-	-	-	-	-	-	Placa c/ defeito	Placa c/ defeito
4091	+	9	309	Approach Edge	-	-	-	-	-	3,2	-		Placa c/ defeito
4091	+	12	309	Center	34,23	79,21	23,693	-	-		11,85		Placa c/ defeito
4093	+	11	316	Approach Edge	-	-	-	-	-	-	-	Placa c/ defeito	Placa c/ defeito

PAVIMENTO RÍGIDO - Bordo Esquerdo_Centro - EST. 4288 - EST. 4003													
					RETROANÁLISE								
					AREA	I _k	Ks (dinâmico)	Epcc(psi)	Sc	J	Ks (Estatico)	Análise dos dados	
Estaca		Placa	Posição do ensaio		in²	in	pci	psi	psi		$\frac{Ks \text{ (dinâmico)}}{2}$	deformações no geofone (d0>d1;d1>d2...)	$3 \times 10^6 < Epcc(psi) < 8 \times 10^6$
4093	+	14	316	Center	-	-	-	-	-	-	-	Placa c/ defeito	Placa c/ defeito
4095	+	15	323	Approach Edge	-	-	-	-	-	3,2	-		Placa c/ defeito
4095	+	19	323	Center	31,99	45,62	109,006	-	-		54,50		Placa c/ defeito
4101	+	19	344	Approach Edge	-	-	-	-	-	3,2	-		Placa c/ defeito
4102	+	2	344	Center	32,77	53,08	48,947	-	-		24,47		Placa c/ defeito
4104	+	1	351	Approach Edge	-	-	-	-	-	-	-	Placa c/ defeito	Placa c/ defeito
4104	+	17	358	Approach Edge	-	-	-	-	-	3,2	-		Placa c/ defeito
4104	+	20	358	Center	34,33	82,11	20,040	-	-		10,02		Placa c/ defeito
4106	+	18	365	Approach Edge	-	-	-	-	-	3,2	-		Placa c/ defeito
4107	+	2	365	Center	-	-	-	-	-	-	-	Placa c/ defeito	Placa c/ defeito
4109	+	1	372	Approach Edge	-	-	-	-	-	3,2	-		Placa c/ defeito
4109	+	4	372	Center	33,30	60,06	46,257	-	-		23,13		Placa c/ defeito
4111	+	3	379	Approach Edge	-	-	-	-	-	3,2	-		Placa c/ defeito
4111	+	6	379	Center	32,70	52,30	130,998	-	-		65,50		Placa c/ defeito
4113	+	5	386	Approach Edge	-	-	-	-	-	3,2	-		Placa c/ defeito
4113	+	8	386	Center	32,95	55,24	116,140	-	-		58,07		Placa c/ defeito
4117	+	9	400	Approach Edge	-	-	-	-	-	3,2	-		Placa c/ defeito
4117	+	12	400	Center	34,77	99,16	9,191	-	-		4,60		Placa c/ defeito
4119	+	11	407	Approach Edge	-	-	-	-	-	3,2	-		Placa c/ defeito
4119	+	14	407	Center	-	-	-	-	-	-	-	Placa c/ defeito	Placa c/ defeito
4125	+	18	428	Approach Edge	-	-	-	-	-	3,2	-		Placa c/ defeito
4125	+	20	428	Center	33,50	63,20	27,053	-	-		13,53		Placa c/ defeito
4127	+	18	435	Approach Edge	-	-	-	-	-	3,2	-		Placa c/ defeito
4128	+	2	435	Center	33,23	58,95	40,744	-	-		20,37		Placa c/ defeito
4129	+	19	442	Approach Edge	-	-	-	-	-	3,2	-		Placa c/ defeito
4130	+	2	442	Center	31,98	45,53	147,521	-	-		73,76		Placa c/ defeito
4132	+	9	447	Approach Edge	-	-	-	-	-	3,2	-		Placa c/ defeito
4132	+	12	447	Center	33,08	57,00	87,641	-	-		43,82		Placa c/ defeito
4138	+	1	461	Approach Edge	-	-	-	-	-	3,2	-		Placa c/ defeito
4138	+	4	461	Center	34,36	82,98	13,583	-	-		6,79		Placa c/ defeito
4140	+	2	468	Approach Edge	-	-	-	-	-	3,2	-		Placa c/ defeito
4140	+	6	468	Center	33,98	72,64	17,300	-	-		8,65		Placa c/ defeito
4142	+	4	475	Approach Edge	-	-	-	-	-	3,2	-		Placa c/ defeito
4142	+	8	475	Center	-	-	-	-	-	-	-	Placa c/ defeito	Placa c/ defeito
4144	+	7	482	Approach Edge	-	-	-	-	-	3,2	-		Placa c/ defeito
4144	+	10	482	Center	33,68	66,45	16,597	7773607,866	826,6519		8,30		

PAVIMENTO RÍGIDO - Bordo Esquerdo_Centro - EST. 4288 - EST. 4003												
				RETROANÁLISE								
				AREA	I _k	Ks (dinâmico)	Epcc(psi)	Sc	J	Ks (Estatico)	Análise dos dados	
Estaca		Placa	Posição do ensaio	in²	in	pci	psi	psi		$\frac{Ks \text{ (dinâmico)}}{2}$	deformações no geofone (d0>d1;d1>d2...)	$3 \times 10^6 < Epcc(psi) < 8 \times 10^6$
4146	+	9	489	Approach Edge	-	-	-	-	3,2	-		Placa c/ defeito
4146	+	12	489	Center	31,89	44,81	45,242	4383981,433	679,2032	22,62		
4148	+	11	496	Approach Edge	-	-	-	-	3,2	-		Placa c/ defeito
4148	+	14	496	Center	33,73	67,36	20,151	-	-	10,08		Placa c/ defeito
4159	+	1	531	Approach Edge	-	-	-	-	-	-	Placa c/ defeito	Placa c/ defeito
4159	+	1	531	Approach Edge	-	-	-	-	-	-	Placa c/ defeito	Placa c/ defeito
4159	+	4	531	Center	29,19	30,66	146,444	3107980,483	623,6972	73,22		
4161	+	3	538	Approach Edge	-	-	-	-	3,2	-		Placa c/ defeito
4161	+	6	538	Center	33,00	55,93	40,966	-	-	20,48		Placa c/ defeito
4163	+	6	545	Approach Edge	-	-	-	-	3,5	-		Placa c/ defeito
4163	+	8	545	Center	34,32	81,72	13,205	-	-	6,60		Placa c/ defeito
4196	+	17	650	Approach Edge	-	-	-	-	3,2	-		Placa c/ defeito
4197	+	0	650	Center	-	-	-	-	-	-	Placa c/ defeito	Placa c/ defeito
4198	+	19	657	Approach Edge	-	-	-	-	3,2	-		Placa c/ defeito
4199	+	2	657	Center	32,09	46,44	78,656	8789139,662	870,8276	39,33		
4214	+	9	706	Approach Edge	-	-	-	-	3,2	-		Placa c/ defeito
4214	+	12	706	Center	32,41	49,32	126,077	-	-	63,04		Placa c/ defeito
4216	+	11	713	Approach Edge	-	-	-	-	3,2	-		Placa c/ defeito
4216	+	14	713	Center	31,44	41,54	108,000	7724499,322	824,5157	54,00		
4218	+	13	720	Approach Edge	-	-	-	-	3,2	-		Placa c/ defeito
4218	+	16	720	Center	32,51	50,37	34,603	5352226,417	721,3218	17,30		
4220	+	14	727	Approach Edge	-	-	-	-	3,2	-		Placa c/ defeito
4220	+	18	727	Center	32,93	55,06	44,213	-	-	22,11		Placa c/ defeito
4222	+	17	734	Approach Edge	-	-	-	-	3,2	-		Placa c/ defeito
4222	+	20	734	Center	33,67	66,27	28,964	-	-	14,48		Placa c/ defeito
4229	+	2	755	Approach Edge	-	-	-	-	3,2	-		Placa c/ defeito
4229	+	6	755	Center	31,42	41,44	228,550	-	-	114,28		Placa c/ defeito
4233	+	5	769	Approach Edge	-	-	-	-	3,2	-		Placa c/ defeito
4233	+	9	769	Center	32,83	53,85	115,484	-	-	57,74		Placa c/ defeito
4235	+	9	776	Approach Edge	-	-	-	-	3,2	-		Placa c/ defeito
4235	+	12	776	Center	34,17	77,46	19,567	-	-	9,78		Placa c/ defeito
4237	+	11	783	Approach Edge	-	-	-	-	3,2	-		Placa c/ defeito
4237	+	14	783	Center	33,27	59,67	25,908	7890824,539	831,7509	12,95		
4239	+	13	790	Approach Edge	-	-	-	-	3,2	-		Placa c/ defeito
4239	+	16	790	Center	32,83	53,78	56,549	-	-	28,27		Placa c/ defeito

PAVIMENTO RÍGIDO - Bordo Esquerdo_Centro - EST. 4288 - EST. 4003													
					RETROANÁLISE								
					AREA	I _k	Ks (dinâmico)	Epcc(psi)	Sc		Ks (Estatico)	Análise dos dados	
Estaca			Placa	Posição do ensaio	in²	in	pci	psi	psi	J	$\frac{Ks \text{ (dinâmico)}}{2}$	deformações no geofone (d0>d1;d1>d2...)	3x10 ⁶ <Epcc(psi)<8x10 ⁶
4241	+	15	797	Approach Edge	-	-	-	-	-	3,2	-		Placa c/ defeito
4241	+	18	797	Center	34,32	81,70	14,481	-	-		7,24		Placa c/ defeito
4243	+	17	804	Approach Edge	-	-	-	-	-	3,2	-		Placa c/ defeito
4243	+	20	804	Center	33,66	66,00	19,308	8802406,377	871,4047		9,65		
4245	+	19	811	Approach Edge	-	-	-	-	-	3,2	-		Placa c/ defeito
4246	+	2	811	Center	33,34	60,58	24,028	7776687	826,7859		12,01		
4248	+	1	818	Approach Edge	-	-	-	-	-	3,2	-		Placa c/ defeito
4248	+	4	818	Center	34,39	84,12	10,620	-	-		5,31		Placa c/ defeito
4250	+	2	825	Approach Edge	-	-	-	-	-	3,2	-		Placa c/ defeito
4250	+	6	825	Center	34,44	85,78	17,836	-	-		8,92		Placa c/ defeito
4252	+	6	832	Approach Edge	-	-	-	-	-	3,2	-		Placa c/ defeito
4252	+	8	832	Center	32,98	55,63	47,314	-	-		23,66		Placa c/ defeito
4258	+	11	853	Approach Edge	-	-	-	-	-	3,2	-		Placa c/ defeito
4258	+	14	853	Center	-	-	-	-	-	-	-	Placa c/ defeito	Placa c/ defeito
4260	+	13	860	Approach Edge	-	-	-	-	-	-	-	Placa c/ defeito	Placa c/ defeito
4260	+	16	860	Center	34,18	77,62	20,605	-	-		10,30		Placa c/ defeito
4262	+	15	867	Approach Edge	-	-	-	-	-	3,2	-		Placa c/ defeito
4262	+	18	867	Center	-	-	-	-	-	-	-	Placa c/ defeito	Placa c/ defeito
4264	+	17	874	Approach Edge	-	-	-	-	-	-	-	Placa c/ defeito	Placa c/ defeito
4265	+	0	874	Center	34,58	90,67	9,619	-	-		4,81		Placa c/ defeito
4266	+	19	881	Approach Edge	-	-	-	-	-	-	-	Placa c/ defeito	Placa c/ defeito
4267	+	2	881	Center	32,55	50,77	46,514	7425289,434	811,5001		23,26		
4269	+	1	888	Approach Edge	-	-	-	-	-	3,2	-		Placa c/ defeito
4269	+	4	888	Center	33,90	71,00	26,038	-	-		13,02		Placa c/ defeito
4271	+	3	895	Approach Edge	-	-	-	-	-	3,2	-		Placa c/ defeito
4271	+	6	895	Center	32,33	48,60	51,693	6929163,135	789,9186		25,85		
4273	+	5	902	Approach Edge	-	-	-	-	-	3,2	-		Placa c/ defeito
4273	+	8	902	Center	33,66	66,04	32,693	-	-		16,35		Placa c/ defeito
4275	+	7	909	Approach Edge	-	-	-	-	-	-	-	Placa c/ defeito	Placa c/ defeito
4275	+	10	909	Center	32,87	54,24	109,998	-	-		55,00		Placa c/ defeito
4277	+	9	916	Approach Edge	-	-	-	-	-	3,2	-		Placa c/ defeito
4277	+	12	916	Center	32,62	51,46	115,492	-	-		57,75		Placa c/ defeito

PAVIMENTO RÍGIDO - Bordo Esquerdo_Centro - EST. 4288 - EST. 4003												
				RETROANÁLISE								
				AREA	I _k	Ks (dinâmico)	Epcc(psi)	Sc	J	Ks (Estatico)	Análise dos dados	
Estaca		Placa	Posição do ensaio	in ²	in	pci	psi	psi		$\frac{Ks \text{ (dinâmico)}}{2}$	deformações no geofone (d0>d1;d1>d2...)	$3 \times 10^6 < Epcc(psi) < 8 \times 10^6$
4279	+	11	923	Approach Edge	-	-	-	-	3,2	-		Placa c/ defeito
4279	+	14	923	Center	32,69	52,20	129,659	-	-	64,83		Placa c/ defeito
4281	+	13	930	Approach Edge	-	-	-	-	3,2	-		Placa c/ defeito
4281	+	16	930	Center	31,92	45,04	63,411	6269484,438	761,2226	31,71		
4283	+	15	937	Approach Edge	-	-	-	-	3,2	-		Placa c/ defeito
4283	+	18	937	Center	32,42	49,47	56,252	8097874,006	840,7575	28,13		
4285	+	17	944	Approach Edge	-	-	-	-	3,2	-		Placa c/ defeito
4286	+	0	944	Center	30,67	37,00	99,915	4499120,129	684,2117	49,96		
			MÉDIA	32,95	60,82	64,073	6442352,73	768,742	3,20	32,04		

8.4. ANEXO D – VIDA ÚTIL REMANESCENTE

ESTIMATIVA DA VIDA ÚTIL RESTANTE DO PAVIMENTO (FORMULA DA AASHTO-93)

Parametros calculados pela retroanalise do pavimento:		
	SI	Sistema Inglês
ksl	8,70 MPa/m	32,04 pci
Eccp	44 418,46 MPa	6 442 352,73 psi
S'c	5,30 MPa	768,74 psi
Df	20,00 cm	7,874 pol
J	3,20	
Cd	1	
So	0,3	
R	75 %	
Zr	-0,674	
Pt	2,5	
ΔPSI	2	

$$\log W_{18} = Z_R \times S_0 + 7,35 \log(D_f + 1) - 0,06 + \frac{\log\left(\frac{\Delta PSI}{4,5 - 1,5}\right)}{0,4 + \frac{1,624 \times 10^7}{(D_f + 1)^{8,46}}} + (4,22 - 0,32p_t) \times \log \left[\frac{S'_c \times C_d (D_f^{0,75} - 1,132)}{215,63 \times J \left[D_f^{0,75} - \frac{18,42}{(E_c/k)^{0,25}} \right]} \right]$$

W18	4 049 703,40
W18	4,05E+06

$$Vida Útil Remanescente = \frac{W_{18}}{N_{20}} \times 20 \text{ anos}$$

N =	2,50E+07
Vida Útil do Projeto:	20 anos
VIDA ÚTIL REMANESCENTE:	3,23 anos

VIDA ÚTIL REMANESCENTE:	≈ 3,2 anos
-------------------------	------------

8.5. ANEXO E – ÍNDICE DE VAZIOS

PAVIMENTO RÍGIDO - Bordo Direito_cantos- EST. 4003 - EST. 4288		
Est.	D ₀ (0,001mm)	D ₀ < 75
4003	13,496	-
4005	46,593	-
4007	6,953	-
4009	21,066	-
4011	57,126	-
4013	142,702	possíveis problemas
4020	39,466	-
4022	26,627	-
4024	24,022	-
4026	49,816	-
4028	48,483	-
4030	16,994	-
4032	35,661	-
4034	16,962	-
4037	31,142	-
4039	43,664	-
4041	75,074	possíveis problemas
4043	42,301	-
4045	22,320	-
4047	56,699	-
4049	27,956	-
4051	60,854	-
4053	82,886	possíveis problemas
4055	17,440	-
4058	33,669	-
4060	44,712	-
4062	47,478	-
4064	62,795	-
4066	59,401	-
4068	14,415	-
4070	25,629	-
4072	110,936	possíveis problemas
4075	61,807	-
4077	49,289	-
4079	18,752	-
4081	41,488	-
4083	80,980	possíveis problemas
4085	34,411	-
4087	-4,844	-
4089	45,967	-
4091	54,169	-
4093	34,290	-
4095	7,873	-
4098	49,682	-
4100	24,037	-
4102	51,607	-
4104	30,465	-
4106	49,584	-
4108	46,183	-

PAVIMENTO RÍGIDO - Bordo Direito_cantos- EST. 4003 - EST. 4288		
Est.	D ₀ (0,001mm)	D ₀ < 75
4110	27,809	-
4112	24,162	-
4114	20,886	-
4116	25,470	-
4119	33,083	-
4121	16,879	-
4123	43,725	-
4125	25,961	-
4127	108,175	possíveis problemas
4129	97,235	possíveis problemas
4131	54,611	-
4140	40,551	-
4142	31,054	-
4144	15,957	-
4146	18,513	-
4148	20,193	-
4150	17,416	-
4154	32,140	-
4156	44,826	-
4158	24,150	-
4161	23,497	-
4163	15,259	-
4165	48,670	-
4167	47,085	-
4169	33,395	-
4171	34,818	-
4173	54,248	-
4175	34,281	-
4177	30,020	-
4179	85,517	possíveis problemas
4184	88,292	possíveis problemas
4186	25,181	-
4188	151,220	possíveis problemas
4192	68,662	-
4197	26,057	-
4199	13,735	-
4208	57,898	-
4210	57,266	-
4212	9,263	-
4214	12,853	-
4216	-8,670	-
4223	23,618	-
4225	6,855	-
4227	81,546	possíveis problemas
4229	11,651	-
4231	10,464	-
4233	6,406	-
4235	0,781	-
4237	5,735	-

PAVIMENTO RÍGIDO - Bordo Direito_cantos- EST. 4003 - EST. 4288		
Est.	D ₀ (0,001mm)	D ₀ < 75
4239	7,028	-
4241	8,451	-
4241	18,551	-
4244	11,645	-
4246	45,248	-
4248	93,574	possíveis problemas
4250	27,312	-
4252	34,298	-
4254	9,340	-
4256	21,438	-
4260	107,477	possíveis problemas
4263	22,258	-
4265	5,797	-
4267	26,941	-
4269	19,231	-
4271	75,784	possíveis problemas
4273	16,289	-
4275	36,310	-
4277	-9,933	-
4279	33,242	-
4281	40,373	-
4284	60,458	-
4286	50,827	-
4288	117,669	possíveis problemas
Placas com defeito (d0 >0,75mm)		12%

Exemplo:

EST 4003+4,00

Carga(KN)	FWD D0	D0 (0,001mm)
	(0 cm)	
40,11	13,82	1,4696
82,44	27,35	
121,74	39,19	

