

**ANA EMÍLIA CARVALHO DE GUSMÃO DA CUNHA RABELO
RAIANE FERREIRA CORREIA**

**APLICAÇÃO DO FALLING WEIGHT DEFLECTOMETER
(FWD) E ROAD SURFACE PROFILOMETER (RSP) NA PE-
50, NO TRECHO ENTRE VITÓRIA DE SANTO ANTÃO E
GLÓRIA DE GOITÁ**

RECIFE

2015

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

**APLICAÇÃO DO FALLING WEIGHT DEFLECTOMETER
(FWD) E ROAD SURFACE PROFILOMETER (RSP) NA PE-
50, NO TRECHO ENTRE VITÓRIA DE SANTO ANTÃO E
GLÓRIA DE GOITÁ**

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC)
apresentado à banca examinadora do Centro de
Tecnologia e Geociências (CTG), da
Universidade Federal de Pernambuco, como
exigência parcial para obtenção do grau de
bacharelado em Engenharia Civil.

Orientandas: **Ana Emília Carvalho de Gusmão
da Cunha Rabelo. Raiane Ferreira Coreia**

Orientador: **Prof^a Fernando Jordão de
Vasconcelos**

RECIFE

2015

Catálogo na fonte
Bibliotecária Margareth Malta, CRB-4 / 1198

- R114a Rabelo, Ana Emília Carvalho de Gusmão da Cunha.
 Aplicação do Falling Weight Deflectometer (FWD) e Road Surface Profilometer (RSP) na PE-50, no trecho entre Vitória de Santo Antão e Glória de Goitá / Ana Emília Carvalho de Gusmão da Cunha Rabelo e Raiane Ferreira Correia. - Recife: O Autor, 2015.
 142 folhas, il., gráfs., tabs.
- Orientador: Prof. Dr. Fernando Jordão de Vasconcelos.
- TCC (Graduação) – Universidade Federal de Pernambuco. CTG. Departamento de Engenharia Civil, 2015.
 Inclui Referências e Anexos.
1. Engenharia Civil. 2. Pavimento. 3. Irregularidade Longitudinal. 4. FWD. 5. RSP. 6. Célula de Carga. 7. Vida Útil. I. Correia, Raiane Ferreira. II. Vasconcelos, Fernando Jordão de. III. Título.

UFPE

624 CDD (22. ed.)

BCTG/2015-112



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS
ESCOLA DE ENGENHARIA DE PERNAMBUCO
COORDENAÇÃO DO CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

ATA DA DEFESA DO TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO PARA CONCESSÃO DO GRAU DE ENGENHEIRO CIVIL

CANDIDATO(S): 1 - Ana Emília Carvalho de Gusmão da Cunha Rabelo 2- Raiane Ferreira Correia

BANCA EXAMINADORA:

Orientador: Fernando Jordão de Vasconcelos

Examinador 1: Maurício Renato Pina Moreira

Examinador 2: Maurício Oliveira de Andrade

TÍTULO DO TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO:

Aplicação do Falling Weight Deflectometer (FWD) e do Road Surface Profilometer (RSP) na PE-50, no trecho entre Vitória de Santo Antão e Glória de Goitá.

LOCAL: Centro de Tecnologia e Geociências (CTG)

DATA: 10/04/2015 **HORÁRIO DE INÍCIO:** 12:00 HORAS.

Em sessão pública, após exposição de cerca de 30 minutos, o(s) candidato(s) foi (foram) argüido(s) oralmente pelos membros da banca, sendo considerado(s):

1) (X) aprovado(s), pois foi demonstrado suficiência de conhecimento e capacidade de sistematização no tema da monografia e o texto do trabalho aceito

(X) Sem revisões.

() Com revisões, a serem feitas e verificadas pelo orientador no prazo máximo de 30 dias. (o verso da folha da ata poderá ser utilizado para pontuar revisões).

2) () reprovado(s).

Na forma regulamentar foi lavrada a presente ata que é assinada pelos membros da banca e pelo(s) candidato(s).

Recife,de.....de 20....

Orientador:

Examinador 1:.....

Examinador 2:.....

Candidato 1:.....

Candidato 2:.....

Coordenação do Curso de Engenharia Civil-Dcivil

Rua Acadêmico Hélio Ramos s/nº. Cidade Universitária. Recife-PE CEP: 50740-530.

Fones: (081)2126.8220/8221 Fone/fax: (081)2126.8219.

DEDICATÓRIA

Dedicamos este trabalho as nossas famílias e amigos, que sempre estiveram presentes nos momentos de choro e de superação durante o curso e a Deus, por nos dar forças para seguir adiante.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos primeiramente a Deus por nos ter dado a oportunidade de nascer em famílias que sempre nos influenciaram de forma positiva e torceram para que nós realizássemos os nossos sonhos.

Aos nossos avôs, que nos incentivaram e deram exemplos de estudo. Que não cansaram em nos ajudar nas tarefas escolares. Aos nossos pais por aguentarem os choros que sucediam as provas da área 2, nos incentivarem a seguir adiante e que pularam de alegria a cada vitória alcançada. Aos nossos tios que nos encorajaram a desbravar o mundo e conhecer as diversas áreas de atuação da engenharia civil, o que foi de fundamental importância para decidir o campo de interesse dentro desta profissão. Não se esquecendo dos nossos irmãos, primos e amigos (em especial Ilton Santos, por nos ajudar nos cálculos pertinentes a este trabalho), que sempre estavam presentes nos momentos de tensão, animando os nossos dias e nos estimulando a nunca desistir.

Ao Prof. Fernando Jordão, pela orientação e auxílio na obtenção de material, assim como ao Prof. Maurício Pina e a Creusa do DER que nos ajudaram na obtenção de dados da PE-50. Ao futuro colega de profissão, Raphael Claus, ao Técnico de Estradas da ATP Engenharia, Glydston Santos que nos ajudaram na obtenção de dados e execução do levantamento com os equipamentos de avaliação do pavimento e ao pessoal do laboratório da ATP, que realizaram os ensaios de caracterização. Ao Prof. Dr. Arthur Coutinho por nos ajudar nas revisões deste trabalho.

Agradecemos por fim a todos que colaboraram direta ou indiretamente, na execução deste trabalho.

RESUMO

O presente trabalho tem por finalidade analisar um trecho da rodovia PE-50, o qual fica compreendido entre Vitória de Santo Antão e Glória de Goitá, em termos de estrutura, funcionalidade do pavimento e material que compõe suas camadas e respectivas espessuras. Esta análise engloba uma comparação dos resultados de ensaios realizados nos anos de 2013 e 2015. Para avaliação da estrutura do pavimento foi utilizado o *Falling Weight Deflectometer* (FWD), para avaliar a irregularidade longitudinal foi utilizado o *Road Surface Profilometer* (RSP) e foi executada sondagem tipo Poço para caracterização táctil-visual e recolhimento de amostras a serem ensaiadas em laboratório. Além da comparação dos ensaios realizados nos dois anos, em 2015 foram utilizados dois equipamentos FWD, um com a célula de carga apresentando 6 anos de uso e geofones mais antigos e o outro possuindo peças mais novas, deste modo foi verificado também que a idade da célula de carga pode influenciar nos resultados dos ensaios. Por fim foram calculadas as vidas úteis a partir da análise de 2013 e 2015 e comparado o quanto esta vida útil deveria diminuir entre os respectivos anos e o valor real desta diminuição. Com isso foi verificada a necessidade de um maior rigor na manutenção da rodovia e um tratamento superficial do pavimento para prolongamento da vida útil da mesma.

Palavras-chave: Pavimento. Irregularidade Longitudinal. FWD. RSP. Célula de Carga. Vida Útil.

ABSTRACT

This study aims to analyze a section of PE-50 highway, which lies between Vitória de Santo Antão and Glória de Goitá in terms of structure, pavement functionality and material that composes its layers and their thicknesses. Its analysis encompasses a comparison of test results obtained in the years 2013 and 2015. To evaluate the pavement structure was used Falling Weight Deflectometer (FWD), to assess the longitudinal irregularity we used the Road Surface Profilometer (RSP) and executed drilling type Well for the touch-visual characterization and collect samples to be tested in the laboratory. Beside the comparison of the two years trials, in 2015 FWD was used two devices, one with the load cell already with six years of use and older geofones and another with new pieces, so it was also found that the age of the load cell might influence the test results. Finally, the lifespans were calculated from the 2013 and 2015 analyses and compared how much this lifespans should decrease between the respective years and the real value of this decrement. Thus, we verified the necessity for a more severe maintenance of the highway and a surface pavement treatment to extend the service life of the road.

Keys words: Pavement. Longitudinal Irregularity. FWD. RSP. Load Cell. Lifespan.

LISTA DE IMAGENS

Figura 1 - Fases da vida de um pavimento	14
Figura 2 - Seção Transversal do Pavimento	17
Figura 3 - Seção Típica de um Pavimento Flexível em Concreto Asfáltico ...	18
Figura 4 - Falling Weight Deflectometer (FWD)	19
Figura 5 - Sensores de Medida de Deflexão	20
Figura 6 - Road Surface Profilemeter (RSP)	22
Figura 7 - Perfis Longitudinais.....	23
Figura 8 - Mapa de Localização.....	31
Figura 9- Localização do levantamento de 2013.....	32
Figura 10 - Localização do levantamento de 2015	32
Figura 11 - Croqui do levantamento de 2013	33
Figura 12 - Croqui do levantamento de 2015	34
Figura 13 - Poço realizado na PE-50 em 2015.....	35
Figura 14 - Esquema de Execução do Levantamento Deflectométrico.....	37
Figura 15 - Perfil do Pavimento com a Bacia de Deformação e Pontos de Leituras das Deflexões Pelos Geofones	38
Figura 16 - Deflexão admissível para concreto betuminoso	60
Figura 17 - Raios de Curvatura da Estaca 6 a 26	67
Figura 18 - Defeitos Estaca 12	68
Figura 19 - Defeitos Estaca 20	68

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Especificações Equipamentos FWD-01 e FWD-02	36
Tabela 2 - Determinação de z através do Número N	58
Tabela 3 – Análise Comparativa dos Ensaios realizados para Avaliação Estrutural do pavimento nos anos de 2013 e 2015	66
Tabela 4 - Condições de Superfície do Pavimento	73

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Frações Constituintes do Solo.....	27
Quadro 2 - Plano de Contagem de Tráfego	52
Quadro 3 - Fatores de equivalência de carga - AASHTO.....	55
Quadro 4 - Fatores de Equivalência de Carga - USACE	55
Quadro 5 - Fator de Sazonalidade.....	59
Quadro 6 - Critérios para Avaliação Estrutural	62
Quadro 7 - Classificação do Pavimento da PE-50.....	70

LISTA DE FÓRMULAS

Fórmula 1 - Umidade Higroscópica.....	45
Fórmula 2 - Teor de Umidade do Solo.....	47
Fórmula 3 - Limite de Plasticidade	48
Fórmula 4 - Índice de Plasticidade.....	48
Fórmula 5 - Expansão Percentual do Solo.....	50
Fórmula 6 – CBR	50
Fórmula 7 - Fator de Correção Anual	53
Fórmula 8 - Número N.....	54
Fórmula 9 - Média das Amostras	57
Fórmula 10 - Coeficiente de Variação cv.....	58
Fórmula 11 - Deflexão Característica.....	58
Fórmula 12 - Deflexão Corrigida de Projeto	59
Fórmula 13 - Deflexão Máxima Admissível	60
Fórmula 14 - Vida Útil Remanescente.....	61

LISTA DE SIGLAS

DER – Departamento de Estradas e Rodagens

CNT – Confederação Nacional do Transporte

DNER – Departamento Nacional de Estradas e Rodagens

DNIT – Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes

NBR – Norma Brasileira

FWD – *Falling Weight Deflectometer*

DMI – *Distance Measuring Instrument*

RSP – *Road Surface Profilometer*

IRI – Índice Internacional de Irregularidade

DCC – *Dynatest Control Center*

CBR – *California Bearing Ratio*

ISC – Índice de Suporte California

TRB – *Transportation Research Board*

CBUQ – Concreto Betuminoso Usinado a Quente

TSD – Tratamento Superficial Duplo

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	1
2.	OBJETIVOS	4
2.1.	OBJETIVOS GERAIS	4
2.2.	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	4
3.	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	6
3.1.	INTRODUÇÃO	6
3.2.	AVALIAÇÃO DE PAVIMENTOS	6
3.3.	AVALIAÇÃO ESTRUTURAL DE PAVIMENTOS	10
3.3.1.	AVALIAÇÃO DESTRUTIVA DO PAVIMENTO	10
3.3.2.	AVALIAÇÃO NÃO DESTRUTIVA DO PAVIMENTO	11
3.4.	AVALIAÇÃO FUNCIONAL DO PAVIMENTO	12
3.5.	PARÂMETROS CHAVE NA AVALIAÇÃO DO PAVIMENTO	12
3.6.	CLASSIFICAÇÃO DOS PAVIMENTOS	15
3.6.1.	PAVIMENTO FLEXÍVEL	16
3.8.	FALLING WEIGHT DEFLECTOMETER (FWD)	18
3.9.	ROAD SURFACE PROFILOMETER (RSP).....	22
3.10.	IRREGULARIDADE LONGITUDINAL	24
3.11.	PERFILÔMETRO INERCIAL	25
3.12.	GRANULOMETRIA	27
3.13.	LIMITE DE LIQUIDEZ.....	28
3.14.	LIMITE DE PLASTICIDADE	29
3.15.	ENSAIO DE COMPACTAÇÃO	29
3.16.	ÍNDICE DE SUPORTE CALIFORNIA (ISC)	30
4.	METODOLOGIA.....	31
4.1.	LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	31
4.4.	LEVANTAMENTO ROAD SURFACE PROFILOMETER (RSP)	41
4.5.	ENSAIOS DE LABORATÓRIO.....	44
4.5.1.	GRANULOMETRIA.....	45
4.5.2.	LIMITE DE LIQUIDEZ	45

4.5.3.	LIMITE DE PLASTICIDADE	47
4.5.4.	ÍNDICE DE PLASTICIDADE	48
4.5.5.	ENSAIO DE COMPACTAÇÃO	49
4.5.6.	ÍNDICE DE SUPORTE CALIFORNIA (ISC)	49
4.5.7.	CRITÉRIOS PARA AVALIAÇÃO ESTRUTURAL	51
5.	RESULTADOS E DISCURSÕES	63
5.1.	AVALIAÇÃO ESTRUTURAL DESTRUTIVA E DE LABORATÓRIO	63
5.2.	ANÁLISE DOS CRITÉRIOS PARA AVALIAÇÃO ESTRUTURAL NÃO DESTRUTIVA	66
5.3.	ANÁLISE DA AVALIAÇÃO FUNCIONAL	71
6.	CONCLUSÕES	74
	REFERÊNCIAS	76
	ANEXOS	79

1. INTRODUÇÃO

A PE-50 é uma rodovia estadual, sendo o DER (Departamento de Estradas e Rodagem), o órgão responsável pela regulamentação da mesma. De acordo com este órgão, esta foi pavimentada em 1977. Em 1994 a rodovia sofreu sua primeira intervenção: um Projeto Final de Engenharia para Restauração, elaborado pela Concremat Eng. e Tec. S.A. Em 2013, a empresa ATP engenharia realizou o segundo projeto de interferência na estrutura, visando a restauração da rodovia, estendendo sua vida útil.

Em recente pesquisa da CNT (Confederação Nacional do Transporte) a respeito das condições das estradas brasileiras, 62,1% das rodovias apresentam problemas. A avaliação consiste em 98.475 km, que correspondem a toda a malha federal pavimentada e aos principais trechos estaduais. A avaliação subdivide a classificação em péssimas, ruins, regulares, boas e ótimas. Nesse âmbito, foi observado que, 6,9% são classificadas como péssimas, 17% como ruins e 38,2% regular. São consideradas boas 27,8% e 10,1% ótimas. Os dados são de um estudo realizado pela CNT entre os dias 19 de maio e 17 de junho no ano de 2014 referente às estradas brasileiras.

Em 2013 os índices eram outros, os dados reproduzidos pelo mesmo órgão mostravam que: 29,4% para ruins ou péssimas, 34,4% para as regulares e 36,2% para as boas e ótimas. Comparativamente pode-se observar melhora quanto ao quadro dos dois anos.

Quando analisadas as condições de pavimentação, no quesito falha, um total de 49,9% estão comprometidas. Já 57,4% apresentam problemas de sinalização e 77,9% de geometria - que avalia o tipo de rodovia, se tem acostamento e curvas perigosas. Como perfeitas, foram apontadas 32,4% do total da malha segundo o estudo. Entretanto que 44,7% das estradas

pavimentadas estão classificadas como desgastadas, 19,1% têm trincas na malha e remendos e 3,3% têm afundamentos, ondulações e buracos.

Segundo a CNT, a malha rodoviária cresceu em ritmo mais lento do que a frota de veículos. O caso mais crítico fica na região Norte, que teve aumento da frota de 228,2% de 2004 a 2014, mas a malha viária federal pavimentada só cresceu 37,5% no mesmo período. O quadro resumo abaixo, realizado pelo DNIT demonstra a situação das estradas no país ao longo dos anos:

O estudo aponta que as melhores rodovias estão localizadas no Sudeste, pois a região apresenta o maior número concessões. As piores rodovias estão na região Norte.

Em um levantamento realizado pela CNT, foi constatado que dentro dos 616 km de rodovias estaduais (PEs), apenas 18 quilômetros foram, classificados com os conceitos de ‘Ótimo’ ou ‘bom’. Representativamente, o índice é de somente 2,9% dentro dos quatro critérios analisados: Estado geral, Pavimento, Sinalização e Geometria.

Caracterizada como exceção, destaca-se um trecho da PE-052, no litoral sul do Estado: em todas as variáveis, os oito quilômetros avaliados pela pesquisa foram classificados como ótimos em todos os critérios da pesquisa da CNT.

A consequência de tal quadro é mais bem dimensionada quando o impacto é analisado sob a perspectiva dos usuários: acidentes, desconforto ao utilizar a via, e o surgimento de problemas mecânicos em automóveis são constatados.

De acordo com a pesquisa, quando comparada com outros estados, as estradas do estado tiveram a pior avaliação no critério Geometria da Via. Dos 3.107 quilômetros avaliados, 1.595 foram classificados como péssimos, representando 51,4% da totalidade. Somando os quilômetros avaliados como

regulares e ruins, a porcentagem atinge 95,4% da extensão total avaliada negativamente.

Nesse contexto, com o auxílio dos equipamentos de Falling Weight Deflectometer (FWD) e Road Surface Profilometer (RSP) foram realizados levantamentos em um trecho da rodovia PE-50, assim como ensaios de caracterização, em campo e in situ, do material que compõe tal via. Esta é constituída de pavimento flexível, com a finalidade de verificar a estrutura e a irregularidade longitudinal deste. A escolha de tal rodovia se deu devido à possibilidade de fazer uma análise comparativa de dados entre um levantamento realizado em 2013, os quais constavam nos bancos de dados da ATP Engenharia, empresa que na época prestou um serviço para análise de tal trecho, e um atual, realizado em janeiro de 2015, que se deu para teste dos equipamentos existentes no laboratório da empresa e auxílio no levantamento de dados para que tal trabalho e análise comparativa pudessem ser efetuados.

2. OBJETIVOS

2.1. OBJETIVOS GERAIS

O trabalho tem por objetivo ampliar os entendimentos sobre avaliações de irregularidade longitudinal e análise estrutural do pavimento.

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

São cinco os objetivos específicos que norteiam este trabalho:

- Comparar os resultados dos ensaios de FWD e RSP realizados em 2013 e em 2015, considerando a metodologia utilizada e que em 2015 foi realizado apenas um segmento do trecho levantado em 2013.
- Avaliar a qualidade da estrutura e a necessidade de reforço do pavimento através do cálculo da deflexão admissível e de projeto para os anos de 2013 e 2015. Além disso, verificar se algum trecho em 2013 precisou de intervenção e se esta foi executada, o que pode ser concluído através do levantamento do trecho realizado em 2015.
- Calcular a vida útil em 2013 e em 2015, determinar o que mudou nesse período, ou seja, se houve uma diminuição drástica desta vida útil e que intervenções poderiam ser feitas de forma a desacelerar a queda de vida útil.
- Analisar qual a diferença de resultados que podem ser obtidos com dois FWDs, com um deles apresentando célula de carga e geofones mais

novos que o outro. Ou seja, verificar se a idade da célula de carga pode interferir no resultado.

- Analisar a estrutura das camadas, onde foram realizados ensaios destrutivos do pavimento e realizar uma avaliação comparativa tanto em termos de estrutura do pavimento quanto com relação aos resultados dos ensaios de laboratório realizados com as amostras provenientes de campo, nos anos de 2013 e 2015.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1. INTRODUÇÃO

Ao se avaliar uma rodovia é de extrema importância definir alguns termos que fazem referência a esta análise e que já foram previamente definidos por pesquisadores em publicações anteriores, tais como: as definições de avaliação de pavimentos: tanto a estrutural destrutiva e não destrutiva quanto a funcional; as especificações dos ensaios in situ e em laboratório realizados e dos equipamentos utilizados para levantamento de dados da via, os quais englobam o FWD e o RSP.

3.2. AVALIAÇÃO DE PAVIMENTOS

Para prever as condições futuras e as ações a serem tomadas, segundo SHAHIN(1994), é importante determinar as condições atuais do pavimento. O estado do pavimento pode ser verificado quanto à necessidade de manutenção, reconstrução, ou se o mesmo foi construído de forma a atender às especificações para as quais o projeto foi feito.

De acordo com Cruz e Souza et al. (2011), a avaliação de pavimentos tem como conceitos associados à serventia, o desempenho a gerência, a restauração e a manutenção preventiva

Cruz e Souza et al. (2011), ainda subdivide as intervenções construtivas dando ênfase aos critérios de restauração, reforço e reconstrução com a distinção entre eles. Em sua definição, a restauração é o conjunto de ações destinadas a restabelecer na íntegra ou em parte as características técnicas

originais de um pavimento (intervenções), que abrangem tanto as ações preventivas quanto os reforços. O reforço consiste na operação de restauração onde se aproveita o valor residual da estrutura do pavimento e se acrescenta uma nova camada a mistura asfáltica (recapeamento). E por fim a reconstrução, que é a operação de refazer o pavimento, no todo.

Segundo norma do DER, departamento de Estradas e Rodagem, IP-DE-P00/003, são considerados defeitos em pavimentos flexíveis os itens transcritas a seguir:

- *“Fendas: são descontinuidades na superfície do pavimento, podendo assumir a feição de fissuras, trincas isoladas longitudinais ou transversais e trincas interligadas tipo couro de jacaré ou em bloco.*
- *Fissuras: fenda de largura capilar existente no revestimento, posicionada longitudinalmente, transversalmente ou obliquamente ao eixo da via, somente perceptível à vista desarmada a distâncias inferiores a 1,5 m, com abertura inferior a 1 mm.*
- *Trincas: fenda existente no revestimento, facilmente visível à vista desarmada, com abertura superior à da fissura, pode apresentar-se sob a forma de trinca isolada ou trinca interligada.*
- *Afundamento: deformação permanente caracterizada por depressão da superfície do pavimento, acompanhada, ou não, de pequena elevação do revestimento asfáltico.*
- *Ondulação ou Corrugação: deformação caracterizada por pequenas irregularidades longitudinais, com pequenos comprimentos de onda e amplitude irregular, acompanhadas ou não de escorregamentos.*

- *Irregularidade Longitudinal: desvio da superfície da rodovia em relação a um plano de referência, que afeta a dinâmica dos veículos, a qualidade de rolamento e as cargas dinâmicas sobre a via.*
- *Escorregamento: deslocamento do revestimento em relação à camada subjacente do pavimento, com aparecimento de trincas em forma de meia-lua.*
- *Exsudação: excesso de ligante asfáltico na superfície do pavimento.*
- *Desgaste: efeito do arrancamento progressivo do ligante e do agregado do pavimento.*
- *Panela: cavidade que se forma no revestimento por diversas causas (inclusive por falta de aderência entre camadas superpostas, causando o deslocamento das camadas), podendo alcançar as camadas inferiores do pavimento e provocar a desagregação dessas.*
- *Remendo: é a correção, em área localizada, de defeito do pavimento. Superficial é quando houver apenas correção do revestimento; profundo é quando, além do revestimento são corrigidas uma ou mais camadas inferiores, podendo atingir o subleito.”*

Segundo HAAS et AL. (1994) a avaliação de pavimentos fornece informações sobre as condições estrutural do pavimento e da capacidade de oferecer conforto e segurança aos seus usuários durante o tráfego de veículos. Estas informações norteiam os serviços de intervenções corretivas, ou seja, manutenção e restauração.

De acordo com o DNER (1993) a avaliação de pavimentos pode se dividida em funcional e estrutural. Então, Medina et. al. (1994) define:

- *“Avaliação Funcional: refere ao conforto ao rolamento, à segurança, custo do usuário das vias, influências do meio ambiente e aspectos estéticos. São realizadas medições de irregularidade superficiais, de resistência a derrapagem, além de contagem de defeitos que aparecem na superfície de rolamento.*
- *Avaliação Estrutural: é realizada para se conhecer as características das várias camadas que compõem o pavimento, quanto à sua resistência e deformabilidade sob a ação do tráfego, que são função das propriedades dos materiais e das espessuras das camadas.”*

SCARANTO (2005) defende que a avaliação prévia do estado em que se encontra a estrutura da via deve ser analisada frente à ação do tráfego, defeitos na superfície, conforto e segurança dos usuários da via, capacidade estrutural, resistência à derrapagem e a irregularidade longitudinal.

BORGES (2011) Afirma que a avaliação de pavimento consiste numa análise de suas condições quanto aos aspectos funcionais e estruturais. Em sua definição, os aspectos funcionais são associados à boa circulação, sendo esta segura e confortável, quanto menor a degradação superficial e de deformação de perfil do pavimento existente.

No contexto estrutural estão envolvidos o colapso do pavimento e a fadiga, onde a ordem de exigência de carga pode não ser suportada. BERNUCCI (2008) coloca que estão associados ao conceito de capacidade de carga, que pode ser vinculada diretamente ao projeto do pavimento e ao seu dimensionamento. Partindo do princípio que os defeitos estruturais resultam da repetição de cargas vinculadas a deformações elásticas ou recuperáveis, ou as plásticas permanentes.

Para determinação do desempenho do pavimento, características como degradação superficial, Deflexão, irregularidade longitudinal, textura superficial e drenabilidade deverão ser avaliadas (ALVES, 2007).

3.3. AVALIAÇÃO ESTRUTURAL DE PAVIMENTOS

Esta avaliação se faz necessária quando os mecanismos de degradação dos pavimentos são de natureza estrutural, provocada pela repetição das cargas do tráfego, seja por trincamento, por fadiga, reflexão de trincas ou acúmulo de deformações permanentes, entre outras (Nóbrega, 2003).

De acordo com HAAS et al. (1994), os métodos de avaliação estrutural de pavimentos são classificados em ensaios destrutivos e ensaios não-destrutivos.

3.3.1. AVALIAÇÃO DESTRUTIVA DO PAVIMENTO

A avaliação destrutiva se caracteriza por aquela na qual são realizados poços ou trincheiras para a retirada de amostras das camadas do pavimento e estas são levadas à laboratório para realização de ensaios de caracterização in situ. Esta tem por desvantagem invalidar a área que está sendo analisada para futuros testes, pois já ocorreu retirada de material do local e alteração da estrutura inicial.

Segundo VILLELA & MARCON (2001), além da amostragem destes materiais, são verificadas nos furos de sondagem:

- As espessuras das camadas;
- As condições dos materiais;

- As eventuais deformações das camadas;
- Os tipos de materiais;
- As condições de umidade.

A avaliação destrutiva pode ser realizada com o auxílio de processos manuais (pá e picareta) ou mecânicos (sondagem rotativa). Contudo para análise do material da PE-50 só foram realizadas sondagens a pá e picareta, deste modo só será discutido o tocante a este ensaio.

3.3.2. AVALIAÇÃO NÃO DESTRUTIVA DO PAVIMENTO

Este método permite determinar a capacidade estrutural do pavimento através de provas de carga e medição das deformações, reproduzindo com boa aproximação, a carga do pavimento devido à ação do tráfego atuante(SOUSA, 2011).

Segundo HAAS et al. (1994), as avaliações não destrutivas são mais utilizadas em relação às técnicas destrutivas em função de seu baixo custo, da menor retenção do tráfego e, de acordo com o nome da técnica, não danifica o pavimento.

Segundo MEDINA et al. (1994), quanto à forma de aplicação da carga, há três classes de equipamentos utilizados na avaliação estrutural não-destrutiva. São eles:

- *“Equipamentos de carregamento quase-estático: viga Benkelman, viga Benkelman Automatizada, entre outros;*
- *Equipamentos de carregamento vibratório: Dynaflect, Road Rater, etc.;*
- *Equipamentos de carregamento por impulso: Falling Weight Deflectometer (FWD).”*

O estudo desenvolvido através deste trabalho se ateve ao levantamento com o aparelho FWD.

3.4. AVALIAÇÃO FUNCIONAL DO PAVIMENTO

A avaliação funcional de um pavimento relaciona-se à apreciação da superfície dos pavimentos e como este estado influencia no conforto ao rolamento (HENRIQUE, 2013). Existem diferentes métodos de avaliação funcional, porém o utilizado neste trabalho foi através da determinação do Índice Internacional de Irregularidade (IRI), o qual foi medido com o auxílio do equipamento RSP.

3.5. PARÂMETROS CHAVE NA AVALIAÇÃO DO PAVIMENTO

A seguir são relatados os parâmetros considerados fundamentais na avaliação do pavimento.

Deflexão: segundo ALVES (2007) são todas as medidas de recalque observáveis do pavimento quando submetido a um determinado carregamento. As deflexões medidas em vários pontos ao longo da distancia total do ponto de aplicação da carga das várias camadas constituintes permite avaliar a contribuição de cada camada.

Segundo a definição da norma DNER-PRO-11/79, esta é definida da seguinte forma: “*Deflexão é o afundamento vertical em um ponto do pavimento, causado pela passagem de carga. A deflexão é função da distância e da carga de um ponto considerado. Ela parte de um valor nulo, quando o ponto a ser medido ainda não está na zona de influência da carga(chegada), cresce até*

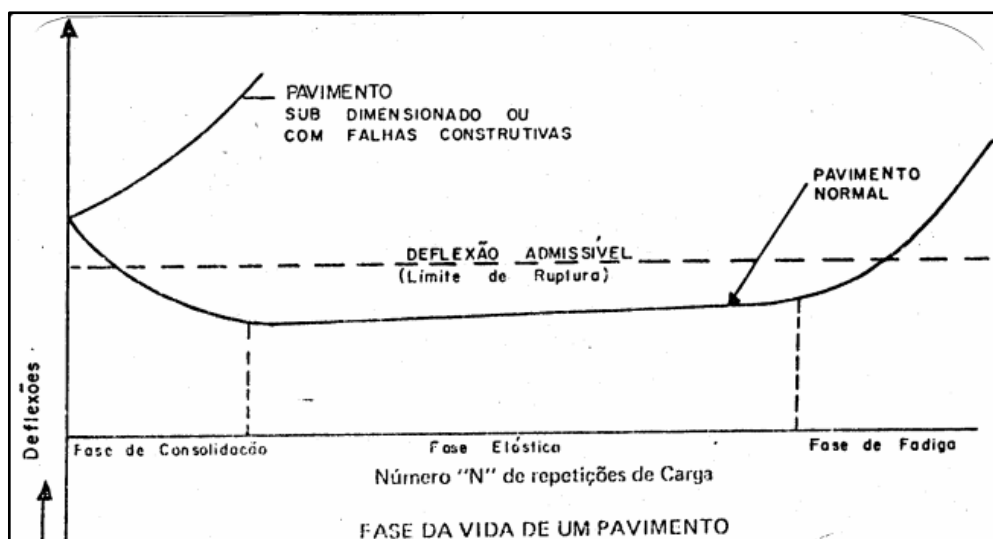
um valor máximo que ocorre quando a carga vertical está sobre o ponto de medida, ou muito próximo dele. Com o afastamento(saída) da carga do ponto de medida, a deflexão decresce progressivamente até tornar-se novamente nula. “

De acordo com FERREIRA AQUINO (2010) o comportamento da deflexão pode ser tanto elástica quanto viscoelástica, o primeiro é caracterizado pelo retorno do corpo a forma anterior após este sofrer deformação devido aplicação de carga. Como consequência deste comportamento, o pavimento pode apresentar o surgimento de trincas, bem como fadiga do revestimento. O segundo, em contrapartida não se regenera de maneira instantânea, requerendo um intervalo de tempo. Deste modo, pode ser admitido que a deformação do pavimento componha o grupo que se comporta de forma elástica.

A norma DNER PRO 011 (1979) estabelece que ao longo da vida útil, os efeitos diversos, tais como: tráfego, precipitação e mudança de temperatura, causam fadiga da estrutura. Segundo este critério, pode-se distinguir três fases principais da vida de um pavimento

- I. Fase de consolidação
- II. Fase elástica
- III. Fase de fadiga

Figura 1 - Fases da vida de um pavimento



Fonte: DNER – PRO-011/1979

A primeira fase, a de consolidação, verificada imediatamente após construção do pavimento, é caracterizada pela elevada deflexão, decorrente da consolidação adicional proporcionada pelo tráfego das diversas camadas do pavimento. Observa-se que posteriormente, o valor da mesma entra em uma tendência de estabilidade.

Em seguida é observada a fase elástica. Nesta a deflexão se apresenta aproximadamente constante ou cresce ligeiramente. É válido enfatizar que é esta fase que vai definir a vida útil do pavimento, tendendo a se alongar na diferença verificada entre deflexão admissível e a deflexão suportada pelo pavimento.

Por fim tem-se a fase de fadiga, e concomitantemente o aparecimento de fissuras, trincas, e acúmulo de deformações permanentes sob cargas repetidas, caracterizada pelo crescimento acelerado do valor da deflexão no pavimento.

Como conclusão, tem-se que o pavimento será melhor tanto quanto mais extensa for sua fase elástica, que de forma generalizada, está limitada pelo

número de solicitações das cargas de roda e por diversos fatores que causam deficiências no revestimento e na estrutura do pavimento.

Raio de curvatura: é abordado nas normas DNER-ME-024/94 e DNER-PRO-011/79. Este é conceituado como o arqueamento da bacia de deflexão em seu ponto mais crítico, normalmente a 25cm do centro de carga D25. Uma vez que este parâmetro está associado com a rigidez do pavimento, quanto maior for esta, maior será o raio de curvatura. Segundo MACEDO (2003) isto implica que na fase de fadiga, o pavimento perde drasticamente a rigidez, diminuindo, por consequência o raio de curvatura.

Módulo de resiliência: é a relação entre tensão-desvio aplicada repetidamente em uma dada amostra e a deformação correspondente específica vertical recuperável ou resiliente.

3.6. CLASSIFICAÇÃO DOS PAVIMENTOS

De acordo com o manual do DNIT, os pavimentos são classificados em flexíveis, semi-rígidos e rígidos:

- *“Flexível: aquele em que todas as camadas sofrem deformação elástica significativa sob o carregamento aplicado e, portanto, a carga se distribui em parcelas aproximadamente equivalentes entre as camadas. Exemplo típico: pavimento constituído por uma base de brita (brita graduada, macadame) ou por uma base de solo de pedregulho, revestida por uma camada asfáltica.*
- *Semi-rígido: caracteriza-se por uma base cimentada por algum aglutinante com propriedades cimenteiras, como por exemplo, por uma camada de solo cimento revestida por uma camada asfáltica.*

- *Rígido: aquele em que o revestimento tem uma elevada rigidez em relação às camadas inferiores e, portanto, absorve praticamente todas as tensões provenientes do carregamento aplicado. Exemplo típico: pavimento constituído por lajes de concreto de cimento Portland.”*

As estradas brasileiras são compostas pelos diversos tipos de pavimentos, porém este trabalho se retém a análise de pavimento flexível, pois é este que compõe a PE-50.

3.6.1. PAVIMENTO FLEXÍVEL

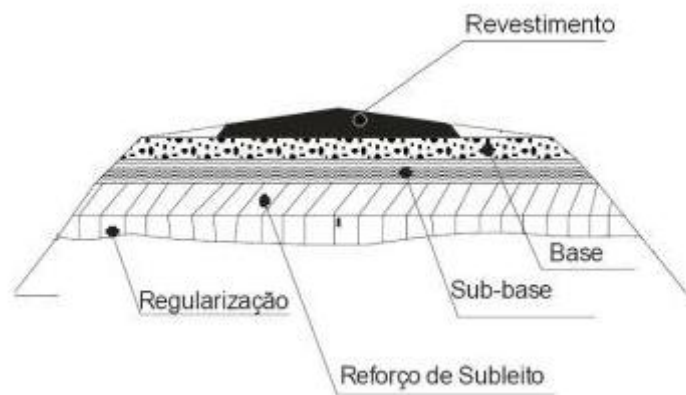
As camadas que compõem o pavimento flexível, no qual ocorrem deformações grandes com áreas pequenas, são:

- **Revestimento:** corresponde à camada mais cara do pavimento, é aquela que tem contato direto com os veículos. Tem por função garantir a impermeabilização, pois o pavimento sofre muito com a penetração de água; oferecer conforto; garantir a segurança, ou seja, deve apresentar um coeficiente de atrito; resistir aos esforços horizontais causados pelo tráfego, tais como frenagem e aceleração dos veículos; resistir aos esforços verticais.
- **Base:** tem por função resistir aos esforços verticais transmitidos ao pavimento, aliviando as tensões nas camadas inferiores, distribuindo-as. Possui especificações rigorosas quanto ao material.
- **Subbase:** tem a mesma função da base, porém recebe pressões menores. Ela é constituída por um material menos nobre que o da base, o que acarreta em um custo menor, pois ao se ter uma subbase pode-se

diminuir a espessura da base, reduzindo o gasto. Deste modo, esta é utilizada por uma questão meramente econômica.

Por fim tem o subleito, porém este não constitui uma camada do pavimento e sim o terreno sobre o qual a estrutura se apóia, ou seja, constitui a infraestrutura e as outras camadas repousam sobre esta. Em alguns trechos, é possível verificar a presença de uma camada de reforço do subleito, a qual é executada quando se faz necessária a preparação do subleito da estrada, para conformá-lo com o projeto, esta deve ser executada sempre que possível em aterro (Figura 2).

Figura 2 - Seção Transversal do Pavimento

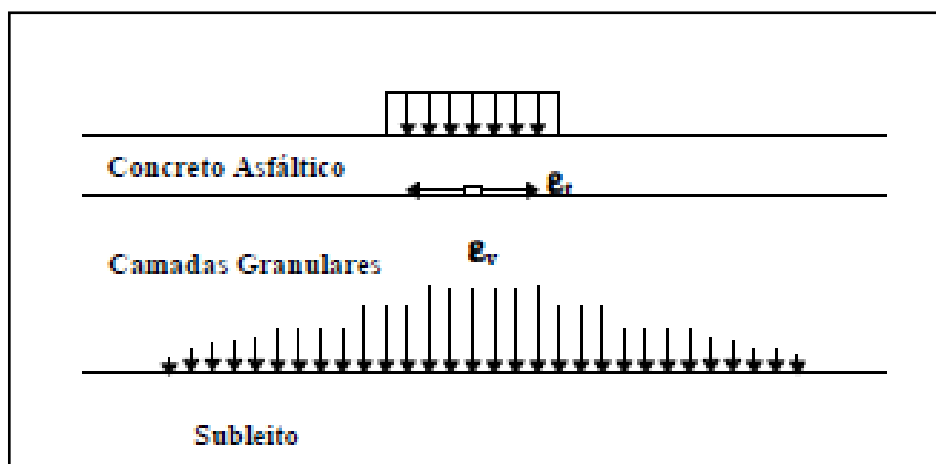


Fonte: DNIT, 2006, p. 106

“Um pavimento flexível é aquele que tem revestimento asfáltico e camada de base granular. A distribuição das tensões e deformações, geradas na estrutura pelas cargas de roda do tráfego, se dá de modo que as camadas de revestimento e base aliviem as tensões verticais de compressão no subleito por meio da “absorção” de tensões cisalhantes. Neste processo, ocorrem tensões e deformações de tração na fibra inferior do revestimento asfáltico, as quais provocarão seu trincamento por fadiga com a repetição das cargas do tráfego (Figura 3). Ao mesmo tempo, a repetição das tensões e deformações verticais de compressão que atuam em todas as camadas do

pavimento levará à formação de afundamentos em trilha de roda, quando o tráfego tender a ser canalizado, e à ondulação longitudinal da superfície, quando a heterogeneidade do pavimento for significativa” (GONÇALVES, 1999).

Figura 3 - Seção Típica de um Pavimento Flexível em Concreto Asfáltico



Fonte: GONÇALVES, 1999

3.7. SONDAGEM A PÁ E PICARETA

Baseia-se na NBR 9604 SET/1986 e tem por objetivo o recolhimento de material para análise e classificação deste em laboratório através dos ensaios de Granulometria, Limite de Liquidez, Limite de Plasticidade, Compactação e Índice de Suporte Califórnia.

3.8. FALLING WEIGHT DEFLECTOMETER (FWD)

Segundo BERNUCCI et al. (2010) o FWD constitui um dos equipamentos mais atuais de medida dos deslocamentos elásticos de um pavimento, pois este funciona a partir do impacto por queda, de um peso suspenso a certa

altura, sobre amortecedores que comunicam o choque a uma placa metálica, apoiada sobre o pavimento, no ponto de leitura da deflexão máxima.

O FWD (Figura 4) é um refletômetro de impacto que foi desenvolvido na Dinamarca e aperfeiçoado nos Estados Unidos da América. Este simula o efeito da passagem da carga de um veículo nas condições de tráfego reais e tem por objetivo a obtenção de deflexões com rapidez e elevado nível de confiabilidade. Além disso, afere a deformação vertical que ocorre no pavimento devido à aplicação de uma carga dinâmica padronizada, onde todas as informações coletadas no levantamento são armazenadas e transmitidas para o computador através da CP-15 (unidade de processamento de sinal).

Figura 4 - Falling Weight Deflectometer (FWD)



Fonte: RABELO e CORREIA (2015)

O carregamento é transmitido ao pavimento através de uma placa de 30 cm de diâmetro. A carga é medida através de uma célula de carga e tem duração de 25 a 30ms, tempo correspondente ao da passagem de um veículo com velocidade de 60 a 80 Km/h. Na realidade, o FWD aplica pulsos de carga no pavimento em forma de ondas, que se propagam no interior da estrutura a

velocidades finitas e são registradas em diferentes instantes pelos sensores (NÓBREGA, 2003).

O ensaio tem como finalidade subsidiar a análise estrutural em projetos de pavimento, através das bacias das deflexões, interpretadas pela retro análise dos módulos de resiliência.

Geofones: são transdutores de velocidade instalados ao longo de uma barra metálica (Figura 5) e um na própria placa circular, os quais medem os deslocamentos recuperáveis gerados na superfície do pavimento (bacia de deflexões). Estes devem ser cuidadosamente aferidos (MACÊDO, 2003). Segundo CARDOSO (1995), no caso do FWD da Dynatest, as deflexões são medidas através de sete sensores, que são os geofones e estes estão dispostos da seguinte forma: um no centro da placa e os outros em distâncias pré-estabelecidas, ao longo de uma barra metálica de até 4,5m de comprimento (NÓBREGA, 2003). Os pontos de máxima de cada geofone correspondem a bacia de deflexão. Segundo FERNANDO et al. (2002) a partir das deflexões de pico medidas em cada geofone é possível prevê o módulo das camadas da estrutura pela maioria dos atuais procedimentos de retroanálise, o que corresponde à finalidade de uso do FWD.

Figura 5 - Sensores de Medida de Deflexão



Fonte: MACÊDO, 2003

Cédulas de Carga: mede a carga gerada pelo impacto dos pesos, sobre um sistema de amortecedores de borracha, permitindo, assim, a calibragem da altura de queda destes. Este conjunto de massas cai de uma altura pré-fixada, sobre um sistema de amortecedores de borracha, que transmitem a força aplicada a uma placa circular apoiada no pavimento (MACÊDO, 2003). Mede a carga aplicada ao pavimento e esta deve estar de acordo com a especificada pelo projeto. A carga é medida através de uma célula de carga e tem duração de 25 a 30ms, tempo correspondente ao da passagem de um veículo com velocidade de 60 a 80 Km/h e o carregamento é transmitido ao pavimento através de uma placa de 30cm de diâmetro (NÓBREGA, 2003).

O equipamento FWD 8002, modelos utilizados no levantamento, apresenta os seguintes opcionais acoplados à sua estrutura:

- Medidor de distância (*Distance Measuring Instrument (DMI)*) com resolução de 1,0 m;
- Medidor automático de temperatura do ar e do pavimento, conectado ao processador 9000 SP, com resolução de 0,5°C e acurácia de +/- 1°C (entre -18°C e +70°C);
- Barra de extensão para medida da transferência de carga nas juntas dos pavimentos de concreto de cimento Portland;
- GPS de precisão métrica com coordenadas geográficas.

Este equipamento é utilizado em pavimento rígido e flexível, porém a metodologia de realização do ensaio difere nos dois casos. Contudo, este trabalho irá se reter em explicar apenas a metodologia de levantamento em pavimento flexível, pois o trecho levantado consiste neste tipo de pavimento.

3.9. ROAD SURFACE PROFILOMETER (RSP)

O *Road Surface Profiler* (RSP) (Figura 6) é um equipamento que utiliza: feixes de raios laser para aferir a distância ao pavimento, um acelerômetro para estimar o deslocamento vertical do veículo no qual é instalado, e um odômetro de precisão. Assim, são levantados continuamente e em tempo real os perfis longitudinais e transversais, bem como o afundamento nas trilhas de roda, caso também se opte em utilizar emissores de raios lasers adicionais instalados lateralmente ao equipamento (ring lasers) (ATP Engenharia, 2015).

Figura 6 - Road Surface Profiler (RSP)



Fonte: ATP Engenharia (2015)

As diferenças encontradas entre perfil da estrada e superfície teórica indicam a irregularidade do pavimento. Os dados são confrontáveis com a escala internacional para avaliação de irregularidade (IRI). O IRI define o parâmetro que representa os desvios da superfície que afetam a dinâmica dos veículos, a qualidade do rolamento, o carregamento e a drenagem. É o parâmetro mais utilizado internacionalmente na avaliação funcional de pavimentos (ATP Engenharia, 2015).

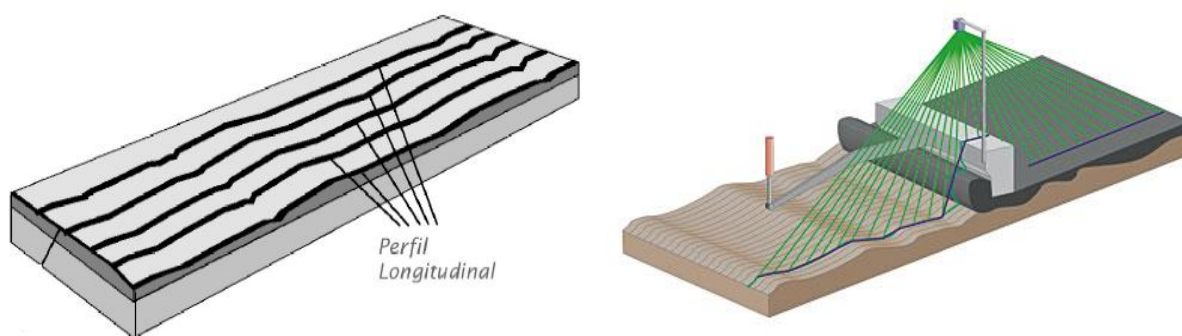
Uma irregularidade longitudinal pode ser decorrente de vários fatores. Estes podem ocorrer isolada ou concomitantemente, como a deficiência de manutenção, problemas construtivos e outros.

Para a mensuração dessa irregularidade podem ser utilizados diversos equipamentos. O utilizado no presente trabalho foi emprestado pela ATP Engenharia LTDA e é o RSP Mark III *Dynatest* 5051, desenvolvido nos EUA em 2003, adaptável em diversas plataformas de veículos. Este possui capacidade para comportar de dois a vinte e um emissores de raios laser funcionando simultaneamente.

Os dados são coletados e processados em uma Unidade de Processamento de Dados (DPU) e enviados para um notebook que armazena através de um programa *Dynatest Control Center (DCC)*, desenvolvido pela equipe da *Dynatest na Flórida – EUA*.

Sua calibração é efetuada antes do início de cada levantamento utilizando o programa DCC. As leituras são armazenadas em formatos *.rsp, *.iri, *.xls entre outros, de acordo com o tipo de levantamento. Os perfis longitudinais das leituras das medidas do acelerômetro com o uso do laser são demonstrados na Figura 7.

Figura 7 - Perfis Longitudinais



Fonte: ATP Engenharia (2015)

3.10. IRREGULARIDADE LONGITUDINAL

BARELLA (2008) as definições mais relevantes de “irregularidade de pavimentos” para o contexto brasileiro são: a da brasileira DNER PRO 164/94, a da norma americana ASTM E 867-04 e a de DOMINGUES (2004).

De acordo com o DNER PRO 164/94, a irregularidade longitudinal de um pavimento é: *“o desvio da superfície da rodovia, em relação a um plano de referência, que afeta a dinâmica dos veículos, a qualidade do rolamento e as cargas dinâmicas sobre a via.”*

De acordo com a norma ASTM E 867-82: *“is the deviation of a surface from true planar surface with characteristics dimensions that affect vehicle dynamics, ride, quality, dynamic loads and drainage.”*

Segundo DOMINGUES (2004): *“é o conjunto dos desvios de sua superfície, ao longo das trilhas de roda, em relação à superfície ideal projetada, com características tais que afeta o movimento dos veículos, a qualidade do rolamento, as cargas dinâmicas que atuam sobre a via e a drenagem da superfície.”*

A partir destas BARELLA (2008) chegou a uma conclusão mais simplificada de que a irregularidade longitudinal do pavimento representa o conjunto dos desvios indesejáveis de sua superfície, que atrapalha o rolamento rápido e suave dos veículos, gera insegurança e onera seus usuários, além de acelerar a degradação do pavimento.

- Rapidez do Rolamento: quanto maior a irregularidade, menor a velocidade praticada

- Segurança: pavimentos irregulares diminuem a dirigibilidade, o que dificulta a drenagem e facilita a aquaplanagem, aumentando a necessidade de desvios durante o tráfego e reduzindo a atenção no trânsito.
- Economia: pavimentos irregulares aumentam o consumo de combustível e o custo de manutenção dos veículos.
- Conforto: fator mais sentido pelo usuário

3.11. PERFILÔMETRO INERCIAL

Serve para determinar o perfil longitudinal de qualquer trecho do pavimento e a partir destes é possível calcular os índices de irregularidade mais comuns, no intervalo de tempo que for adequado.

Medidores de perfil, em geral, trabalham com 3 elementos: ponto de referência, altura em relação ao ponto de referência e deslocamento longitudinal. Os perfilômetros possuem os 3 elementos, só que sua grande diferença em relação aos outros equipamentos está na produtividade. Por ser um equipamento dinâmico, este opera instalado em um veículo, que trafega na velocidade normal da rodovia, um perfilômetro inercial consegue medir algumas centenas de quilômetros de faixas de rolamento em um dia, enquanto outros aparelhos, não passariam de poucas dezenas (BARELLA, 2008).

Tipicamente, um perfilômetro inercial é composto das seguintes partes:

- Um ou mais módulos de medição da distância entre o veículo e o pavimento, sem contato, que funcionam a altas frequências. (O utilizado para o levantamento e fornecido pela ATP Engenharia possui módulos de medição a laser).

- Um ou mais sensores de aceleração vertical, que normalmente são instalados dentro dos módulos de medição laser, devendo estar em perfeito alinhamento com o sistema de medição laser, que podem gerar informação na mesma frequência deles.
- Um hodômetro de precisão, normalmente ótico, instalado em uma das rodas.
- Um sistema eletrônico ao qual todos os sensores são conectados, que gerencia a coleta dos dados simultânea de cada um dos sensores e o envio de todos os dados para um computador
- Software capaz de gerenciar toda a coleta de dados e de verificar o funcionamento dos componentes do sistema.

De maneira simplificada tais perfilômetros funcionam da seguinte maneira: em um momento inicial, o veículo contendo o equipamento trafega sobre o pavimento e o computador registra simultaneamente: o deslocamento longitudinal, a altura do veículo até o pavimento e a aceleração vertical do veículo. Dependendo do sistema, tais dados podem ser processados gerando o valor de algum índice de irregularidade no momento em que são coletados, enquanto outros deixam esta função para ser executada somente após a coleta de dados(BARELLA, 2008).

Quanto mais rápido um perfilômetro inercial passa sobre um pavimento, maiores são os comprimentos de onda que ele consegue incluir no perfil.

Deste modo, segundo publicado por BARELLA et al. (2004), desde que se trafegue acima de 30 Km/h (ou outra velocidade limite informada pelo fabricante), a velocidade de passagem do perfilômetro pode variar na medida do necessário, sem prejuízo na qualidade dos dados. Assim, se a velocidade

for muito baixa, pode haver diferença nos valores dos índices de irregularidade calculados.

Isto acontece, ainda segundo BARELLA (2008), pois os acelerômetros usados neste tipo de equipamento podem não sentir, a uma baixa velocidade, as irregularidades com maiores comprimentos de onda, que seriam facilmente sentidas em uma velocidade maior, e desta maneira, o sistema deixaria de computá-la. Este efeito acontece de forma similar em um veículo, pois seus ocupantes podem deixar de sentir determinadas irregularidades a velocidades muito baixas; seria como um carro contornasse por cima da irregularidade, sem que ela causasse desconforto aos ocupantes.

3.12. GRANULOMETRIA

A análise granulométrica de um solo é realizada através do peneiramento, e da sedimentação, ambos descrito pela NBR 7181/1984. Tem por finalidade determinar a composição do solo a partir do tamanho das suas partículas ou dos grãos que o compõem. Com os resultados é possível construir a curva de distribuição granulométrica.

A parte sólida dos solos é composta por um grande número de partículas que possuem diferentes dimensões. Tais frações constituintes dos solos, de acordo com a escala granulométrica brasileira ABNT, são representados no Quadro 1 (Caputo, 1998).

Quadro 1 - Frações Constituintes do Solo

Classificação	Diâmetro dos Grãos
Argila	Menor que 0,005 mm
Silte	Entre 0,05 e 0,005 mm
Areia	Entre 4,8 e 0,05 mm
Pedregulho	Entre 76 e 4,8 mm

Fonte: NBR – 6502/1995

A distribuição granulométrica dos materiais granulares, areias e pedregulhos, será obtida através do processo de peneiramento de uma amostra seca ao ar livre (processo realizado no laboratório da ATP Engenharia, que executou os ensaios em 2013 e se dispôs a executá-los em 2015) ou em estufa, enquanto que, para siltes e argilas se utiliza a sedimentação dos sólidos no meio líquido. A seguir será descrito como determinar a granulometria por peneiramento, pois o trabalho se ateve a este caso.

A determinação da granulometria por peneiramento é adotada para partículas com diâmetros maiores que 0,075mm (#200). Em tal procedimento são utilizadas uma série de peneiras com abertura de malhas conhecidas, e através da percentagem retida ou passante é possível fazer as determinações. É fixada a separação do solo em várias frações, o que possibilita o traçado da curva granulométrica.

3.13. LIMITE DE LIQUIDEZ

O limite de liquidez (LL) do solo, regido pela NBR 6459 (AGO/1984) e pelo DNER – ME 122/94, é determinado usando o aparelho de Casagrande, o qual consiste em uma concha de latão sobre suporte de ebonite. Este ensaio determina o teor de água acima do qual o solo adquire o comportamento de um líquido.

Por definição, o limite de liquidez é o teor de umidade para qual o sulco se fecha com 25 golpes. É recomendada a determinação de pelo menos três pontos, dois com umidade aproximadamente menor que o LL e dois com umidade maior.

A norma NBR 6457 descreve um acréscimo de água ao solo, o que caracteriza uma determinação da variação do solo de um estado mais duro até um mais mole.

3.14. LIMITE DE PLASTICIDADE

O Limite de Plasticidade (LP) é o teor de umidade abaixo do qual o solo passa do estado plástico para o estado semisólido. É realizado de acordo com a NBR 7180 OUT/1984 e o DNER – ME 082/94 e determinado pelo mínimo teor de umidade para o qual o solo começa a se fraturar quando se tenta moldar um cilindro de solo com aproximadamente 3 mm de diâmetro e 10 cm de comprimento.

3.15. ENSAIO DE COMPACTAÇÃO

Segundo a NBR 7182 AGO/1986 a compactação é um método de estabilização de solos que se dá por aplicação de alguma forma de energia (impacto, vibração, compressão estática ou dinâmica). Seu efeito confere ao solo um aumento de seu peso específico e resistência ao cisalhamento, e uma diminuição do índice de vazios, permeabilidade e compressibilidade. Através desse ensaio é possível obter a correlação entre o teor de umidade e o peso específico seco de um solo quando compactado com determinada energia. O ensaio mais comum é o de Proctor (Normal, Intermediário ou Modificado), que é realizado através de sucessivos impactos de um soquete padronizado na amostra.

3.16. ÍNDICE DE SUPORTE CALIFORNIA (ISC)

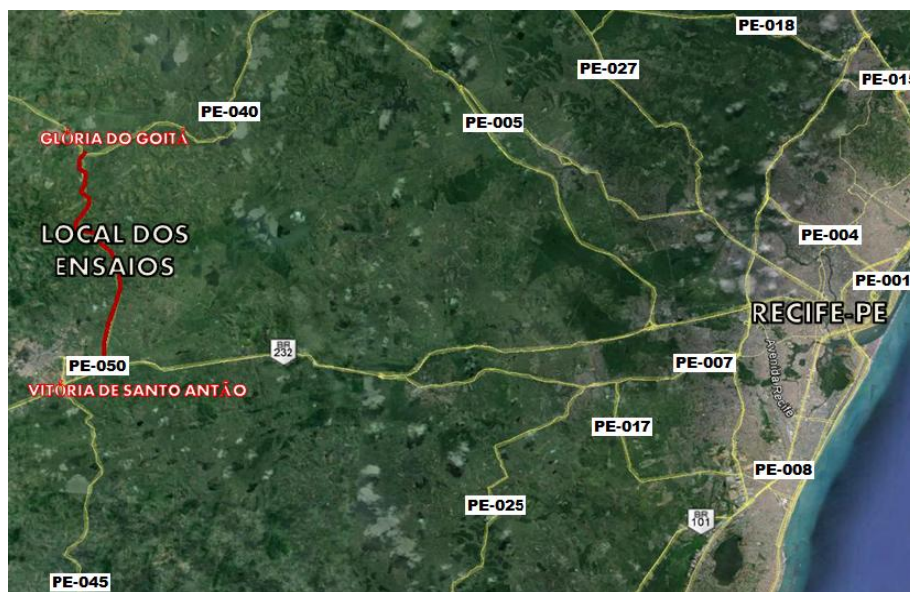
De acordo com a NBR 9895 JUN/1987 e o DNER – ME 049/94 o Índice de Suporte Califórnia (ISC ou CBR – California Bearing Ratio) é a relação, em percentagem, entre a pressão exercida por um pistão de diâmetro padronizado necessária à penetração no solo até determinado ponto (0,1”e 0,2”) e a pressão necessária para que o mesmo pistão penetre a mesma quantidade em solo-padrão de brita graduada. Através do ensaio de CBR é possível conhecer qual será a expansão de um solo sob um pavimento quando este estiver saturado, e fornece indicações da perda de resistência do solo com a saturação. Apesar de ter um caráter empírico, o ensaio de CBR é mundialmente difundido e serve de base para o dimensionamento de pavimentos flexíveis.

4. METODOLOGIA

4.1. LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

Os ensaios foram realizados na PE-50, no trecho entre Vitória de Santo Antão e Glória de Goitá (Figura 8). O início do trecho a ser ensaiado está a aproximadamente 50 quilômetros do Recife. Em 2013 o ensaio foi efetuado em uma extensão de 15,680 Km (da estaca 0 até a 784) para o RSP e de 15,640 Km para o FWD (da estaca 2 até a 784) (Figura 9) e o ensaio foi realizado nos dois sentidos da via. Já em 2015, como o objetivo foi ter acesso a uma amostra do todo para fazer uma análise comparativa e assumir que o resultado poderia se replicado, pois o trecho não possui nenhuma via principal cortando-o, de forma que o fluxo de carros fosse diminuir ou aumentar consideravelmente do início ao fim. Desta forma o ensaio foi realizado em um trecho de 400 metros, compreendendo a estaca 6 até a 26 e foi feito apenas na faixa da direita, de acordo com a (Figura 10).

Figura 8 - Mapa de Localização



Fonte: Google Earth (2015)

Figura 9- Localização do levantamento de 2013



Fonte: Google Earth (2015)

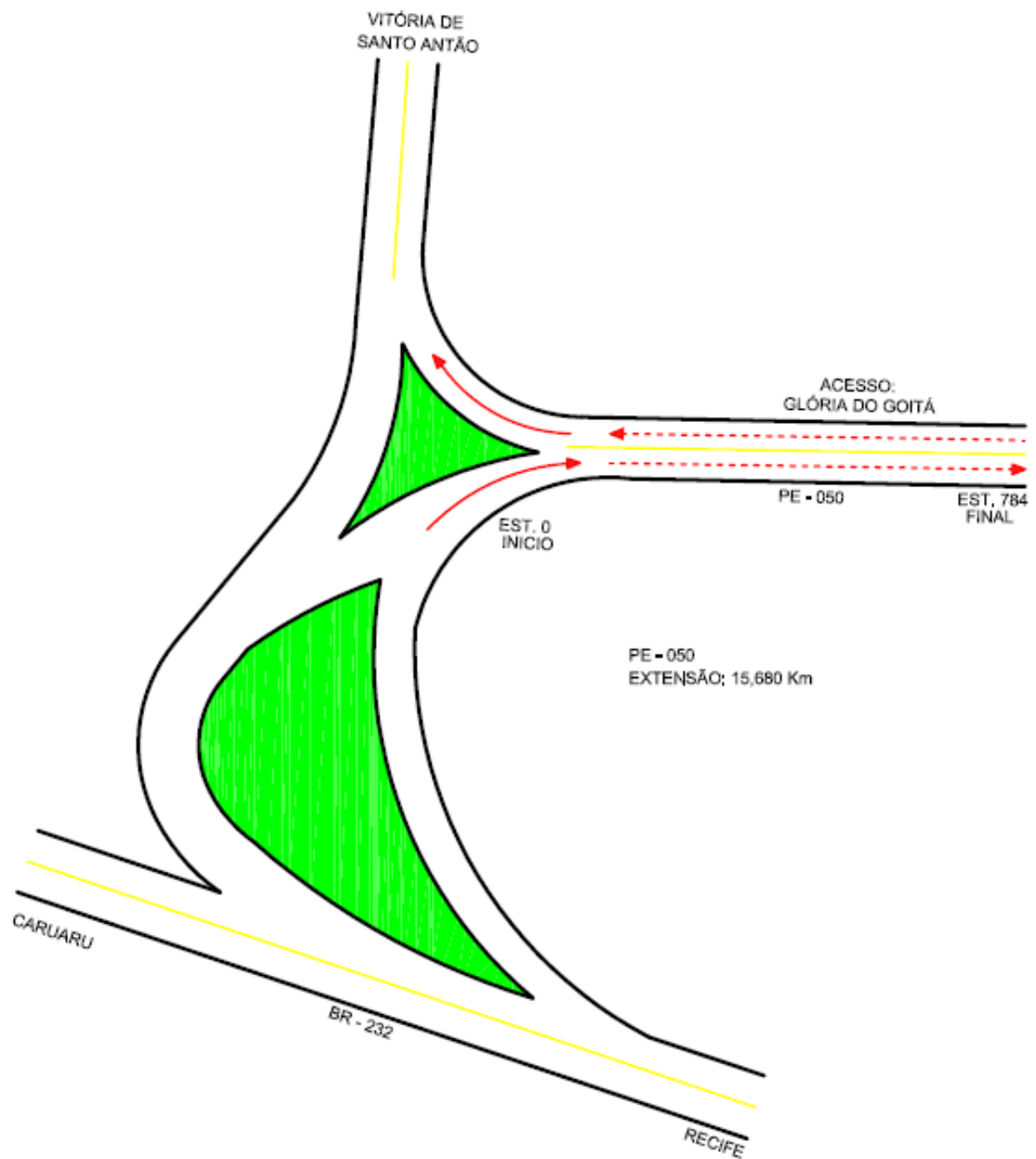
Figura 10 - Localização do levantamento de 2015



Fonte: Google Earth (2015)

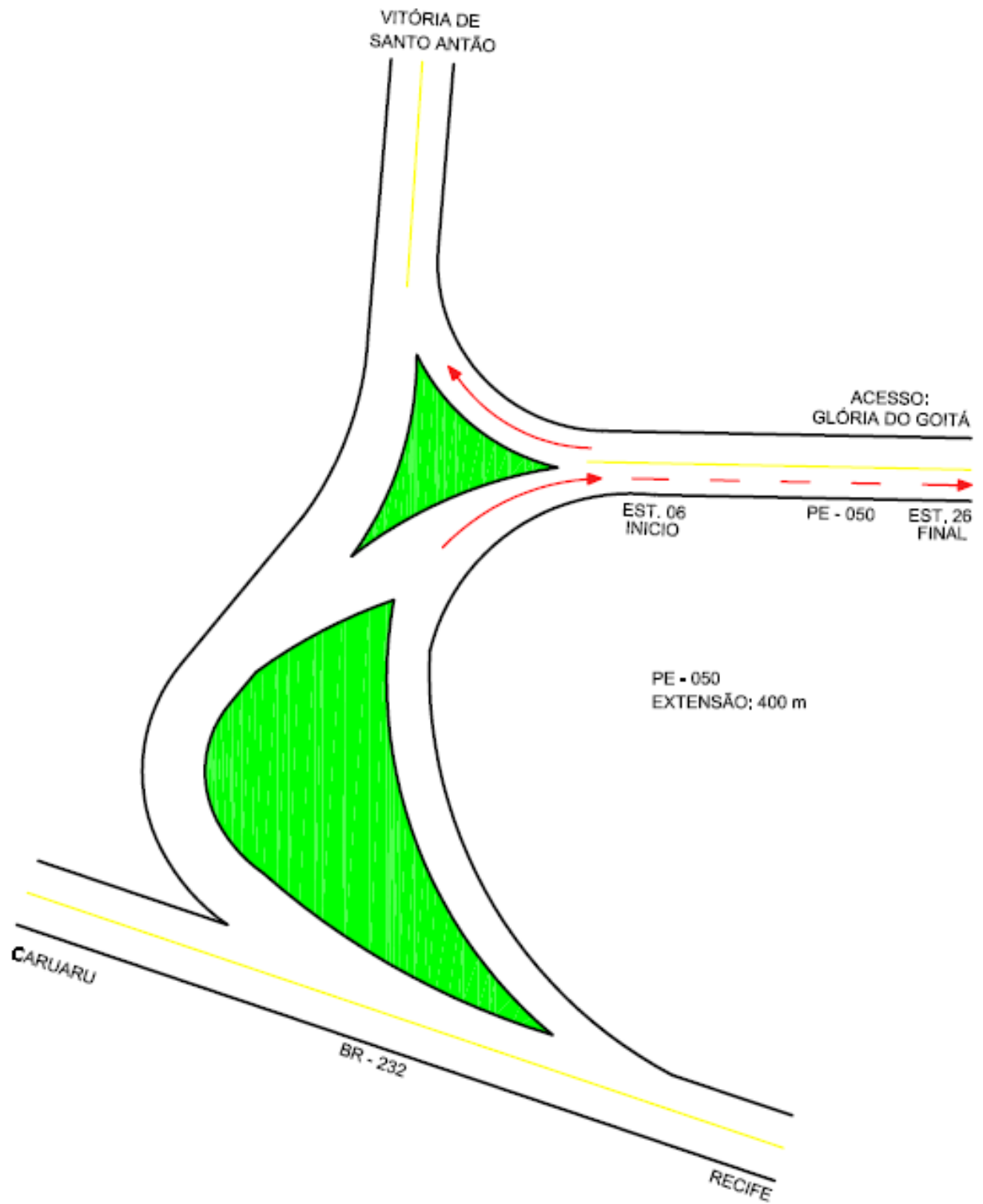
As Figuras 11 e 12 demonstram os croquis dos dois levantamentos, o de 2013 e de 2015 respectivamente. Evidenciando estacas e faixas levantadas.

Figura 11 - Croqui do levantamento de 2013



Fonte: RABELO e CORREIA (2015)

Figura 12 - Croqui do levantamento de 2015



Fonte: RABELO e CORREIA (2015)

4.2. SONDAGEM A PÁ E PICARETA

Para realização de tal ensaio é necessário executar um poço de 1m² no bordo da pista e o solo retirado é depositado lateralmente ao furo, uma parcela deste é coletada e armazenada em recipiente adequado para então ser enviado ao laboratório, neste caso foi utilizado o da ATP Engenharia, onde os ensaios de caracterização foram realizados.

Além disso, no local onde o poço é efetuado, à medida que se retira as camadas e identifica-as, estas também devem ser classificadas em campo, através da análise tátil visual e suas espessuras deverão ser medidas.

No ano de 2013 foram realizados poços na estruturas das estacas 10, 110, 210, 310, 410, 510, 610 e 710, ou seja, a cada 2 quilômetros foram retiradas amostras e o material foi caracterizado em campo e em laboratório. Como em 2015 o trecho levantado e avaliado foi de apenas 400 metros, e o material da estaca 10 já havia sido avaliado em 2013, analisou-se então o material da estaca 14 (Figura 13). Nos anexos encontram-se os resumos dos ensaios de caracterização in situ e os boletins de sondagem.

Figura 13 - Poço realizado na PE-50 em 2015



Fonte: RABELO e CORREIA (2015)

4.3. LEVANTAMENTO FALLING WEIGHT DEFLECTOMETER (FWD)

São executados dois ensaios por ponto avaliado, o primeiro com uma carga de 4,1 toneladas e o segundo com 8,2 toneladas. Esta variação tem o intuito de verificar o comportamento linear do pavimento sob a aplicação de diferentes níveis de carga.

As deflexões são medidas através de sete sensores: geofones, no caso do FWD *Dynatest*. Estes sensores estão dispostos da seguinte forma: um no centro da placa e os outros em distâncias preestabelecidas, ao longo de uma barra metálica de até 4,5m de comprimento (CARDOSO, 1995).

Os equipamentos utilizados pela ATP Engenharia para fazer o levantamento dos dados estão descritos na Tabela 1.

Tabela 1 - Especificações Equipamentos FWD-01 e FWD-02

FWD			PESO	PROCESSADOR			CELULAR DE CARGA			QTD. GEOFONES	SENSOR DE TEMPERATURA DO AR			SENSOR DE TEMPERATURA			DMI	
N°	MODELO	N° DE SÉRIE		MARCA	N° DE SÉRIE	FIRMWARE	N° DE SÉRIE	GANHO RELATIVO	GANHO ABSOLUTO		N° DE SÉRIE	CALIBRAÇÃO V1	CALIBRAÇÃO V2	N° DE SÉRIE	CALIBRAÇÃO V1	CALIBRAÇÃO V2	S/N	CALIBRAÇÃO
1	DYNATEST FWD	8002-210	970 KG	COMPACT 15	CP15-187	300	86202c-7006	1,003	65,71	7	86231-0186	2731,0 mV at 0 °C	3784,0 mV at 100 °C	86234-1808	986,0 mV at 0 °C	2146,0mV at 100 °C	86311-224	79336 cp 10 Km
2	DYNATEST FWD	8002-314	970 KG	COMPACT 15	CP15-181	300	86207-920	1,003	65,59	7	86231-0370	2743,1 mV at 0 °C	3686,2 mV at 100 °C	86233-0406	998,3 mV at 0 °C	2193,1 mV at 100 °C	XXX1	79000 cp 10 Km

Fonte: ATP Engenharia (2015)

Nos estudo foram empregados os seguintes espaçamentos entre os geofones: 0;20;30;45;60;90;120 (em centímetros) (Figura 14).

Figura 14 - Esquema de Execução do Levantamento Deflectométrico



Fonte: ATP Engenharia (2015)

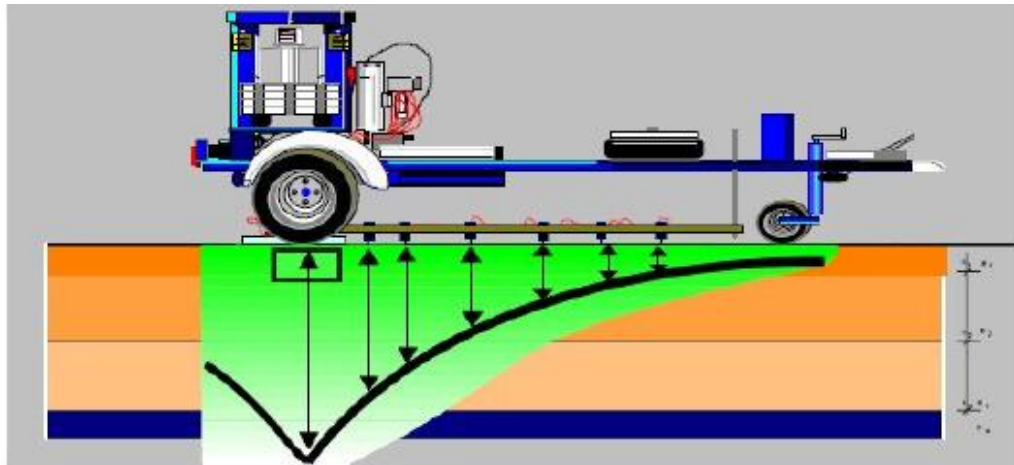
As distâncias dos geofones (transdutores) ao centro da placa de carga são fixadas visando maximizar a acurácia em função da estrutura do pavimento ensaiado, procurando-se posicioná-los de forma que as deflexões neles registradas reflitam a contribuição das diversas camadas na deformabilidade total do pavimento e definam completamente a geometria da bacia. Os deslocamentos recuperáveis gerados na superfície do pavimento (bacia das deflexões) são medidos por geofones instalados na placa de carga e ao longo de uma barra metálica. Tem-se, então, que o primeiro geofone mede a deflexão sob a ação da carga (D_0), o segundo geofone mede a deformação do pavimento a 20 cm do ponto de aplicação da carga (D_1) e assim sucessivamente.

Os valores de deflexão máxima (D_0) representam a condição estrutural do pavimento como um todo. A análise desses valores baseia-se na comparação com níveis deflectométricos admissíveis em função do tráfego.

A diferença entre os valores deflectométricos sob a ação da carga e a 45 cm da mesma ($D_0 - D_3$) define o comportamento das camadas de base e sub-base do pavimento, permitindo caracterizar sua capacidade de absorção e distribuição dos esforços.

Os valores de D_6 , que são leituras defletoométricas realizadas a 120 cm do ponto de aplicação da carga, fornecem indicações de possíveis deficiências no subleito. Já as medidas intermediárias, que permitem a definição do formato das bacias de deflexão, estão associadas ao comportamento resiliente das camadas de base e sub-base (Figura 15).

Figura 15 - Perfil do Pavimento com a Bacia de Deformação e Pontos de Leituras das Deflexões Pelos Geofones



Fonte: ATP Engenharia (2015)

Princípio do Ensaio (SOUSA, 2011):

- Um conjunto de pesos é solto sobre uma plataforma com amortecedores de borracha e a carga de impacto é transferida para o pavimento através de uma placa de carregamento;
- Quando submetido a uma carga, o pavimento curva-se e a bacia de deflexões é criada. As deformações (deflexões, dadas em 10^{-6} m) nas várias distâncias do centro de carga são então registradas pelos sensores (geofones) e armazenadas em um arquivo de dados.

As deflexões são medidas e armazenadas em um computador, que está ligado ao FWD através de um cabo. Simultaneamente, são registrados os valores de

temperatura da superfície do revestimento e do ar, a força aplicada ao pavimento e a distância percorrida (NÓBREGA, 2003).

Antes de executar o levantamento é de extrema importância calibrar o equipamento, pois caso contrário os dados levantados podem apresentar erros o acarretará em resultados com muita distorção. A calibração do FWD consiste em dois passos, o primeiro seria a do aparelho DMI e em seguida a dos geofones.

Calibração do DMI: inicialmente se calibra o pneu do veículo e do FWD com 40 libras e depois o pneu do FWD é posicionado no marco inicial previamente estaqueado. Em seguida se abre o ícone DMI, o qual compõe o programa *DynatestControl Center* (DCC). É então definida a distância que o conjunto irá percorrer, no qual é recomendado 2 quilômetros. O trecho deve ser percorrido a uma velocidade média de 60 Km/h. A mudança da calibração antiga, que havia sido registrada, e da nova, deve ser de 0,01%, caso contrário é necessário realizar a calibração novamente. Apply – End no DMI (DCC).

Calibração dos Geofones: os geofones deverão ser retirados e realizada a limpeza destes com água e sabão neutro, seus números de série deverão ser anotados no DCC e conferido se é o mesmo dos geofones no FWD. Em seguida devem ser colocados na Torre de Calibração, de baixo para cima, do um ao sete e esta deverá ser posicionada atrás do FWD, onde uma pessoa deverá segurar esta nivelada. Posteriormente deverá ser habilitado o programa no computador para salvar o arquivo de calibração.

A sequência de aquecimento dos geofones deve ser feita no mínimo três vezes. Após este passo será realizada a calibração alternando a posição dos geofones no término de cada sequência. Inicialmente os geofones deverão ser colocados de baixo para cima, do 1 ao 7. São realizados 49 golpes e 7 pausas,

totalizando 56 ensaios, sendo que ao término de cada seqüência, num total de 8 (Oito), deverá trocar de lugar os Geofones. E em seguida o arquivo de calibração deverá ser salvo.

A tolerância de erro desta calibração é de 2%.

Calibração da Célula de Carga: o procedimento de calibração é regulamentado pela norma DNIT 132/2010-PRO, a qual indica que o posicionamento do deflectômetro de impacto deve ser tal que possibilite a aproximação do prato de carga ao suporte de teste de calibração. Deve-se ainda certificar que não haja areia ou outros detritos sob a célula de carga.

Quanto ao manuseio, coloca-se o cabo do condicionador de sinal/sistema de aquisição de dados na célula de carga de referência. Certificando-se que as três guias estejam alinhadas em torno da placa, posiciona-se então a célula de referência de carga do tipo FWD.

Já relativo ao posicionamento, primeiramente deve ser assegurado que a célula de carga esteja abaixo da placa de carga do deflectômetro. É indicada ainda pela norma, que para a obtenção de resultados precisos, as células de referência sejam zeradas. Além disso, tanto o condicionador de sinal quanto à amplificação do condicionador de sinal devem estar ajustados exatamente nos mesmos níveis que as células de carga de referência foram calibradas.

Deve ser feito múltiplos testes de calibração e posteriormente uma média dos resultados uma vez que não é possível executar uma calibração relativa. A calibração de referência da célula de carga deve então ser realizada ao menos duas vezes. Caso as falhas persistam (as mesmas podem ser vistas na norma do DNIT SSA) os resultados distorcidos identificados e corrigidos.

Para o início do teste, este deve ser iniciado ao menos uma hora antes, sempre tomando nota das informações específicas do deflectômetro de impacto impressas na tela do programa operacional

As sequências de quedas requeridas para um único teste, serão transcritas neste tópico, afim de esclarecer o procedimento:

- *“Três quedas de assentamento (seatingdrops) na altura 3 (dados não registrados), seguidos de pausa.*
- *Seis quedas na altura 1, com pausa após cada queda*
- *Seis quedas na altura 3, com pausa após cada queda*
- *Seis quedas na altura 4, com pausa após cada queda, exceto a parada após a última queda (placa permanentemente baixa.”*

Em 2013 o ensaio foi realizado na faixa da direita e na da esquerda, em cada faixa o ensaio foi realizado a cada 40 metros, tendo-se dados de 20 em 20 metros, pois o levantamento foi feito alternado, ou seja, na faixa da direita este foi executado nas estacas pares e na da esquerda nas estacas ímpares. Da estaca 2 até a 784. Já em 2015, para os dois FWDs, o 01 e o 02, o ensaio foi realizado apenas na faixa da direita e a cada 40 metros, ou seja, a cada estaca par, começando da estaca de número 6 e finalizando na 26. Este foi executado para dar uma noção da ordem de grandeza das deflexões e auxiliar no cálculo da vida útil para os dois equipamentos FWDs e nos dois anos, para que assim pudesse ser realizada uma análise comparativa.

4.4. LEVANTAMENTO ROAD SURFACE PROFILOMETER (RSP)

Para realização dos ensaios os lasers devem estar limpos e calibrados e os acelerômetros devem estar calibrados.

O veículo deve ser colocado a uma distância aproximada de 200 metros antes do início do trecho que será levantado. O técnico deve então digitar no software a distância que será percorrida e levantada, considerando o local onde o carro está parado como o quilômetro 0 e o início do levantamento como o quilômetro 0,2. Assim, só serão armazenados os dados do quilômetro 0,2 até o quilômetro final do levantamento.

Se a velocidade do veículo estiver abaixo de 30 Km/h devido ao trânsito o mesmo deve ser parado e continuado em seguida, ao desobstruir um pouco o trânsito, pois caso contrário os dados não serão levantados. Pois se admite que as irregularidades deixem de ser sentidas a uma velocidade muito baixa. Durante o levantamento, todos os marcos devem ser referenciados, tais como lombadas, pontes, semáforos, marcos quilométricos e etc.

Ao se encerrar a coleta de dados se clica no botão parar e salva-se os arquivos levantados.

Antes da execução dos ensaios devem ser realizadas as calibrações do DMI, dos acelerômetros e dos lasers.

Calibração do DMI: para realização desta é necessário definir um trecho em linha reta com extensão de 1,9 Km. Em seguida é realizada a seguinte sequência de atividades: ligar o inversor; ligar a DPU; após escutar o BIP, ligar a caixa preta; e então o laptop (não se esquecendo de conectar o cabo); acessar *Dynatest Control Center* (DCC); esperar o ícone do RSP aparecer em destaque, e logo após clicar em START; na barra de ferramenta clicar Setup > DMI; inserir no ícone a distancia a ser percorrida (1,9 Km); por fim, clicar em Start e percorrer o trecho a uma velocidade constante de aproximadamente

60 km/h, ao chegar ao ponto final clicar em End. Ao finalizar tal procedimento deve-se observar se o erro está em menos que 1% e anotar na ficha de manutenção a % da calibração, a contagem por 10 km e o número do serial. Para validar a calibração realizada o operador deve clicar em Apply. A calibração do DMI deve ser efetuada a cada novo serviço, caso contrário o levantamento poderá apresentar erros.

Calibração dos Acelerômetros: para iniciar este processo é necessário que o veículo e o ventilador da barra estejam desligados e que todos os equipamentos de calibração sejam acessíveis (massa de estabilização, bolha de nível). É então realizada a seguinte sequência de atividades: ligar o inversor; a DPU; a caixa preta após o BIP; e o laptop (não se esquecendo de conectar o cabo); em seguida acessar o Dynatest Control Center (DCC); retirar os dois acelerômetros das barras e nivelar os mesmos através da massa de modelar e da bolha de nível com a base para cima (Call 1); na barra de ferramenta clicar Setup > Accelerometers > Verify; ao verificar que os acelerômetros estão descalibrados, fechar a janela clicando em Close; clicar em Calibrate > Next > Next, esperar um pouco para que ocorra a estabilização, depois clicar em Capture > Capture > Next; nivelar os acelerômetros com a base para baixo (Call 2); clicar Next, esperar um pouco para que ocorra a estabilização, depois clicar em Capture > Capture > Next; observar se Acceleration of Gravity está registrada ($g = 9.816$) e clicar em Next > Ok; observar os registros do Call 1 e Call 2 e clicar em Apply > Ok; colocar os acelerômetros dentro da barra, não se esquecendo de apertar os parafusos das placas dos acelerômetros. É necessário fazer esta calibração todas as vezes que os pneus forem trocados e, independente deste fato, tal processo deve ser realizado uma vez por mês.

Calibração dos Lasers: para iniciar este processo é necessário que o veículo esteja desligado e elevado através de uma rampa; que todos os equipamentos de calibração sejam acessíveis (barra de calibração, haste de nivelamento e

rampa); realizar esta preferencialmente após a calibração dos acelerômetros; no momento da calibração não deve haver nenhuma vibração no veículo. Processo: levantar e suportar o veículo de modo que a parte inferior da barra seja pelo menos 500 milímetros acima da terra; ajustar a barra aos 350 mm em nível (nível inferior) na seguinte sequência:

1. Unir a parte superior da haste à barra;
2. Introduzir a barra de calibração;
3. Conectar a parte inferior da haste;
4. Introduzir os espaçadores de 100 mm posicionados acima da barra.

Na barra de ferramenta clicar em Setup> Lasers>Verify; ao verificar que os acelerômetros estão descalibrados, fechar a janela clicando em Close; clicar em Calibrate>- Next > Next> Next > Capture >Next; ajustar a barra aos 250 mm em nível (nível superior) seguindo a mesma sequência do procedimento 2, só que desta vez posicionado o espaçador de 100 mm abaixo da barra; clicar em Next> Capture> Next> Ok; observar os registros de Call 1, Call 2, Pos 1 e Pos 2, em seguida clicar em Apply> Ok.

Em 2013 o levantamento foi realizado a cada 320 metros em cada uma das faixas, no trecho entre a estaca 0 e a 784. Já em 2015 o levantamento foi realizado apenas na faixa da direita e a cada 40 metros, ou seja, a cada duas estacas, começando este na estaca de número 6 e finalizando na 26.

4.5. ENSAIOS DE LABORATÓRIO

A seguir serão descritos os ensaios de laboratório que foram realizados com as amostras coletadas em campo, nos anos de 2013 e de 2015 constando no anexo os resumos dessas análises, as quais tem por objetivo definir o tipo de solo.

4.5.1. GRANULOMETRIA

O ensaio procede da seguinte maneira:

O material retido na peneira de 2,0 mm (# 10) é lavado. Este é então colocado na estufa por 24 horas. Do material que passa na peneira 2,0 mm, retira-se duas cápsulas para umidade higroscópica, toma-se também 10% de solo e retira-se duas cápsulas (150g para solos siltosos e argilosos e 200 g para solos arenosos) e passa-se na peneira de 0,075 mm (# 200). Em seguida, lava-se sem retirar da peneira com auxílio de jato d'água com a finalidade de remover qualquer grão com dimensão menor que 0,075mm. A seguir, este também é colocado na estufa.

O material retido na peneira de 2,0 mm é passado nas peneiras de diâmetro superior a 2,0mm. E o material retido na peneira de 0,075 mm é passado nas peneiras de diâmetro superior a 0,075 mm e inferior a 2,0 mm. Faz-se o peneiramento e pesa-se com aproximação de 0,1g as frações da amostra retidas nas peneiras consideradas.

A determinação da umidade higroscópica da amostra utilizada é feita através da Fórmula 1.

$$h = \frac{(P_h - P_s) \times 100}{P_s}$$

Fórmula 1 - Umidade Higroscópica

h = teor de umidade, em porcentagem

P_h = peso do material úmido

P_s = peso do material seco em estufa

4.5.2. LIMITE DE LIQUIDEZ

Para determinação do limite de liquidez a amostra deve ser colocada na cápsula de porcelana e água destilada adicionada em quantidade suficiente para se obter uma massa plástica. Essa água é adicionada aos poucos, misturando continuamente com a espátula, até completa homogeneização da massa, com consistência tal que fossem necessários cerca de 50 golpes para fechar a ranhura. Após depositar o material no aparelho de casa grande o solo é fortemente comprimido contra a concha, e com o cinzel, divide-se a massa de solo em duas partes iguais.

Golpeia-se a concha, acionando a manivela do aparelho com a velocidade de aproximadamente 2 voltas por segundo, até que as bordas inferiores da ranhura se unam em 1,0 cm de comprimento e anota-se o número de golpes. Transfere-se imediatamente uma pequena quantidade do material de junto às bordas que se uniram para uma cápsula numerada, pesa-se e leva à estufa, para a determinação da umidade. A operação é então repetida em no mínimo mais duas vezes.

No laboratório da ATP Engenharia, onde os ensaios foram realizados nos anos de estudo, é tomada uma parte dos 70 g de solo provenientes da preparação de amostra e uma certa quantidade de água é adicionada a este, e então solo é acrescentado gradativamente. O solo é levado ao aparelho de Casagrande determinando o número de golpes por amostra. Uma parcela do material é coletado do aparelho e depositado em uma cápsula, para pesagem e armazenamento em estufa. Esta é então seca e seu peso seco obtido. O laboratorista começa com uma quantidade de golpes entre 7-10 e vai aproximadamente dobrando esta a cada vez que adiciona solo e repete o ensaio para a mesma amostra.

Após 24 horas de realização do ensaio, as cápsulas que antes foram colocadas na estufa são retiradas desta e pesadas, obtendo assim o peso bruto seco. O teor da umidade do solo é calculado pela Fórmula 2.

$$h(\%) = \frac{P_a \times 100}{P_s}$$

Fórmula 2 - Teor de Umidade do Solo

h = teor de umidade, expresso em porcentagem;

P_a = peso da água = peso bruto úmido – peso bruto seco;

P_s = peso do solo seco = peso bruto seco – peso da cápsula.

4.5.3. LIMITE DE PLASTICIDADE

Pela norma a amostra é colocada na cápsula de porcelana e água destilada adicionada a esta, em quantidade suficiente para se obter uma massa plástica.

Como no laboratório da ATP Engenharia o LL é realizado de modo a sair de um estado mais mole para um mais duro, o laboratorista aproveita uma parte do material proveniente deste ensaio e se preciso adiciona um pouco mais de solo a este.

Posteriormente, a massa modelada é rolada entre os dedos e a face esmerilhada da placa de vidro (Finalidade: moldá-la na forma de um cilindro de diâmetro uniforme de 3mm). Procede-se à rolagem até formar um cilindro de 3mm de diâmetro, juntando amassando e rolando (se a amostra atingir o referido diâmetro sem se fragmentar). Quando o cilindro fragmenta, com diâmetro de 3mm e comprimento da ordem de 10cm, este deve ser verificado com gabarito de comparação, suas partes transferidas imediatamente para um recipiente adequado. Para então prosseguir para a estufa e após 24 horas ser obtido o seu peso seco.

O valor do limite de plasticidade é expresso pela média dos teores de umidade obtidos, desprezando-se os valores que difiram da respectiva média de $\pm 50\%$ (Fórmula 3).

$$LP = \frac{\sum_1^n h}{n}$$

Fórmula 3 - Limite de Plasticidade

h = teor de umidade, em porcentagem.

O valor do LP deve ser obtido de pelo menos 3 (três) determinações dentro da faixa de variação admissível ($\pm 5\%$) da média. Como todos os valores de umidade obtidos estavam dentro da faixa admissível.

4.5.4. ÍNDICE DE PLASTICIDADE

Denomina-se índice de plasticidade à diferença entre os limites e liquidez e de plasticidade:

$$IP = LL - LP$$

Fórmula 4 - Índice de Plasticidade

Ele define a zona em que o terreno se encontra no estado plástico e, por ser máximo para as argilas e praticamente nulo para as areias, $IP = NP$ (não plástico), fornece um critério para se verificar o caráter argiloso de um solo. Assim, quanto maior o IP, mais plástico será o solo.

Segundo JENKINS, os solos poderão ser classificados em:

$1 < IP < 7$	Fracamente plásticos
$7 < IP < 15$	Medianamente plásticos

4.5.5. ENSAIO DE COMPACTAÇÃO

Para realizá-lo se adiciona água à amostra até se verificar uma certa consistência. Compacta-se a amostra no molde cilíndrico em 3 camadas iguais e em cada uma delas são aplicados 25 golpes distribuídos uniformemente sobre a superfície da camada, com o soquete caindo de 0,305m; O colarinho e a base são removidos, superfície do material aplainada à altura do molde e o conjunto cilindro + solo úmido compactado é pesado. Em seguida a amostra é retirada do molde com auxílio do extrator, e é coletada uma pequena quantidade para a determinação da umidade;

Por fim, o material é desmanchado e compactado até que possa ser passado pela peneira número 4 (4,8mm), misturando-o em seguida ao restante da amostra inicial; - Adiciona-se água à amostra homogeneizando- Repete-se o processo pelo menos por mais quatro vezes.

4.5.6. ÍNDICE DE SUPORTE CALIFORNIA (ISC)

A fim de determinar o ISC e a expansão do solo ensaiado é realizado o seguinte procedimento: coloca-se o disco espaçador no cilindro, cobrindo o mesmo com papel filtro; O corpo de prova é compactado à umidade ótima (05 camadas e 55 golpes do soquete caindo de 45 cm) e, substitui-se o disco espaçador pelo prato perfurado com haste de expansão e pesos. Esse peso ou sobrecarga corresponderá ao do pavimento e não deverá ser inferior a 4,5kg; O cilindro com o corpo de prova e sobrecarga deverá ficar imerso no tanque durante 96 horas - Realizam-se leituras de deformação (expansão ou recalque) com aproximação de 0,01mm a cada 24h; Terminada a “saturação”, a água é

escorrida do corpo de prova durante 15 minutos e pesa-se o cilindro + solo úmido.

Procedimento de Penetração: Instalado o conjunto, molde cilíndrico com corpo de prova e sobrecarga, o pistão da prensa é assentado na superfície do topo do corpo de prova, e os extensômetros zerados; Em seguida o carregamento com velocidade de 1,27 mm/min é aplicado, anotando-se a carga e a penetração a cada 30 segundos até decorridos o tempo de 6 minutos.

Para calcular a expansão percentual do solo num dado instante usa-se o a Fórmula 5.

$$[(h - h_i)/h_i].100$$

Fórmula 5 - Expansão Percentual do Solo

onde:

(h - h_i) - deformação até o instante considerado;

h- altura inicial do corpo de prova.

Com os pares de valores da fase de penetração, é traçado o gráfico que relaciona a carga, em ordenadas às penetrações, nas abscissas. Se a curva apresentar ponto de inflexão, traça-se por ele uma reta seguindo o comportamento da curva, até que intercepte o eixo das abscissas. Esse ponto de interseção será a nova origem, provocando assim uma translação no sistema de eixos.

O cálculo do CBR pode ser executado de acordo com a Fórmula 6.

$$CBR = \left(\frac{P \text{ encontrada}}{P \text{ padrão}} \right) \times 100$$

Fórmula 6 – CBR

4.5.7. CRITÉRIOS PARA AVALIAÇÃO ESTRUTURAL

Tendo em vista os procedimentos estabelecidos pela norma DNER-PRO011-79 referente à análise de pavimento flexível existente, com o objetivo de apontar as causas de deficiências existentes na pavimentação, e fornecer elementos para o cálculo de vida útil ou reforço necessário para um novo número de solicitações de eixos equivalentes ao eixo padrão N (número N), foram realizados os procedimentos abaixo:

- O Estudo de Tráfego
- Divisão de trechos homogêneos
- Cálculo do Raio de curvatura
- Cálculo de deflexões

4.5.7.1. ESTUDOS DE TRÁFEGO

Inicialmente foi feito o estudo de tráfego da rodovia que fornece dados sobre o tráfego atual e permite o prognóstico do tráfego futuro.

Visando estimar o crescimento de tráfego para o trecho da rodovia, foram feitos estudos estatísticos pelos métodos do crescimento linear e do crescimento exponencial. A escolha do melhor método de análise foi feita mediante o maior valor encontrado para o coeficiente de determinação (r^2 , sendo $r^2 \leq 1$).

Com a finalidade de atender às especificações do Termo de Referência foi desenvolvido o Estudo de Tráfego, baseado nos procedimentos normativos e instruções, presentes nas Instruções de Serviços IS- 201: Estudos de Tráfego

em Rodovias e no Manual de Estudos de Tráfego (DNIT Publicação 723 de IPR – edição de 2006), tendo por objetivo:

- Levantamento e análise de dados disponíveis;
- Pesquisas complementares;
- Determinação do Volume Médio Diário de Tráfego;
- Projeção do tráfego;
- Cálculo do número N.

Tráfego Atual e Calculo do VMD: a proposta de contagem, apresentada na tabela a seguir, foi elaborada considerando a divisão do trecho, 4subtrechos homogêneos em termos de tráfego.

Para a obtenção das características atuais do tráfego foi executado um plano de contagem de tráfego, indicado no Quadro2.

Quadro 2 - Plano de Contagem de Tráfego

Código	Localização	Tipo de Posto	Duração	Período
CV1	Entr. BR-232 / PE-040	Contagem Volumétrica Classificatória	7 dias - 24 horas/dia	12 a 18/08/2013
CV2	Entr. PE-040 / Feira Nova			
CV3	Feira Nova / Entr. PE-095			
CV4	Entr. PE-095 - Entr. PE-090			
CD1	Acesso à Fábrica da Sadia	Contagem Direcional	3 dias - 8 horas/dia	20 a 22/08/2013
POC1	Entr. PE-040 / Feira Nova	Pesquisa de Ocupação de Carga	3 dias - 8 horas/dia	13 a 15/08/2013

Fonte: Manual de Estudos de Tráfego (DNIT – Publicação 723 de IPR – edição 2006)

Para a determinação dos Volumes Médios Diários anuais (VMDa) foram calculados os fatores de expansão sazonais. Segundo o Manual de Estudos de Tráfego (DNIT –Publicação 723 de IPR – edição de 2006), durante 07 dias, de forma ininterrupta, a contagem foi realizada. Representativamente a média pode ser considerada para todo o mês em que a mesma foi efetivada, uma vez que a média do tráfego obtido nos 07 dias de contagem é representativa o

suficiente para ser considerado como o VMD Mensal. Deste modo, visando a correção de sazonalidade dos volumes de tráfego apurados nas pesquisas de campo, os respectivos “fatores de correção” foram calculados:

Fator de expansão diária - FD: corrige os volumes contados em x horas para a referência do dia de 24:00 horas;

- a) Fator de correção semanal - FS: corrige os volumes obtidos nas pesquisas de campo, considerando-se o dia da semana do mês em que estas foram realizadas;
- b) Fator de correção mensal - FM: Fator que corrige os volumes obtidos nas pesquisas de campo, considerando-se o mês em que estas foram realizadas;
- c) Fator de correção anual - FA: Fator final que corrige o efeito da sazonalidade e permite a ajustagem dos dados obtidos, sendo o resultado do produto dos fatores FD, FS e FM (Fórmula 7).

$$FA = FD \times FS \times FM$$

Fórmula 7 - Fator de Correção Anual

Por ausência de dados existentes por faixas horárias e dias da semana, foram considerados

Como FD, FS e FM o valor 1,0. Onde $FA = 1,0$.

Os fatores de expansão sazonal foram aplicados, uniformemente, para todas as categorias de veículos. Os VMDa, por categoria de veículos, para o ano de 2013, dos postos de contagens estão apresentados nos anexos.

Tráfego Futuro: conforme recomendação do Manual de Estudos de Tráfego (DNIT – Publicação 723 de IPR – edição de 2006), foi considerada uma taxa de crescimento de 3% para todas as categorias de veículos, quando constatada a ausência de dados econômicos consistentes que justifiquem o crescimento do tráfego. A partir dos resultados das contagens volumétricas classificatórias foi realizada a projeção do tráfego futuro para o horizonte do projeto, ou seja, 10 anos. As tabelas com a projeção para cada posto de contagem encontra-se nos anexos.

Cálculo do Número N: o pavimento flexível foi dimensionado em função do número equivalente N de operações de um eixo padrão, durante o período de projeto determinado. O número N é a transformação de todos os tipos de eixos e cargas dos veículos comerciais que trafegarão sobre o pavimento em um eixo simples padrão equivalente de 8,2t. O cálculo do número N é dado pela Fórmula 8.

$$N = VMD \times c \times FV \times 365$$

Fórmula 8 - Número N

Onde:

VMD: Volume médio diário já calculado

c: percentual de veículos comerciais na faixa de projeto;

FV: fator de veículo;

Ainda pelo Manual de Estudos de Tráfego (DNIT – Publicação 723 de IPR – edição de 2006) para a variável “c” foi utilizado $c=0,5$. Por meio da pesquisa de ocupação de veículo de carga variável, foi obtida a FV, que forneceu o fator de veículo para cada tipo de identificado na pesquisa, atribuindo os valores de carga permitidos por eixo na Lei da Balança para cada tipo de veículo, sendo o FV obtido para ambos os métodos USACE e AASHTO. Os

fatores de equivalência de carga são calculados pelas expressões apresentadas nos Quadros 3 e 4, para os métodos AASHTO e USACE, respectivamente.

Quadro 3 - Fatores de equivalência de carga - AASHTO

Fatores de equivalência de carga da AASHTO	
Tipos de eixo	Equações (P em tf)
Simples com Roda Simples	$FC = (P / 7,77)^{4,32}$
Simples com Roda Dupla	$FC = (P / 8,17)^{4,32}$
Tandem Duplo com Roda Dupla	$FC = (P / 15,08)^{4,14}$
Tandem Triplo com Roda Dupla	$FC = (P / 22,95)^{4,32}$

Fonte: Manual de Estudos de Tráfego (DNIT – Publicação 723 de IPR – edição 2006)

Quadro 4 - Fatores de Equivalência de Carga - USACE

Fatores de equivalência de carga da USACE		
Tipos de eixo	Faixas de Cargas (t)	Equações (P em tf)
Dianteiro Simples	0 - 8	$FC = 2,0782 \times 10^{-4} \times P^{4,0175}$
Simples com Roda Dupla	≥ 8	$FC = 1,8320 \times 10^{-6} \times P^{6,2542}$
Tandem duplo com Roda Dupla	0 - 11	$FC = 1,5920 \times 10^{-4} \times P^{3,472}$
	≥ 11	$FC = 1,5280 \times 10^{-6} \times P^{5,484}$
Tandem triplo com Roda Dupla	0 - 18	$FC = 8,0359 \times 10^{-5} \times P^{3,3549}$
	≥ 18	$FC = 1,3229 \times 10^{-7} \times P^{5,5789}$

Fonte: Manual de Estudos de Tráfego (DNIT – Publicação 723 de IPR – edição 2006)

Uma vez calculados os fatores de veículos para os métodos USACE e ASSHTO, apresentados procedeu-se ao cálculo do número N para os 04 (quatro) postos de contagens. Os anexos apresentam os fatores de veículos para cada categoria divididos entre veículos vazios e carregados, nos métodos USACE e ASSHTO. Foram consideradas as porcentagens de veículos vazios e carregados apresentados na tabela acima (média 3dias). Nos casos das categorias de veículos que não foram identificados na pesquisa, foram considerados que 30% trafegam vazios e 70% trafegam carregados.

4.5.7.2. DIVISÃO DOS TRECHOS EM SEGMENTOS HOMOGÊNEOS

A divisão deve levar em conta os aspectos abaixo relacionados.

- I. Evolução das deflexões ao longo do trecho e no caso de vias expressas de grande extensão deve-se considerar também eventuais variações das características do subleito.
- II. Natureza e frequência dos defeitos observados na alínea
- III. Cálculo do valor médio da deflexão recuperável (D) de cada segmento. Os cálculos do valor médio (D) e desvio padrão (S) serão efetuados da seguinte forma: Inicialmente, utilizando todas as medidas individuais de deflexão (D) de cada segmento.

4.5.7.3. RAIOS DE CURVATURA DA BACIA DE DEFLEXÕES

A determinação do raio de curvatura obedeceu aos procedimentos indicados pela norma técnica DNER-PRO-011/79, onde o raio de curvatura é representado por R, a deflexão no ponto de aplicação da carga é D₀, e D₂₅ indica a deflexão a uma distância de 25 metros do ponto de aplicação da carga.

Os resultados obtidos encontram-se disponíveis nos anexos.

4.5.7.4. DEFLEXÕES RECUPERÁVEIS

Uma vez que o tratamento de cada faixa de tráfego foi feita em separado, a avaliação da superfície de cálculo, o cálculo das deflexões características e a definição dos parâmetros de tráfego devem ser estabelecidas em separado, por faixa de tráfego (resolução normativa DNER-PR0-011/79). Especificamente para tais casos, a extensão mínima para cada segmento homogêneo passa a ser 400m. Ainda seguindo a norma, para cada uma das distribuições deve-se efetuar o cálculo elástico das deflexões características. O procedimento para tal indicado a seguir, é referente à DNER-PR0-011/79:

- I. Tabulam-se aos valores individuais das deflexões recuperáveis encontradas (D_i);
- II. Calcula-se a média aritmética (D) dos valores individuais (média das amostras (Fórmula 9):

$$D = \frac{\sum D_i}{n}$$

Fórmula 9 - Média das Amostras

n: número de indivíduos componentes na amostra.

- III. Calcula-se o desvio padrão da amostra
- IV. Estabelecimento do intervalo de aceitação para valores individuais, através dos limites, procedendo-se até que os valores de todos os intervalos estejam enquadrados no intervalo determinado. Através da Tabela 2, obtém-se z.

Tabela 2 - Determinação de z através do Número N

n	Z
3	1
4	1,5
5-6	2
7-19	2,5
≥ 20	3

Fonte: Manual de Estudos de Tráfego (DNIT – Publicação 723 de IPR – edição 2006)

- I. Encontrar o valor do coeficiente de variação (cv), pela Fórmula 10:

$$cv = \sigma / D$$

Fórmula 10 - Coeficiente de Variação cv

- II. Definir o valor da deflexão característica (Fórmula 11):

$$Dc = D + \sigma.$$

Fórmula 11 - Deflexão Característica

4.5.7.5. DEFLEXÃO DE PROJETO

Para fins de projeto, a norma requisita a correção da deflexão considerando a sazonalidade, uma vez que o período chuvoso varia ao longo do ano, e que a pavimentação deverá ser capaz de suportar a situação mais desfavorável. Os fatores de correção dependem de pesquisas regionais, que não estão totalizadas no Brasil, utilizando o coeficiente Fs (fator de sazonalidade) fazendo o uso do quadro 5.

Quadro 5 - Fator de Sazonalidade

Natureza do Subleito	Fator de Correção Sazonal - F_s	
	Estação Seca	Estação Chuvosa
Arenoso e Permeável	1,10 - 1,30	1,00
Argiloso e Sensível à Umidade	1,20 - 1,40	1,00

Fonte: Manual de Estudos de Tráfego (DNIT – Publicação 723 de IPR – edição 2006)

Para se alcançar a deflexão corrigida de projeto utiliza-se a Fórmula 12.

$$D_p = D_c * F_s$$

Fórmula 12 - Deflexão Corrigida de Projeto

Considerando ainda a distribuição das precipitações mensais médias correspondentes à região do trecho de estudo, bem como os meses durante os quais foram efetuados o levantamento do deflectómetro, e as características do subleito.

Os valores das deflexões se encontram nos anexos.

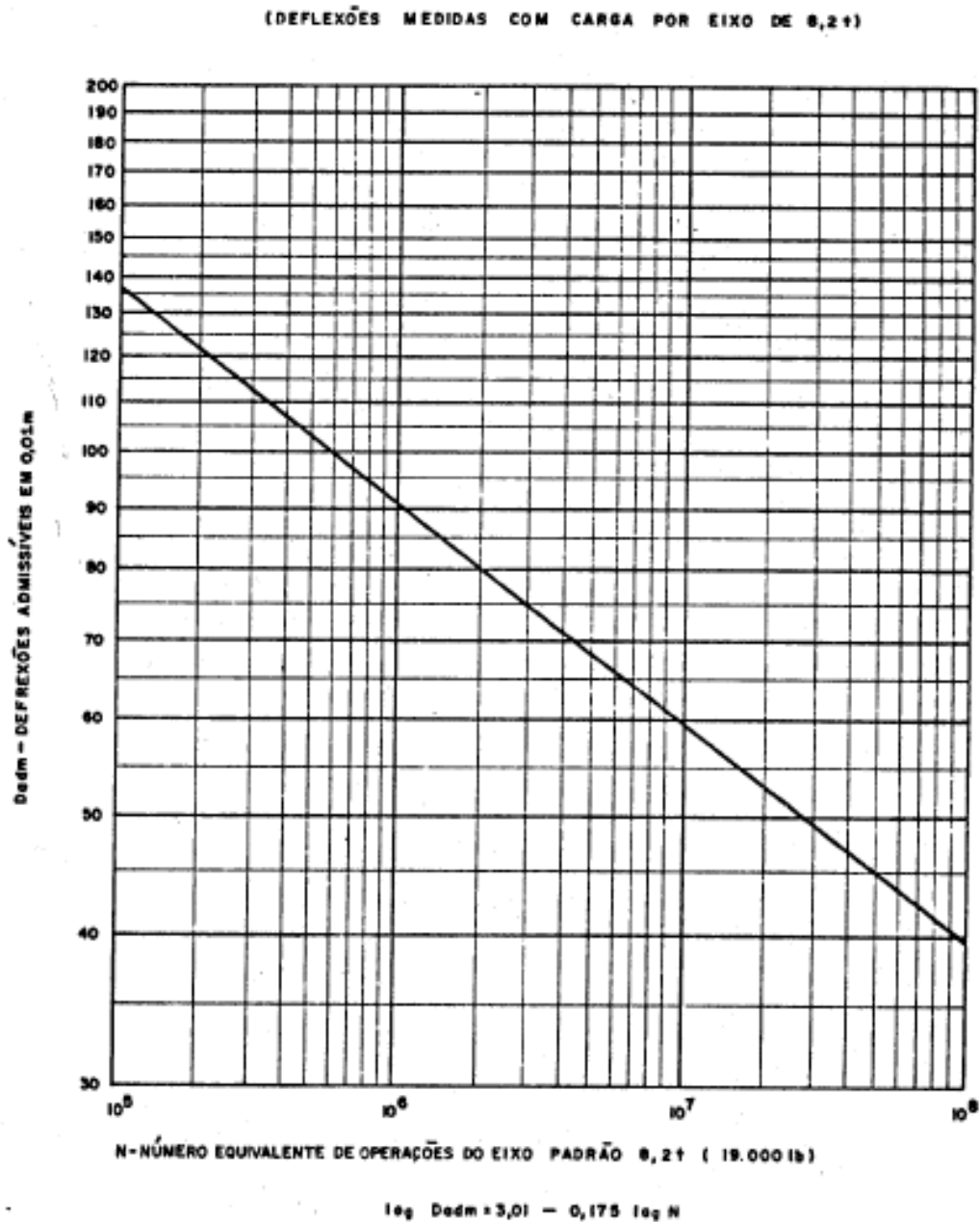
Deflexão Máxima Admissível (D_{adm}): visando a resistência de um dado pavimento para um determinado número "N" de solicitações, o mesmo deve apresentar níveis de deflexões medidos após a aplicação do reforço em mistura asfáltica inferiores a um limite máximo tolerável. Sendo assim, o limite máximo, chamado de deflexão máxima admissível (D_{adm}) para pavimentos flexíveis, com camada de base equivalente a material de comportamento granular, é determinado por meio do Número "N" de solicitações do eixo padrão de 80 kN, conforme a Fórmula 13.

$$\log D_{adm} = 3,01 - 0,176l * \log N$$

Fórmula 13 - Deflexão Máxima Admissível

A Figura 16 apresenta as deflexões admissíveis para concreto betuminoso, estas medidas com um carga de 8,2 toneladas por eixo.

Figura 16 - Deflexão admissível para concreto betuminoso



Fonte: Manual de Estudos de Tráfego (DNIT – Publicação 723 de IPR – edição 2006)

Vida útil Remanescente: para o cálculo da vida remanescente do pavimento, utiliza-se a Fórmula

$$N_r = N_t - N_s$$

Fórmula 14 - Vida Útil Remanescente

Onde:

- N_s : Número de solicitações correspondentes as cargas por eixos suportadas pelo pavimento desde sua abertura ao tráfego até a data de avaliação;
- N_t : Número de solicitações indicadas no gráfico de deflexões Admissíveis em correspondente à deflexão característica do projeto (D_p);
- N_r : Número de solicitações correspondentes as cargas a serem suportadas pelo pavimento desde a data da avaliação até o final do período de vida restante do pavimento.

Para estimar a vida restante do pavimento, basta conhecer a curva de variação do número em função do tempo de exposição do pavimento ao tráfego

Considerando-se todos os aspectos levantados, o DNIT apresenta uma tabela para avaliação de critérios para avaliação estrutural, que conta também com o critério para cálculo de reforço quando necessário, e indica a medida corretiva (Quadro 6).

Quadro 6 - Critérios para Avaliação Estrutural

Hipótese	Dados Deflect. Obtidos	Qualidade Estrutural	Necessidade de Estudos Complementares	Critério Para Cálculo do Reforço	Medidas Corretivas
I	$D_c \leq D_{adm}$ $R \geq 100$	BOA	NÃO		Apenas correções de superfície
II	$D_c > D_{adm}$ $R \geq 100$	Se $D_c \leq 3 D_{adm}$ Regular	NÃO	Deflectométrico	Reforço
III	$D_c \leq D_{adm}$ $R < 100$	Regular para Má	SIM	Deflectométrico e Resistência	Reforço ou Reconstrução
IV	$D_c > D_{adm}$ $R < 100$	Má	SIM	Resistência	Reforço ou Reconstrução
V	————	Má O pavimento apresenta deformações rupturas plásticas generalizadas. (IGG)	SIM	Resistência	Reconstrução

Fonte: DNIT – PRO 11/79 B

5. RESULTADOS E DISCURSÕES

5.1. AVALIAÇÃO ESTRUTURAL DESTRUTIVA E DE LABORATÓRIO

Os resultados dos ensaios realizados em campo e em laboratório estão apresentados nos anexos, onde é possível encontrar o boletim de sondagem do ano de 2015 e os resumos dos ensaios de caracterização dos anos de 2013 e 2015. Não foi possível ter acesso ao boletim de sondagem de 2013.

Como pode ser verificado nos arquivos nos anexos, em todos os pontos ensaiados, nos dois anos, o revestimento é composto de uma camada superficial de CBUQ e uma segunda camada de TSD.

Comparando os resultados obtidos através dos ensaios de caracterização em laboratório e o boletim de sondagem no ano de 2015 é possível verificar a existência de uma compatibilidade na análise e caracterização realizada pelo sondador em campo e pelos resultados obtidos em laboratório. Pois neste último a camada de base foi classificada como A.1.b, o que pela classificação do *Transportation Research Board* (TRB) caracteriza uma areia grossa, com ou sem aglutinante de solo bem graduado. Seria um solo arenoso com a presença de fragmentos de pedra e pedregulho e pela classificação de campo foi identificado como um solo com presença de brita.

O mesmo ocorre na camada de subbase, a qual foi caracterizada em campo como uma areia fina siltosa argilosa e em laboratório como um material do tipo A.2.4, o qual pela classificação da TRB seria um pedregulho ou areias siltosas ou argilosas. Estes incluem solo contendo 35% ou menos, passando na peneira nº 200, onde neste caso a porcentagem apresentada é de 24%, com uma porção menor retida na peneira nº 40, que seria de 36% neste caso e

possuindo as características dos grupos A-4 ou A-5. O grupo A.2.4 abrange os materiais tais como pedregulho e areia grossa, em que o teor de silte e o índice de plasticidade ultrapassam os limites estabelecidos para o grupo A-1, que seria no máximo 6 para o IP e ainda areia fina com silte não plástico excedendo os limites do grupo A-3.

O que se mostrou interessante é que os resultados obtidos nos ensaios de 2013 também apresentam uma predominância de caracterização de material do tipo A.1.b e A.2.4 para base e subbase respectivamente. Com exceções dos ensaios realizados com os materiais provenientes das estacas 110 e 410, que apresentaram uma caracterização A.2.4 para base, o que determina um teor um pouco maior de silte no material; 310 e 510 para subbase, os quais demonstraram a existência de um material do tipo A.1.b.

Também é possível verificar em alguns pontos levantados a presença de mais de uma camada de subleito, assim como de reforço do subleito.

Ao analisar as camadas de reforço do subleito e subleito é possível identificar diferentes tipos de materiais. Nos ensaios realizados em 2013 foi possível constatar a presença de solos que caracterizam pedregulho ou areias, como por exemplo os de tipo A.1.b, A.2.4, A.2.6 e A.2.7, estes últimos são solos semelhantes ao A.2.4, exceção feita da porção de finos que contém, argila plástica com características dos grupos A-6 ou A-7. Os efeitos combinados dos índices de plasticidade maiores que 10 e porcentagem passando na peneira nº 200, maiores que 15, estão refletidos nos valores dos índices do grupo de 0 a 4.

Contudo foi possível averiguar a presença de solo siltoso não plástico, ou moderadamente plástico, possuindo, geralmente, 5% ou mais passando na peneira nº 200. Incluem também misturas de solo fino siltoso com até 64% de areia e pedregulho retidos na peneira nº 200. Os valores dos índices do grupo

vão de 1 a 8, as porcentagens crescentes de material grosso, dando origem a valores decrescentes para os índices de grupo. Este é determinado como solo de tipo A.4 pelo TRB.

Além disso, em 2013 a presença de solo mais argiloso no subleito foi constatada, do tipo A.7.6, que inclui materiais com elevados índices de plasticidade em relação aos limites de liquidez, estando sujeitos a elevadas mudanças de volume.

Já no ano de 2015 a camada de reforço do subleito e a primeira camada de subleito foram identificadas como materiais do tipo A.2.4, convergindo novamente a um acordo de informações entre boletim e resumo, pois o último caracteriza este material como do tipo arenoso. Já na última camada de subleito identificada foi verificada a presença de um solo do tipo argiloso, A.7.5, o que caracteriza materiais com Índice de Plasticidade moderado em relação ao Limite de Liquidez, podendo ser altamente elástico e sujeito a elevadas mudanças de volume. Onde, pelo boletim de sondagem, este último foi caracterizado como argiloso pouco arenoso.

É interessante verificar que para praticamente todos os casos o reforço do subleito apresentou características geotécnicas superiores a do subleito, assim como determina o manual de pavimentação do DNIT. Este fato pode ser demonstrado pelos ensaios de granulometria, limite de liquidez e limite de plasticidade.

É importante verificar os resultados do CBR, o qual deve se apresentar maior para as bases, pois estas, em uma condição real de carregamento serão a camada do pavimento que estarão mais sujeitas á esforços.

5.2. ANÁLISE DOS CRITÉRIOS PARA AVALIAÇÃO ESTRUTURAL NÃO DESTRUTIVA

Com o desígnio de verificar a veracidade das condições da pavimentação previstas pelos ensaios executados, os parâmetros de deflexão de projeto, deflexão admissível, vida útil e raio de curvatura foram tabelados. Os resultados correspondem aos ensaios de FDW realizados nos anos de 2013 e 2015, sendo dois ensaios de FWD em 2013: FWD CP, abrangendo todo o trecho da PE-50 (de glória do Goitá até Vitória de Santo Antão – Estaca 2 até a 784) e o FWD TR, um trecho da rodovia (Estacas 6-26). Já no ano de 2015, os testes de FDW-01 e FWD-02 diferiram devido a idade da célula de carga e dos geofones, o que ocasionou um estudo sobre o impacto do equipamento nos resultados obtidos. Os respectivos cálculos explanados são apresentados na Tabela 3.

Tabela 3 – Análise Comparativa dos Ensaios realizados para Avaliação Estrutural do pavimento nos anos de 2013 e 2015

Ensaio	Deflexão de projeto	Deflexão admissível	Vida Útil	Vida Útil Anos)	Rc(m)
FWD 01-2015	84.42	68.620	2016.8	1.8	88.38
FWD 02-2015	73.17	59.476	2020.11	5.1	100.01
FWD CP-2013	60.85	49.458	2022.39	9.4	124.67
FWD TR-2013	63.11	51.301	2021.54	8.5	

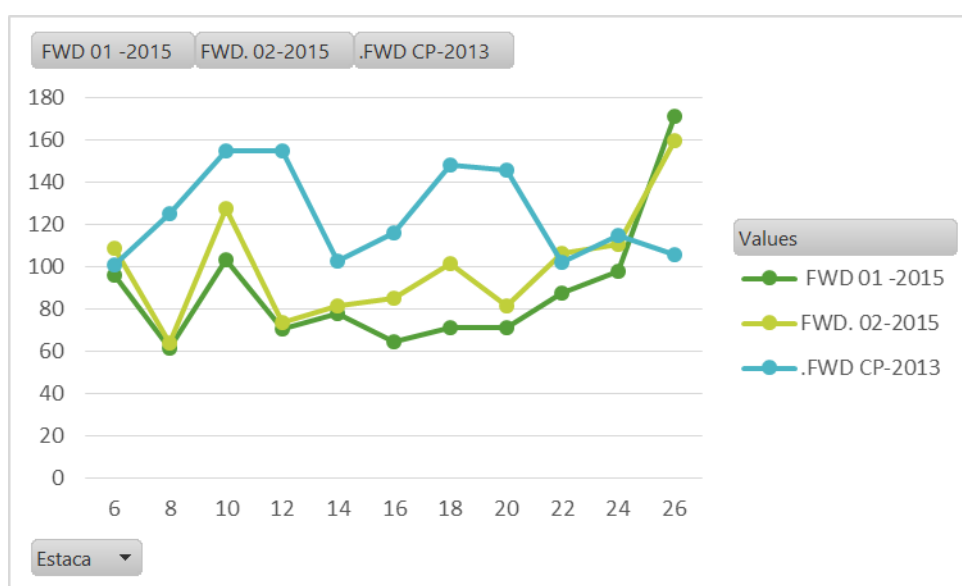
Fonte: RABELO e CORREIA (2015)

Os raios de curvatura obtidos em 2013, tanto no trecho inicial da via, quanto em sua totalidade, apresentam uma comportamento padrão, sendo possível utilizar um raio de curvatura médio para análise em um posterior ensaio para um menor segmento da rodovia. Isso quer dizer que a replicação dos resultados obtidos em um trecho de 400m, poderá ser realizada uma vez efetuada a cura de dados obtidos sem comprometer a análise estrutural

superficial para conhecimento de condições gerais da rodovia (não podendo ser aplicada para defeitos pontuais na mesma).

No Figura 17, pode ser observado os resultados do raio de curvatura da estaca de número 06 até a estaca de número 26 a cada 40 metros em apenas uma mão. De forma geral, é esperado que devido ao desgaste e ao uso contínuo haja um aumento no raio de curvatura. Entretanto os raios de curvatura das estacas 12 e 20 apresentam aumento significativo em seus valores, o que significa menor rigidez e tendência maior para entrar em estado de fadiga.

Figura 17 - Raios de Curvatura da Estaca 6 a 26



Fonte: RABELO e CORREIA (2015)

É atribuído a estes resultados, condições diversificadas, para as estacas, onde são acuradas nas estacas 8, 12 e 20 a existência de defeitos preexistentes (Jacarés, trincas e fissuras longitudinais) que se acentuaram devido à falta de manutenção (Figuras 18 e 19 respectivamente). Também é necessário a comprovação das espessuras das camadas que compõe a pavimentação, para saber se as mesmas foram respeitadas durante a execução do projeto.

Figura 18 - Defeitos Estaca 12



Fonte: RABELO e CORREIA (2015)

Figura 19 - Defeitos Estaca 20



Fonte: RABELO e CORREIA (2015)

A partir destas análises, infere-se que a vida remanescente do pavimento flexível na PE-50 irá apresentar uma redução de 2.3 anos, uma vez que a manutenção não é seguida da forma que é recomendada. Conclui-se também,

que a caracterização destes defeitos influencia diretamente na vida remanescente do pavimento.

Foi possível notar, através dos ensaios realizados em 2015, que os dois FWDs influenciam diretamente no cálculo da vida útil. Foi verificada então uma diminuição drástica da Vida Útil do pavimento, quando esta foi calculada através dos dados levantados pelo FWD-01, o qual determinou que em 2016,8 seria necessária uma intervenção em tal rodovia. Contudo, através dos dados levantados pelo FWD-02, tal interferência só seria necessária em 2020,1. Esta diferença de vida útil apresentada pelos dois equipamentos pode ser explicada pelo fato de que para todos os geofones e em todas as estacas, as deflexões do FWD-02 se apresentaram menores, o que leva a conclusão que o este é mais preciso, e que a idade dos geofones e das células de cargas influenciam diretamente no ensaio, pois quanto mais novos forem, as deflexões levantadas se apresentarão menores e a vida útil será então maior. Assim, o desgaste do material irá ter relação direta com os valores apresentados pelos resultados.

Para se ter uma análise mais detalhada de tal fato, foi também realizado um levantamento na Estrada do Bongü, no mesmo dia, em uma extensão de 5 metros, com ensaios realizados a cada 1 metro com os dois FWDs, para assim, chegar a uma ratificação da influência da idade da célula de carga e dos geofones nos dados de deflexão. Lembrando que esta também constitui um trecho de pavimento flexível, então a metodologia executada foi à mesma. Foi então verificado que não só na PE-50 a vida útil apresentada pelo FWD-01 é menor, pois este demonstra valores de deflexões maiores, mas que na Estrada do Bongü o levantamento também apresentou comportamento semelhante. Contudo seria necessário um estudo mais aprofundado de tal fato, de modo a colher resultados mais precisos e encontrar, se possível um fator de correção que varie com a idade das células de carga e dos geofones.

Nos anexos estão apresentados em tabelas e gráficos uma avaliação comparativa das deflexões D0 (valores usados para o cálculo da vida útil), D1 e D3, em todas as estacas, dos dois FWDs, para o de 2015, dos levantamentos realizados na PE-50 e na Estrada do Bongü. Nestes é possível verificar o a porcentagem de aumento da deflexão ao se comparar os dois equipamentos.

Logo, utilizando a recomendação da norma do DNIT, a DNRE-PRO11/1979, conclui-se que a rodovia apresenta uma condição regular, mas que precisa de um reforço para diminuir os riscos de maior deterioração, salientando ainda que segundo o ensaio do FWD-02 realizado em janeiro de 2015, a rigidez do pavimento encontra-se no limiar para que este seja classificado como de qualidade estrutural regular, em detrimento de ruim.

O Quadro 7, de classificação indica também as consequências diretas do tempo de vida do equipamento utilizado na análise estrutural impacta de forma abrupta. A hipótese sugerida foi alterada, demandando estudos complementares desnecessários, bem como indicado o método de cálculo distorcido, cogitando inclusive como medida corretiva a reconstrução do pavimento, inserindo um custo agregado desnecessário para o projeto.

Quadro 7 - Classificação do Pavimento da PE-50

	FWD 01 -2015	FWD 02-2015	FWD CP-2013
Hipótese	IV	II	II
Qualidade Estrutural	Má	Regular	Regular
Necessidade de estudos complementares	SIM	Não	Não
Critério para calculo de reforço	Resistencia	Deflectometro	Deflectometro
Medidas corretivas	Reforço/Reconstrução	Reforço	Reforço

Fonte: RABELO e CORREIA (2015)

5.3. ANÁLISE DA AVALIAÇÃO FUNCIONAL

Após análise do Índice Internacional de Regularidade (IRI), de 2015, constatou-se que a situação da PE-50 se apresenta majoritariamente em condições ruim ou regular, sendo 40% da rodovia classificada como ruim, e 30% em condições regulares. Em oposição a estes resultados estão apenas 15% com avaliação boa e 10% da via indicada como excelente. O que difere das porcentagens analisadas em 2013, onde o trecho avaliado apresentou na faixa da direita 52% com classificação boa e na faixa da esquerda 61%.

Um detalhamento do IRI em cada trecho pode ser observado nas planilhas que compõem os anexos.

Foi observado que a premissa levantada pelos autores, em que na grande maioria dos pavimentos a irregularidade inicial do pavimento influi na sua irregularidade futura, é aplicado para PE-50, dado os ensaios realizados nos anos de 2013 e 2015. O trabalho considera diversas variáveis, como o tipo de revestimento, pavimentos novos e restaurações, entre outras, e revela por fim que, em geral, é esperado um aumento na vida útil do pavimento entre 9 e 15%, para uma redução da irregularidade entre 25 e 50% (a partir de um determinado nível).

Segundo SALEH et al. (2000) uma explicação plausível é que ao se deslocar sobre uma superfície plana e livre de irregularidades um determinado veículo de carga causa um certo dano sobre a estrutura do pavimento, proporcional à carga aplicada por cada um dos seus pneus. Se esta via possuir irregularidades, o dano causado pela carga será maior na medida em que a suspensão do veículo passa a trabalhar e conseqüentemente aplica sobre alguns segmentos do pavimento uma carga superior àquela anterior, causando

um desgaste maior da estrutura do pavimento e com isso diminuindo sua vida útil.

O que se verifica com após a análise do IRI, é que a sua diminuição pode levar a grande economia em termos de custo operacional, principalmente se forem levados em conta valores mais altos de irregularidades, uma vez que esta está diretamente ligada a vida útil e ao custo. PETERSON (1987) cita trabalhos que preveem um aumento estimado de 2 a 4% no custo operacional de veículos para cada unidade de IRI acrescentado. E o custo operacional sofre um aumento de aproximadamente 15% entre um pavimento muito bom e um em situação muito ruim em termos de irregularidade superficial.

Foi visto que dentro dos 400m iniciais da área de estudo, que após a construção o IRI é alto, e ele aumenta mais ainda depois dos anos, ou seja, a progressão é maior confirmando a idéia de KSAIBATI e AL MAHMOOD (2002). Pode-se então concluir que a redução da vida útil de um pavimento apenas devido ao fato dele ter sido construído com uma irregularidade maior é verdadeira e pode ser verificado, baseado em dados de 2015, que quase 70,05% do trecho levantado da PE-50 teria que sofrer intervenções, ou seja, os valores dos IRIs nos 2 anos aumentou muito, pois em 2013 tem-se uma média de apenas 34% da via com classificações não aceitáveis.

Outros aspectos considerados para fundamentar a importância do aprofundamento do estudo de irregularidade longitudinal foram a perspectiva dos usuários. Averiguou-se que os estudos realizados pela EUROBITUME (2004) e sinalizados por MITCHELL (2000), que afirmam que o consumo de combustível de veículos aumenta quanto mais irregular for o pavimento é verdadeira, e que a hipótese de BASTER (2003) que prevê que as condições de rolamento de um pavimento podem aumentar em 70% os índices de acidentes rodoviário são aplicáveis para PE-50.

Tendo isso em vista, é sugerido deste modo uma medida corretiva já aplicada em muitos países, os chamados fatores de pagamento. Tratam-se de tabelas, conhecidas previamente pelas partes, que são aplicadas por entidades estatais ou privadas, quando da contratação de serviços de pavimentação. Tais tabelas relacionam um prêmio ou uma penalidade econômica aos prestadores de serviço de pavimentação (seja para construção, seja para manutenção) de acordo com o nível de irregularidade entregue, conforme menciona FERNANDO (2002).

As avaliações foram todas executadas com base na Tabela 4.

Tabela 4 - Condições de Superfície do Pavimento

Conceito	Irregularidade IRI (m/Km)
Excelente	1 – 1,9
Bom	1,9 – 2,7
Regular	2,7 – 3,5
Ruim	3,5 – 4,6
Péssimo	>4,6

Fonte: DNIT – Manual de Restauração de Pavimentos Asfálticos – 2006 – Publicação IPR-720 –

Página 25

Onde:

IRI = Índice Internacional de Irregularidade

6. CONCLUSÕES

Os resultados dos ensaios FWD 2015 demonstram um aumento da deflexão com diminuição do raio de curvatura e da vida útil da rodovia quando comparados com os ensaios realizados em 2013. O decréscimo nestes critérios de análises já era esperado, no entanto nas estacas 8, 12 e 20 verifica-se um comportamento excêntrico, com deflexões muito acima do esperado. Os valores das mesmas podem ser explicados pela presença de defeitos preexistentes, sem manutenção adequada, agravando pontualmente o quadro.

O cálculo para as deflexões admissível e de projeto demonstrou que a condição da rodovia entre os anos de estudo propostos se manteve regular, entretanto os ensaios de 2015 obtiveram a sua classificação mantida no limiar. Isto quer dizer, que apesar de nos critérios do DNIT a mesma está em um enquadramento aceitável, enquanto estudos mais aprofundados demonstram que PE-50 encontra-se na iminência de ser classificada como má. Quando vista sobre a perspectiva funcional, os resultados do IRI indicam que aproximadamente 33% da área estudada necessitava de intervenções, em 2013, e uma vez agregada condições externas (falta de manutenção, excesso de carga na via, clima) geradoras de desgaste, esse percentual subiu para 70.05%, em 2015.

A partir das análises realizadas, infere-se que a vida remanescente do pavimento flexível na PE-50 irá apresentar uma redução de 2.3 anos, uma vez que a manutenção não é seguida da forma que é recomendada e que o pavimento está exposto aos danos causados pelo clima, debilidade do sistema de drenagem e excesso de carga por parte dos veículos pesados que circulam na rodovia. Conclui-se também, que a caracterização destes defeitos influencia diretamente na vida remanescente do pavimento.

Quando verificados os ensaios realizados com FD-01 e FDW-02, onde o primeiro é referente ao equipamento que apresenta a célula de carga e geofones mais antigos, é possível notar, uma diminuição drástica da Vida Útil do pavimento, quando comparado com o FWD-02, que apresenta células de cargas e geofones novos. Onde, para o FWD-02, para todos os geofones e em todas as estacas, as deflexões se apresentaram menores, o que leva a conclusão que o FWD – 02 é mais preciso que o 01, e que a idade dos geofones e das células de cargas influenciam na vida útil, pois quanto mais novos forem, as deflexões levantadas se apresentaram menores e a vida útil será então maior. Assim, o desgaste do material irá ter relação direta com os valores apresentados pelos resultados. Ensaio realizado no Bongü, seguindo a mesma metodologia ratificam as conclusões alcançadas.

Em 2013 foi que verificado, que em sua maioria, tanto a sub-base quanto a base são compostas por materiais do tipo A.1.b e A.2.4 respectivamente, sendo o mesmo resultado verificado para 2015. Deste modo caracteriza-se um material predominantemente arenoso na base e na sub-base. O revestimento em todo o trecho estudado é composto por uma camada superficial de CBUQ e TSD, consegue-se ainda observar por uma redução de 2 cm no revestimento do pavimento. Tem-se ainda que as classificações obtidas nos ensaios de laboratórios convergem com os resultados das sondagens realizadas. Através de alguns ensaios foi verificada uma camada de reforço de subleito.

REFERÊNCIAS

ATP Engenharia LTDA, Levantamento Deflectométrico com o Falling Weight Deflectometer – FWD na Br 135/PI. 2015. 81 p. Relatório Técnico. Recife, Pernambuco.

ATP Engenharia LTDA, Levantamento de Irregularidade com Road Surface Profilometer – RSP / Crema - PI BR 135/PI. 2015. 105 p. Relatório Técnico. Recife, Pernambuco.

AMARAL, S.C. Estudo De Misturas Laterita-Asfalto Da Região Metropolitana De Belém – PA para revestimentos de pavimento. 2004. 198f. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo.

BARELLA, RODRIGO MALUF. Contribuição para Avaliação da Irregularidade Longitudinal de Pavimentos com Perfilômetros Inerciais / R.M.Barella – Ed. rev – São Paulo, 2008. 362 p. Tese de Doutorado – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Transportes.

BERNUCCI, L.L.B. Considerações Sobre O Dimensionamento De Pavimentos Utilizando Solos Lateríticos Para Rodovias De Baixo Volume De Tráfego. 1995. 237 f. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1999

DNIT – DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRA-ESTRUTURA DE TRANSPORTES. Manual de pavimentação. Rio de Janeiro: DNIT, 2006

DNER – DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM.
ME 049/1994: solos: determinação do Índice de Suporte Califórnia utilizando amostras não trabalhadas: método de ensaio. Rio de Janeiro, 1994

GONÇALVES, F. J. P (1999) O desempenho dos pavimentos flexíveis. Seminário II de doutorado, PPGEC/UFRGS.

HASEN, Aline. 2008. Aplicação se SIG em Sistemas de Gerencia de Pavimentos para a Cidade de Maringá. Dissertação (Mestrado em engenharia Civil) Engenharia Urbana. Universidade Estadual de Maringá.

HENRIQUE, YURI FLÔR. Método de Avaliação de Pavimentos Aeroportuários - Aplicação a um Aeródromo Militar / Yuri Flôr Henrique. – Rio de Janeiro: UFRJ/Escola Politécnica, 2013.VIII, 123 p.: il.; 29,7 cm.

MACÊDO, M.M.; MOTTA, L.M.G. Comportamento de solo melhorado com cimento para uso em pavimentação sob carga repetida. In Congresso Luso-Brasileiro de Geotecnia de Infra- Estrutura de Transportes, 2006, Curitiba. III CLBG. São Paulo: Associação Brasileira de Mecânica de Solos – ABMS, 2006

MACEDO.F.N (2003) Retroanálise de Bacias de Deflexões Reais e Teóricas Obtidas por Métodos Estáticos e Dinâmicos. Dissertação (Mestrado de engenharia civil). Universidade de Brasília - DF 243pg

NÓBREGA, EDUARDO SUASSUNA, Comparação entre Métodos de Retroanálise em Pavimentos Asfálticos. [Rio de Janeiro] 2003. XIX, 365 p., 29,7cm (COPPE/UFRJ, M.Sc., Engenharia Civil, 2003)

RODRIGUES, RICARDO LIMA (2007), Avaliação Estrutural de segmento da AV. Floriano Peixoto na Zona Urbana de Campina Grande. (Mestrado de Engenharia Civil). Campina Grande - Paraíba 151 pg.

SOUZA M.F Análise Do Desempenho Do Pavimento Com Ensaios Não Destrutivos- Medições Deflectometricas Com Fwd Para Avaliação Do Pavimento. Dissertação (graduação em engenharia Civil). Universidade Federal de Pernambuco –PE-pag 29

VILLIBOR, D.F. Pavimentos econômicos. Novas considerações. 1981. 224 f. Tese (Doutorado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 1981.

YODER, E.J.; WITCZAK, M.W. Principles of pavement design. 2. ed. New York: John Wiley&Sons, Inc., 1975

ANEXOS

ANEXO A - Estudo de tráfego

1. Tráfego Atual- VMDa

POSTO	AUTOS	ÔNIBUS		2Cs	VEIC. RECR.	CAMINHÕES														MOTOS	OUTROS	SOMA
		20	30			2C	3C	4CD	2S1	2S2	2S3	3I3	3S2	3S3	2C-2	2C-3	3D4	3T6	3M6			
CV-01	4.251	225	8	774	33	483	439	27	10	13	65	19	5	32	6	1	16	3	8	1.078	1	7.497
CV-02	3.412	152	12	560	11	309	220	9	1	5	28	6	1	13	1	1	10	2	3	2.043	3	6.802
CV-03	2.860	104	28	396	52	324	193	41	22	28	25	13	13	19	11	9	14	16	7	825	4	5.001
CV-04	6.560	193	14	873	96	510	273	8	5	13	22	2	1	15	1	0	17	2	4	6.433	12	15.055

2. Projeções de tráfego

ANO	AUTOS	ÔNIBUS		2Cs	VEIC. RECR.	CAMINHÕES														MOTOS	OUTROS	SOMA
		20	30			2C	3C	4CD	2S1	2S2	2S3	3I3	3S2	3S3	2C-2	2C-3	3D4	3T6	3M6			
2013	4.251	225	8	774	33	483	439	27	10	13	65	19	5	32	6	1	16	3	8	1.078	1	7.497
2014	4.379	232	8	797	34	497	452	27	10	13	67	20	6	33	6	1	16	3	9	1.110	1	7.722
2015	4.510	239	8	821	35	512	465	28	10	13	69	20	6	33	6	1	17	3	9	1.144	1	7.954
2016	4.646	246	9	846	36	528	479	29	10	14	71	21	6	34	6	1	17	3	9	1.178	1	8.193
2017	4.785	254	9	871	37	544	494	30	11	14	73	21	6	36	7	1	18	3	9	1.213	1	8.438
2018	4.929	261	9	897	39	560	508	31	11	15	75	22	6	37	7	1	18	3	10	1.250	1	8.692
2019	5.076	269	10	924	40	577	524	32	11	15	78	23	6	38	7	2	19	4	10	1.287	2	8.952
2020	5.229	277	10	952	41	594	539	33	12	16	80	23	7	39	7	2	20	4	10	1.326	2	9.221
2021	5.386	286	10	981	42	612	556	34	12	16	82	24	7	40	7	2	20	4	10	1.366	2	9.498
2022	5.547	294	10	1.010	43	630	572	35	12	17	85	25	7	41	8	2	21	4	11	1.407	2	9.782
2023	5.714	303	11	1.040	45	649	589	36	13	17	87	26	7	42	8	2	21	4	11	1.449	2	10.076

ANO	AUTOS	ÔNIBUS		2Cs	VEIC. RECR.	CAMINHÕES														MOTOS	OUTROS	SOMA
		20	30			2C	3C	4CD	2S1	2S2	2S3	3I3	3S2	3S3	2C-2	2C-3	3D4	3T6	3M6			
2013	3.412	152	12	560	11	309	220	9	1	5	28	6	1	13	1	1	10	2	3	2.043	3	6.802
2014	3.514	157	13	576	11	318	227	9	1	6	28	6	1	14	1	1	10	2	3	2.105	3	7.006
2015	3.619	161	13	594	12	327	233	10	1	6	29	6	1	14	1	1	10	2	3	2.168	3	7.216
2016	3.728	166	14	611	12	337	240	10	1	6	30	7	1	14	1	1	11	2	3	2.233	3	7.432
2017	3.840	171	14	630	12	347	248	10	1	6	31	7	1	15	1	1	11	2	4	2.300	3	7.655
2018	3.955	176	14	649	13	358	255	11	1	6	32	7	1	15	1	1	11	2	4	2.369	3	7.885
2019	4.074	182	15	668	13	368	263	11	1	6	33	7	1	16	1	2	12	3	4	2.440	4	8.122
2020	4.196	187	15	688	13	380	271	11	1	7	34	7	1	16	1	2	12	3	4	2.513	4	8.365
2021	4.322	193	16	709	14	391	279	12	1	7	35	8	1	17	1	2	12	3	4	2.588	4	8.616
2022	4.451	199	16	730	14	403	287	12	1	7	36	8	1	17	1	2	13	3	4	2.666	4	8.875
2023	4.585	204	17	752	15	415	296	12	1	7	37	8	1	18	1	2	13	3	4	2.746	4	9.141

ANO	AUTOS	ÔNIBUS		2Cs	VEIC. RECR.	CAMINHÕES														MOTOS	OUTROS	SOMA
		20	30			2C	3C	4CD	2S1	2S2	2S3	3I3	3S2	3S3	2C-2	2C-3	3D4	3T6	3M6			
2013	2.860	104	28	396	52	324	193	41	22	28	25	13	13	19	11	9	14	16	7	825	4	5.001
2014	2.946	107	28	408	53	334	199	42	22	29	26	13	13	19	11	9	15	16	7	849	5	5.151
2015	3.034	110	29	420	55	344	205	43	23	30	27	13	14	20	11	9	15	17	7	875	5	5.305
2016	3.125	113	30	432	57	354	211	45	24	30	28	14	14	20	12	9	16	17	7	901	5	5.465
2017	3.219	117	31	445	58	365	217	46	24	31	28	14	14	21	12	10	16	18	8	928	5	5.629
2018	3.315	120	32	459	60	376	224	48	25	32	29	15	15	22	12	10	17	18	8	956	5	5.797
2019	3.415	124	33	473	62	387	231	49	26	33	30	15	15	22	13	10	17	19	8	985	5	5.971
2020	3.517	127	34	487	64	399	238	50	27	34	31	16	16	23	13	11	18	20	8	1.014	5	6.150
2021	3.623	131	35	501	66	411	245	52	27	35	32	16	16	24	14	11	18	20	9	1.045	6	6.335
2022	3.731	135	36	516	67	423	252	53	28	36	33	17	17	24	14	11	19	21	9	1.076	6	6.525
2023	3.843	139	37	532	69	436	260	55	29	37	34	17	17	25	14	12	19	21	9	1.108	6	6.721

ANO	AUTOS	ÔNIBUS		2Cs	VEIC. RECR.	CAMINHÕES														MOTOS	OUTROS	SOMA
		20	30			2C	3C	4CD	2S1	2S2	2S3	3I3	3S2	3S3	2C-2	2C-3	3D4	3T6	3M6			
2013	6.560	193	14	873	96	510	273	8	5	13	22	2	1	15	1	0	17	2	4	6.433	12	15.055
2014	6.757	199	14	900	99	525	281	8	5	14	23	2	1	16	1	0	18	2	4	6.626	12	15.506
2015	6.960	205	15	927	102	541	290	8	5	14	24	2	1	16	1	0	18	2	5	6.825	12	15.972
2016	7.168	211	15	954	105	557	298	8	5	15	24	2	1	17	1	0	19	2	5	7.030	13	16.451
2017	7.383	218	15	983	108	574	307	9	5	15	25	2	1	17	1	0	19	2	5	7.240	13	16.944
2018	7.605	224	16	1.013	111	591	316	9	5	15	26	2	1	18	1	0	20	2	5	7.458	13	17.453
2019	7.833	231	16	1.043	114	609	326	9	6	16	27	2	1	18	1	0	21	3	5	7.681	14	17.976
2020	8.068	238	17	1.074	118	627	336	9	6	16	27	2	1	19	1	0	21	3	5	7.912	14	18.515
2021	8.310	245	17	1.106	121	646	346	10	6	17	28	2	1	20	1	0	22	3	5	8.149	15	19.071
2022	8.559	252	18	1.140	125	665	356	10	6	17	29	2	1	20	1	0	23	3	6	8.394	15	19.643
2023	8.816	260	18	1.174	129	685	367	10	6	18	30	2	1	21	1	0	23	3	6	8.645	16	20.232

'

Número N – PV-02

PROJEÇÃO DO VMDAT E DO NÚMERO N - CV2										
ANO	VMDAT				TOTAL	NÚMERO N				OBS:
	VEÍCULOS TIPO					USACE		AASHTO		
	PASSEIO	MOTO	COLETIVO	CARGA		Na	Nacum	Na	Nacum	
2013	3.982	2.043	165	612	6.802	-	-	-	-	PESQUISA/PROJETO
2014	4.101	2.105	170	630	7.006	1,07E+06	1,07E+06	4,21E+05	4,21E+05	1º ANO
2015	4.225	2.168	175	649	7.216	1,10E+06	2,18E+06	4,34E+05	8,55E+05	
2016	4.351	2.233	180	669	7.432	1,14E+06	3,31E+06	4,47E+05	1,30E+06	
2017	4.482	2.300	185	689	7.655	1,17E+06	4,48E+06	4,60E+05	1,76E+06	
2018	4.616	2.369	191	709	7.885	1,21E+06	5,69E+06	4,74E+05	2,24E+06	
2019	4.755	2.440	197	731	8.122	1,24E+06	6,93E+06	4,88E+05	2,72E+06	2º ANO
2020	4.897	2.513	202	753	8.365	1,28E+06	8,21E+06	5,03E+05	3,23E+06	
2021	5.044	2.588	208	775	8.616	1,32E+06	9,53E+06	5,18E+05	3,74E+06	
2022	5.196	2.666	215	798	8.875	1,36E+06	1,09E+07	5,33E+05	4,26E+06	
2023	5.351	2.746	221	822	9.141	1,40E+06	1,23E+07	5,49E+05	4,83E+06	
COMPOSIÇÃO PERCENTUAL DO TRAFEGO						VARIÁVEIS DE CÁLCULO DO NÚMERO N				
PASSEIO	MOTO	COLETIVO	CARGA	FATORES DE VEÍCULO - FV		FATOR DE PIETA				
59%	30%	2%	9%	USACE	AASHTO	c				
TAXA DE CRESCIMENTO DO TRAFEGO				7,3435	2,8846	0,5				
PASSEIO	MOTO	COLETIVO	CARGA	ANO INICIAL PARA O CÁLCULO DO NÚMERO "N"						2014
3%	3%	3%	3%	PERÍODO DE PROJETO PARA O CÁLCULO DO NÚMERO N - P (anos)						10
PROJEÇÃO DO VMDAT E DO NÚMERO N										

Número N – PV-04

PROJEÇÃO DO VM DAT E DO NÚMERO N - CV4										
ANO	VM DAT				TOTAL	NÚMERO N				OBS:
	VEÍCULOS TIPO					USACE		AASHTO		
	PASSEIRO	MOTO	COLETIVO	CARGA		Na	Nacum	Na	Nacum	
2013	7.529	6.433	207	885	15.055	-	-	-	-	PERQUISITOR
2014	7.755	6.626	213	912	15.506	1,41E+06	1,41E+06	5,81E+05	5,81E+05	1º ANO
2015	7.988	6.835	220	939	15.972	1,45E+06	2,86E+06	5,98E+05	1,18E+06	
2016	8.328	7.030	226	967	16.451	1,49E+06	4,35E+06	6,16E+05	1,79E+06	
2017	8.474	7.240	233	996	16.944	1,54E+06	5,89E+06	6,35E+05	2,43E+06	
2018	8.729	7.458	240	1.026	17.453	1,58E+06	7,47E+06	6,54E+05	3,08E+06	
2019	8.991	7.681	247	1.057	17.976	1,63E+06	9,10E+06	6,73E+05	3,75E+06	
2020	9.260	7.912	255	1.089	18.515	1,68E+06	1,08E+07	6,93E+05	4,45E+06	
2021	9.538	8.149	262	1.121	19.071	1,73E+06	1,25E+07	7,14E+05	5,16E+06	
2022	9.824	8.394	270	1.155	19.643	1,78E+06	1,43E+07	7,36E+05	5,90E+06	
2023	10.119	8.645	278	1.190	20.232	1,84E+06	1,61E+07	7,58E+05	6,66E+06	10º ANO
COMPOSIÇÃO PERCENTUAL DO TRAFEGO					VARIÁVEIS DE CÁLCULO DO NÚMERO N					
PASSEIRO	MOTO	COLETIVO	CARGA		FATORES DE VEÍCULO - FV		FATOR DE PISTA			
50%	43%	1%	6%		USACE	AASHTO	C			
TAXA DE CRESCIMENTO DO TRAFEGO					6,853	2,828	0,5			
PASSEIRO	MOTO	COLETIVO	CARGA		ANO INICIAL PARA O CÁLCULO DO NÚMERO "N"					
3%	3%	3%	3%		PERÍODO DE PROJETO PARA O CÁLCULO DO NÚMERO "N" (anos)					
PROJEÇÃO DO VM DAT E DO NÚMERO N										

ANEXO B - Deflexão por trecho homogêneo -2013

SEGMENTOS HOMOGÊNEOS				DEFLEXÕES (0,01m)			
Nº	ESTACA INICIAL	ESTACA FINAL	EXTENSÃO m	MÉDIA	DESVIO PADRÃO	Dc	RAIO CURVATURA
1	0	50	1000	56,02	15,21	71,23	101,00
2	50	98	260	59,05	15,57	74,61	98,79
3	98	140	600	57,52	16,36	73,91	121,86
4	140	230	860	52,88	17,01	69,89	265,92
5	230	265	260	57,86	20,55	78,41	100,00
6	265	375	960	55,00	14,71	69,71	100,80
7	375	450	620	51,52	17,68	69,20	148,60
8	450	550	360	52,78	17,35	70,13	125,45
9	550	610	360	51,80	15,69	67,49	117,12
10	610	645	640	54,83	15,32	70,15	113,01
11	645	690	280	50,08	15,57	65,65	126,97
12	690	730	340	60,40	19,77	80,17	124,38
13	730	795	400	61,82	21,80	83,62	127,71
14	795	870	420	55,26	14,76	70,03	102,41
15	870	915	920	50,60	15,50	66,10	133,26
16	915	995	560	54,15	16,03	70,18	116,36
17	995	1035	820	51,18	20,54	71,72	110,36
18	1035	1135	820	45,47	17,13	63,61	148,44
19	1135	1175	1220	43,02	16,85	65,87	150,85
20	1175	1225	2360	45,24	17,37	62,62	145,91
21	1225	1320	2940	42,46	16,10	58,56	141,94
22	1320	1350	450	49,02	18,35	67,36	102,00
23	1350	1380	300	57,32	13,57	70,89	127,40
24	1380	1480	2360	48,20	15,94	64,14	114,75
25	1480	1495	340	48,55	18,82	67,37	116,60
26	1495	1535	1880	37,85	15,67	53,52	105,50
27	1535	1630	560	39,07	16,02	55,09	124,13
28	1630	1685	2940	49,68	18,94	68,62	113,37
29	1685	1785	1120	48,16	18,76	66,92	108,20
30	1785	1885	2120	42,87	15,96	58,83	124,62
31	1885	1985	260	48,52	17,02	65,54	130,49

ANEXO C - IRI por trecho homogêneo 2013

Nº	SEGMENTOS HOMOGÊNEOS			JGG	CONCRETO
	ESTACA INICIAL	ESTACA FINAL	EXTENSÃO m		
1	0	50	1000	49	REGULAR
2	50	98	960	116	RUIM
3	98	140	840	62	REGULAR
4	140	230	1800	62	REGULAR
5	230	285	1100	33	BOM
6	285	375	1800	41	REGULAR
7	375	450	1500	77	REGULAR
8	450	550	2000	86	RUIM
9	550	610	1200	68	REGULAR
10	610	645	700	53	REGULAR
11	645	690	900	43	REGULAR
12	690	730	800	109	RUIM
13	730	795	1300	95	RUIM
14	795	870	1500	44	REGULAR
15	870	915	900	35	BOM
16	915	995	1600	63	REGULAR
17	995	1035	800	63	REGULAR
18	1035	1135	2000	60	REGULAR
19	1135	1175	800	84	RUIM
20	1175	1225	1000	25	BOM
21	1225	1320	1900	15	ÓTIMO
22	1320	1350	600	27	BOM
23	1350	1380	600	96	RUIM
24	1380	1480	2000	20	ÓTIMO
25	1480	1495	300	84	RUIM
26	1495	1535	800	25	BOM
27	1535	1630	1900	44	REGULAR
28	1630	1685	1100	56	REGULAR
29	1685	1785	2000	28	BOM
30	1785	1885	2000	30	BOM
31	1885	1985	2000	46	REGULAR

Anexo D - Análise de deflexão 2015 por estaca

DIMENSIONAMENTO DO REFORÇO DO PAVIMENTO - DNER - PRO 11/79																	
Nº	SEGMENTO HOMOGÊNEO				Dp Serb. (0,01 mm)	Np (USACE)	Dado 0,01mm	3 D adn	Rolo (m)	KIG	Hipótese *	Qualidade	Estudos complemen- tares	Critério	Medidas	H _{ce} (cm)	
	ESTACA		EXTENSÃO (m)														
	Inicial	Fim															
1	0	+ 0,00	50	+ 0,00	1.000,00	71,23	2,34E+07	51,64	154,9	101,00	48,72	II	REGULAR	NÃO	Deflectométrico	Refarço	5,6
2	50	+ 0,00	98	+ 0,00	960,00	74,61	2,34E+07	51,64	154,9	98,79	116,27	IV	MA	SIM	Resistência	Reforço ou Reconstrução	6,4
3	98	+ 0,00	140	+ 0,00	840,00	73,91	2,34E+07	51,64	154,9	121,88	61,75	II	REGULAR	NÃO	Deflectométrico	Refarço	6,2
4	140	+ 0,00	230	+ 0,00	1.800,00	69,89	2,34E+07	51,64	154,9	265,92	30,84	II	REGULAR	NÃO	Deflectométrico	Refarço	5,3
5	230	+ 0,00	285	+ 0,00	1.100,00	78,41	2,34E+07	51,64	154,9	100,00	33,14	II	REGULAR	NÃO	Deflectométrico	Refarço	7,3
6	285	+ 0,00	375	+ 0,00	1.800,00	69,71	2,34E+07	51,64	154,9	100,80	40,92	II	REGULAR	NÃO	Deflectométrico	Refarço	5,2
7	375	+ 0,00	450	+ 0,00	1.500,00	69,20	2,34E+07	51,64	154,9	148,60	77,41	II	REGULAR	NÃO	Deflectométrico	Refarço	5,1
8	450	+ 0,00	550	+ 0,00	2.000,00	70,13	2,34E+07	51,64	154,9	125,45	86,13	II	REGULAR	NÃO	Deflectométrico	Refarço	5,3
9	550	+ 0,00	610	+ 0,00	1.200,00	67,49	2,34E+07	51,64	154,9	117,12	67,74	II	REGULAR	NÃO	Deflectométrico	Refarço	4,6
10	610	+ 0,00	645	+ 0,00	700,00	70,15	2,34E+07	51,64	154,9	113,01	52,86	II	REGULAR	NÃO	Deflectométrico	Refarço	5,3
11	645	+ 0,00	690	+ 0,00	900,00	65,65	2,34E+07	51,64	154,9	126,97	42,58	II	REGULAR	NÃO	Deflectométrico	Refarço	4,2
12	690	+ 0,00	730	+ 0,00	800,00	80,17	2,34E+07	51,64	154,9	124,38	109,17	I	REGULAR	NÃO	Deflectométrico	Refarço	7,6
13	730	+ 0,00	795	+ 0,00	1.300,00	83,62	2,34E+07	51,64	154,9	127,71	94,91	II	REGULAR	NÃO	Deflectométrico	Refarço	8,4
14	795	+ 0,00	870	+ 0,00	1.500,00	70,03	1,23E+07	57,83	173,5	102,41	43,69	II	REGULAR	NÃO	Deflectométrico	Refarço	3,3
15	870	+ 0,00	915	+ 0,00	900,00	66,10	1,23E+07	57,83	173,5	133,26	35,45	II	REGULAR	NÃO	Deflectométrico	Refarço	2,3
16	915	+ 0,00	995	+ 0,00	1.600,00	70,18	1,23E+07	57,83	173,5	116,36	62,62	II	REGULAR	NÃO	Deflectométrico	Refarço	3,4
17	995	+ 0,00	1.035	+ 0,00	800,00	71,72	1,23E+07	57,83	173,5	110,36	63,25	II	REGULAR	NÃO	Deflectométrico	Refarço	3,7
18	1.035	+ 0,00	1.135	+ 0,00	2.000,00	63,61	1,23E+07	57,83	173,5	148,44	60,26	II	REGULAR	NÃO	Deflectométrico	Refarço	1,7
19	1.135	+ 0,00	1.175	+ 0,00	800,00	65,87	1,23E+07	57,83	173,5	150,85	83,56	II	REGULAR	NÃO	Deflectométrico	Refarço	2,3
20	1.175	+ 0,00	1.225	+ 0,00	1.000,00	62,62	1,23E+07	57,83	173,5	145,91	25,00	II	REGULAR	NÃO	Deflectométrico	Refarço	1,4
21	1.225	+ 0,00	1.320	+ 0,00	1.900,00	58,56	1,23E+07	57,83	173,5	141,94	14,57	II	REGULAR	NÃO	Deflectométrico	Refarço	0,2
22	1.320	+ 0,00	1.350	+ 0,00	600,00	67,36	1,23E+07	57,83	173,5	102,00	26,76	II	REGULAR	NÃO	Deflectométrico	Refarço	2,7
23	1.350	+ 0,00	1.380	+ 0,00	600,00	70,89	1,23E+07	57,83	173,5	127,40	96,45	II	REGULAR	NÃO	Deflectométrico	Refarço	3,5
24	1.380	+ 0,00	1.480	+ 0,00	2.000,00	64,14	1,23E+07	57,83	173,5	114,75	19,73	II	REGULAR	NÃO	Deflectométrico	Refarço	1,8
25	1.480	+ 0,00	1.495	+ 0,00	300,00	67,37	1,70E+07	54,63	163,9	116,60	84,10	II	REGULAR	NÃO	Deflectométrico	Refarço	3,6
26	1.495	+ 0,00	1.535	+ 0,00	800,00	83,52	1,70E+07	54,63	163,9	105,50	24,80	I	BOA	NÃO	"	Apenas correções de superfície	-0,4
27	1.535	+ 0,00	1.630	+ 0,00	1.900,00	55,09	1,70E+07	54,63	163,9	124,1	43,62	II	REGULAR	NÃO	Deflectométrico	Refarço	0,1
28	1.630	+ 0,00	1.685	+ 0,00	1.100,00	68,62	1,70E+07	54,63	163,9	113,4	56,04	II	REGULAR	NÃO	Deflectométrico	Refarço	4,0
29	1.685	+ 0,00	1.785	+ 0,00	2.000,00	66,92	1,70E+07	54,63	163,9	108,2	28,40	II	REGULAR	NÃO	Deflectométrico	Refarço	3,5
30	1.785	+ 0,00	1.885	+ 0,00	2.000,00	58,83	1,70E+07	54,63	163,9	124,6	29,82	II	REGULAR	NÃO	Deflectométrico	Refarço	1,3
31	1.885	+ 0,00	1.985	+ 0,00	2.000,00	65,54	1,61E+07	55,16	165,5	130,5	46,12	II	REGULAR	NÃO	Deflectométrico	Refarço	3,0

ANEXO E - FDW 01

Localização			Pressão (Kpa)	Carga(KN)	DEFLEXÃO (1 x 10 ⁻² mm)							Temperatura		Coordenadas		Rc (m)	Data	Hora
					D0	D1	D2	D3	D4	D5	D6	Pav.	Ar	Latitude	Longitude			
Km	Estaca	Lado			(0 cm)	(20 cm)	(30 cm)	(45 cm)	(60 cm)	(90 cm)	(120 cm)							
0.120	6	FWD 01	560	39.58	79.17	56.28	37.18	22.00	13.58	9.71	6.91	44.8	33.2			42018.46	1/14/2015	10:59:28
0.160	8	FWD 01	529	37.36	123.42	85.18	60.27	39.15	24.55	10.70	6.45	45.5	33.4			61.64	1/14/2015	11:00:52
0.200	10	FWD 01	577	40.75	75.47	51.83	38.67	27.41	17.55	12.52	8.71	47.2	33.6			103.41	1/14/2015	11:01:36
0.240	12	FWD 01	544	38.45	108.63	76.12	52.17	30.04	15.57	8.90	5.18	46.4	33.7			70.25	1/14/2015	11:02:16
0.280	14	FWD 01	562	39.75	95.72	65.76	45.57	26.72	14.16	7.68	4.91	46.6	33.9			78.02	1/14/2015	11:03:00
0.320	16	FWD 01	554	39.16	91.72	54.14	32.41	15.32	7.91	5.53	3.50	45.4	34.0			64.51	1/14/2015	11:03:38
0.360	18	FWD 01	562	39.71	83.71	49.31	29.97	15.13	8.20	4.75	3.09	46.3	34.1			70.91	1/14/2015	11:04:16
0.400	20	FWD 01	533	37.68	103.73	71.72	47.57	29.24	15.70	9.14	5.35	45.8	34.1			70.89	1/14/2015	11:04:54
0.440	22	FWD 01	577	40.75	65.67	37.65	22.13	10.93	5.48	3.42	2.18	46.5	34.2			87.34	1/14/2015	11:05:40
0.480	24	FWD 01	557	39.39	60.91	35.99	21.95	11.22	5.54	3.23	2.00	44.9	34.4			97.84	1/14/2015	11:06:23
0.520	26	FWD 01	556	39.27	40.48	26.38	18.05	11.98	8.36	6.11	4.18	40.2	34.6			171.09	1/14/2015	11:07:07

ANEXO F- FDW 02

Localização			Pressão (Kpa)	Carga(KN)	DEFLEXÃO (1 x 10 ⁻² mm)							Temperatura		Coordenadas		Rc (m)	Data	Hora
					FWD D0	FWD D1	FWD D2	FWD D3	FWD D4	FWD D5	FWD D6	Pav.	Ar	Latitude	Longitude			
Km	Estaca	Lado			(0 cm)	(20 cm)	(30 cm)	(45 cm)	(60 cm)	(90 cm)	(120 cm)							
0,120	6	FWD 02	545	38,54	70,12	50,03	32,86	15,89	11,21	7,36	4,54	41,6	34,2			42018,46	14/01/2015	10:57:10
0,160	8	FWD 02	558	39,44	106,53	69,45	45,79	25,10	14,19	9,17	4,12	41,8	34,3			63,89	14/01/2015	10:57:48
0,200	10	FWD 02	560	39,55	64,21	46,57	32,96	17,38	8,06	7,38	6,50	41,2	34,4			127,84	14/01/2015	10:58:27
0,240	12	FWD 02	576	40,72	101,08	70,66	46,67	23,76	11,09	6,37	4,69	41,7	34,4			73,68	14/01/2015	10:59:09
0,280	14	FWD 02	564	39,83	86,55	58,33	37,99	17,90	8,40	5,27	4,37	42,0	34,5			81,40	14/01/2015	10:59:56
0,320	16	FWD 02	571	40,35	79,35	53,63	31,41	14,41	7,49	6,70	3,66	41,4	34,5			84,85	14/01/2015	11:00:37
0,360	18	FWD 02	564	39,85	65,63	43,97	25,69	11,63	6,14	3,81	0,78	42,3	34,5			101,46	14/01/2015	11:01:21
0,400	20	FWD 02	548	38,72	83,01	55,01	34,55	17,06	9,75	7,79	2,72	40,9	34,6			81,74	14/01/2015	11:02:20
0,440	22	FWD 02	574	40,54	58,27	36,84	20,99	7,36	4,27	3,26	1,14	42,9	34,7			106,46	14/01/2015	11:02:55
0,480	24	FWD 02	558	39,43	57,49	37,26	21,06	8,48	4,20	3,77	0,66	37,2	34,8			110,31	14/01/2015	11:03:41
0,520	26	FWD 02	551	38,93	32,65	15,60	10,53	6,95	6,03	5,46	3,05	36,8	35,0			159,56	14/01/2015	11:05:10

ANEXO G- IRI

PE50-LADO ESQUERDO

km inicial	km final	IRI (m/km)	km inicial
16.64	16.32	1.78	Excelente
16.32	16.00	1.93	Bom
16.00	15.68	2.33	Bom
15.68	15.36	3.26	Regular
15.36	15.04	4.27	Ruim
15.04	14.72	2.57	Bom
14.72	14.40	2.49	Bom
14.40	14.08	2.52	Bom
14.08	13.76	2.21	Bom
13.76	13.44	1.73	Excelente
13.44	13.12	2.10	Bom
13.12	12.80	2.12	Bom
12.80	12.48	2.11	Bom
12.48	12.16	2.18	Bom
12.16	11.84	2.70	Regular
11.84	11.52	2.64	Bom
11.52	11.20	2.04	Bom
11.20	10.88	2.81	Regular
10.88	10.56	2.58	Bom
10.56	10.24	2.17	Bom
10.24	9.92	3.08	Regular
9.92	9.60	3.16	Regular
9.60	9.28	3.09	Regular
9.28	8.96	2.48	Bom
8.96	8.64	3.70	Ruim
8.64	8.32	3.83	Ruim
8.32	8.00	3.14	Regular
8.00	7.68	4.08	Regular
7.68	7.36	3.01	Regular
7.36	7.04	2.26	Bom
7.04	6.72	2.39	Bom
6.72	6.40	3.23	Regular
6.40	6.08	2.75	Regular
6.08	5.76	2.30	Bom
5.76	5.44	3.00	Regular
5.44	5.12	2.37	Bom
5.12	4.80	1.86	Excelente
4.80	4.48	2.08	Bom
4.48	4.16	2.31	Bom
4.16	3.84	2.28	Bom
3.84	3.52	2.21	Bom
3.52	3.20	2.32	Bom
3.20	2.88	2.45	Bom
2.88	2.56	2.53	Bom
2.56	2.24	2.52	Bom
2.24	1.92	3.02	Regular
1.92	1.60	3.93	Ruim
1.60	1.28	2.35	Bom
1.28	0.96	2.23	Bom
0.96	0.64	1.98	Bom
observações: os dados referem-se ao lado esquerdo			
RODOVIA:		PE-050	
TRECHO:		BR-232 (VITÓRIA DE	
		SANTO ANTÃO) -	
		GLÓRIA DE GOITÁ	
EXTENSÃO:		43,00 km	

IRI LADO ESQUERDO

km inicial	km final	IRI (m/km)	Conceito
0.000	0.320	3.52	Ruim
0.320	0.640	2.47	Bom
0.640	0.960	2.13	Bom
0.960	1.280	1.67	Excelente
1.280	1.600	1.98	Excelente
1.600	1.920	3.35	Regular
1.920	2.240	2.85	Regular
2.240	2.560	2.74	Regular
2.560	2.880	2.95	Regular
2.880	3.200	2.12	Bom
3.200	3.520	2.27	Bom
3.520	3.840	2.08	Bom
3.840	4.160	2.41	Bom
4.160	4.480	2.04	Bom
4.480	4.800	2.05	Bom
4.800	5.120	1.94	Excelente
5.120	5.440	2.15	Bom
5.440	5.760	2.50	Bom
5.760	6.080	2.07	Bom
6.080	6.400	1.95	Bom
6.400	6.720	2.25	Bom
6.720	7.040	2.22	Bom
7.040	7.360	1.89	Excelente
7.360	7.680	2.78	Regular
7.680	8.000	3.78	Ruim
8.000	8.320	3.77	Ruim
8.320	8.640	4.01	Ruim
8.640	8.960	4.10	Ruim
8.960	9.280	3.17	Regular
9.280	9.600	2.86	Regular
9.600	9.920	3.65	Ruim
9.920	10.240	2.57	Bom
10.240	10.560	1.79	Excelente
10.560	10.880	1.90	Bom
10.880	11.200	2.24	Bom
11.200	11.520	1.97	Bom
11.520	11.840	2.45	Bom
11.840	12.160	2.60	Bom
12.160	12.480	2.33	Bom
12.480	12.800	1.92	Bom
12.800	13.120	1.87	Excelente
13.120	13.440	1.88	Excelente
13.440	13.760	1.63	Excelente
13.760	14.080	1.99	Bom
14.080	14.400	2.34	Bom
14.400	14.720	3.16	Regular
14.720	15.040	2.37	Bom
15.040	15.360	3.31	Regular
15.360	15.680	3.00	Regular
OBSERVAÇÕES: OS DADOS REFEREM-SE LADO DIREITO			
RODOVIA:	PE-050		
TRECHO:	BR-232 (VITÓRIA DE SANTO ANTÃO) -		
EXTENSÃO:	FEIRA NOVA		
	43,00 km		

IRI LADO DIRETTO TRECHO

[illegible]

ANEXO H – BOLETIM DE SONDAGEM 2015

[illegible]

CLIENTE: ATP ENGENHARIA LTDA.						REFERÊNCIA:			
RODOVIA: PE 050						TÉC. EM EDIFICAÇÕES:		DATA:	
TRECHO:						ANA AMÉLIA		19/01/2015	
SUBTRECHO:									
DENOMINAÇÃO									
LOCALIZAÇÃO									
REGISTRO Nº			1727	1728	1729	1730	1731		
FURO Nº			1	1	1	1	1		
CAMADA			base	s.base	subleito	subleito	subleito		
ESTACA			014	014	014	014	014		
KM									
POSIÇÃO									
PROFUNDIDADE (m)		DE	0,08	0,29	0,49	0,61	0,71		
		A	0,29	0,49	0,61	0,71	1,00		
GRANULOMETRIA	PENEIRAS (% PASSANDO)	2"	100	100	100	100	100		
		1"	95	100	100	100	100		
		3 / 8"	86	99	96	99	99		
		Nº 4	77	98	92	98	99		
		Nº 10	62	93	80	94	95		
		Nº 40	28	64	53	67	69		
		Nº 200	11	24	22	25	53		
FAIXA DNER			F.F	F.F	F.F	F.F	F.F		
LIMITES FÍSICOS		LL	NL	NL	21	NL	42		
		IP	NP	NP	4	NP	12		
EQUIVALENTE AREIA			-	-	-	-	-		
ÍNDICE DE GRUPO			0	0	0	0	4		
CLASSIFICAÇÃO TRB			A-1-B	A-2-4	A-2-4	A-2-4	A-7-5		
AASHTO NORMAL 12 GOLPES	DENS. MÁX.	-	-	1,972	2,016	1,767			
	UMID. ÓTIMA	-	-	5,8	5,2	13,5			
	I. S. C.	-	-	23,0	23,0	10,0			
	EXPANSÃO	-	-	0,1	0,0	1,3			
AASHTO INTERMEDIÁRIO 26 GOLPES	DENS. MÁX.	-	2,072	-	-	-			
	UMID. ÓTIMA	-	5,7	-	-	-			
	I. S. C.	-	61,0	-	-	-			
	EXPANSÃO	-	0,0	-	-	-			
AASHTO MODIFICADO 55 GOLPES	DENS. MÁX.	2,128	-	-	-	-			
	UMID. ÓTIMA	4,6	-	-	-	-			
	I. S. C.	126,0	-	-	-	-			
	EXPANSÃO	0,0	-	-	-	-			
DADOS DE CAMPO	M. E. "IN SITU"	-	-	-	-	-			
	UMIDADE (%)	-	-	-	-	-			
	GRAU COMPACT.	-	-	-	-	-			
OBSERVAÇÃO:									
RESUMO DOS ENSAIOS									
							RELATÓRIO:		
							QD- 3.2.2.14		

ANEXO J – RESUMO DE SONDAGEM 2013

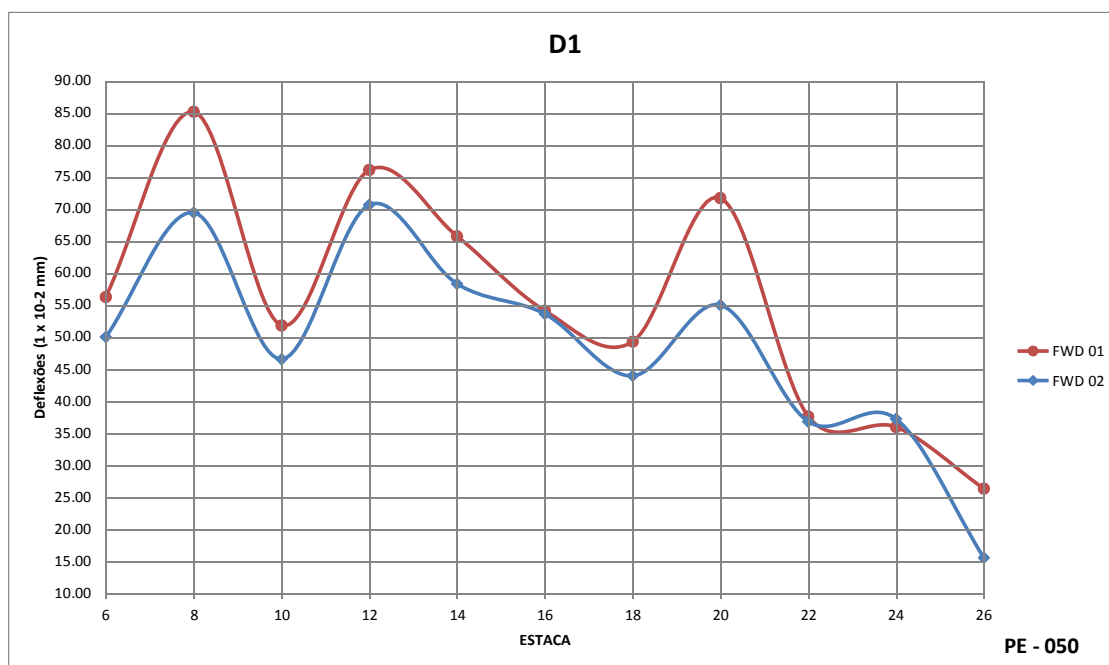
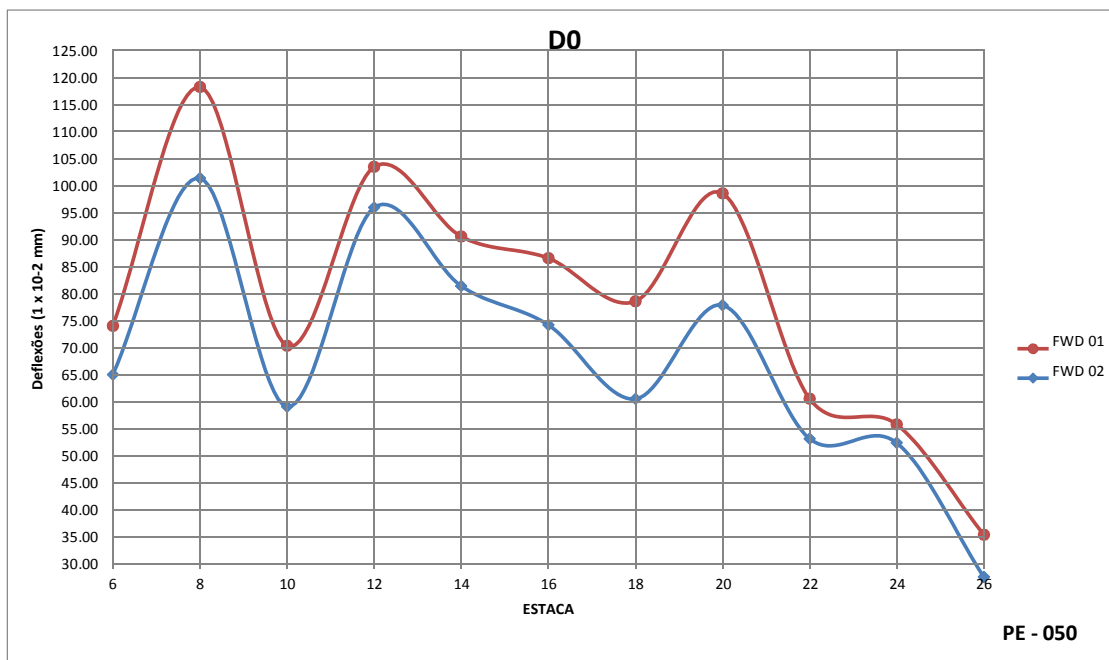
CAMADA			REC	R	B	SB	SL	REC	R	B	SB	RSL	SL	SL		
POSICÃO																
ESTACA Nº			10	10	10	10	10	110	110	110	110	110	110	110		
PROFUNDIDADE - cm -	DE	0	3	5	20	40	0	4	6	39	57	73	90			
	A	3	5	20	40	100	4	6	39	57	73	90	110			
REGISTRO Nº																
GRANULOMETRIA	PENEIRAS - % PASSANDO	2"					100									
		1"					98		100			100	98	100		
		3/8"					92	100	96			99	98	95	99	100
		Nº4					81	97	93			98	96	91	98	99
		Nº10					61	90	83			92	91	83	94	97
		Nº40					32	53	66			55	54	55	62	69
		Nº200					11	21	50			24	20	26	24	45
FAIXA AASHO																
L. L.							D	F	F.F							
I. P.							NL	17	44			NL	NP	18	40	
E. A.							NP	NP	15			NP	NP	NP	NP	
I. G.							-	-	-			-	-	-	-	
CLASSIFICAÇÃO H.R.B.							O	0	-			0	0	0	0	
AASHO NORMAL 12 GOLPES							A.1.b	A.2.4	A.7.6			A.2.4	A.2.4	A.2.4	A.4	
DENS. MÁXIMA							-	-	1803			-	-	2031	2008	1715
UMD. ÓTIMA							-	-	16,2			-	-	7,8	7,3	15,3
C.B.R.							-	-	8			-	-	20	24	5
EXPANSÃO							-	-	0,6			-	-	0,1	0,0	0,0
AASHO INTERM. 26 GOLPES							2110	2054	-			2044	2035	-	-	-
DENS. MÁXIMA							6,1	7,0	-			5,2	4,8	-	-	-
UMD. ÓTIMA							54	40	-			51	45	-	-	-
C.B.R.							0,0	0	-			0,0	0,0	-	-	-
EXPANSÃO																
AASHO MODIF. 56 GOLPES																
DENS. MÁXIMA																
UMD. ÓTIMA																
C.B.R.																
EXPANSÃO																
DADOS DE CAMPO																
DENS. IN SITU (g/dm³)																
UMID. NATURAL (%)																
GRAU COMPACTAÇÃO (%)																
APROVEITÁVEL -																
SIM(S)/NÃO(N)																
OBSERVAÇÕES:																
FONTE: PROJETO FINAL DE ENGENHARIA PARA RESTAURAÇÃO DER - JUNHO/1994																
CONVENÇÕES:																
REC = Recapeamento em CBUG																
R = Revestimento Inicial em TSD																
B = Base																
SB = Sub base																
RS = Reforço de subleito																
s = Subleito																
RODOVIA : PE-050								CAMADAS DO PAVIMENTO/ SUBLEITO								
TRECHO : ENTR. BR-232 (VITÓRIA DE SANTO ANTÃO) -								RESUMO DOS ENSAIOS								
GLÓRIA DE GOITÁ								atp engenhar								
EXTENSÃO: 15,680 km								QD - 3.5.1								

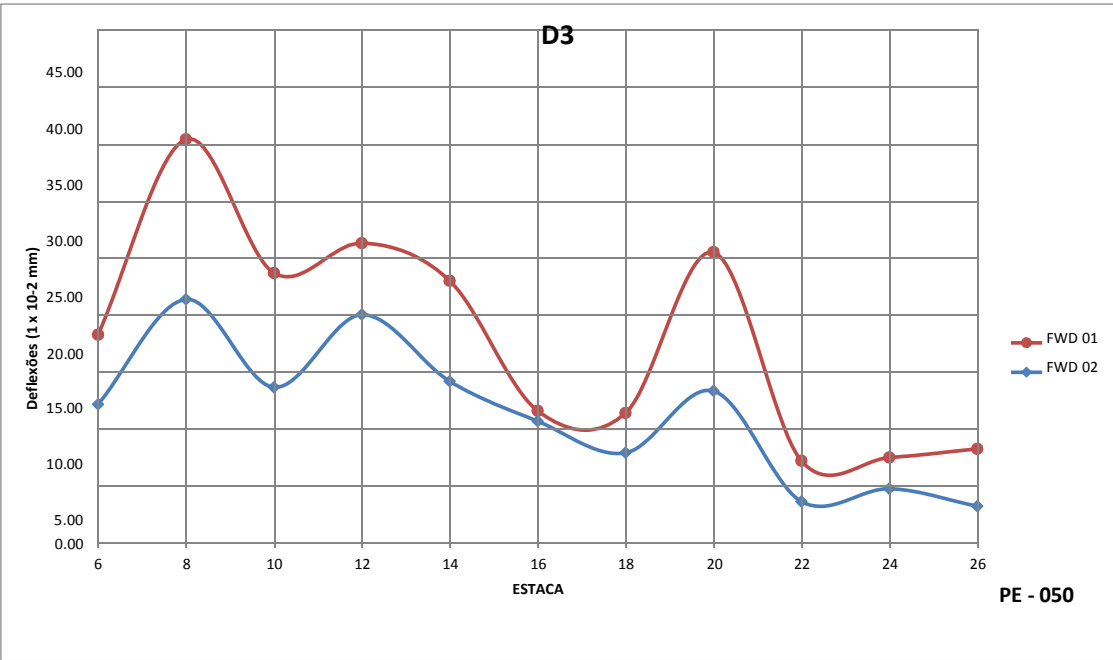
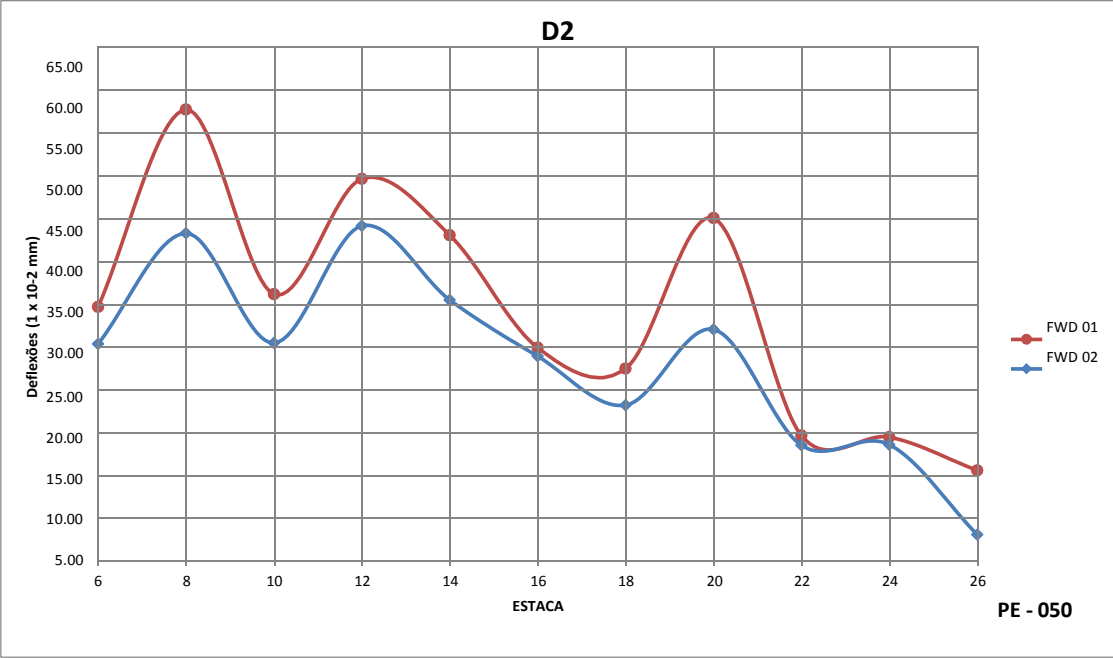
CAMADA		REC	R	B	SB	RSL	SL	REC	R	B	SB	RSL	SL
POSICÃO													
ESTACA Nº		210	210	210	210	210	210	310	310	310	310	310	310
PROFUNDIDADE - cm -	DE	0	3	5	22	50	75	0	4	6	39	54	69
	A	3	5	22	50	75	100	4	6	39	54	69	89
REGISTRO Nº													
GRANULOMETRIA	PENETRAS - % PASSANDO	2"									100	100	
		1"			100	100	100	100		100	92	98	
		3/8"			96	99	97	97		90	87	93	100
		Nº4			90	98	93	93		84	78	88	98
		Nº10			74	91	80	85		73	62	78	94
		Nº40			33	53	43	59		38	37	48	62
		Nº200			14	24	21	35		19	21	27	33
FAIXA AASHO					E	F	E	F.F		E	D	F.F	F.F
L. L.					NL	19	22	43		19	24	26	28
I. P.					NP	NP	NP	17		NP	4	12	NP
E. A.					-	-	-	-		-	-	-	-
I. G.					O	0	0	-		0	0	0	0
CLASSIFICAÇÃO H.R.B.					A.1.b	A.2.4	A.1.b	A.2.7		A.1.b	A.1.b	A.2.6	A.2.4
AASHO NORMAL 12 GOLPES	DENS. MÁXIMA				-	-	1705	1745		-	-	2041	1930
	UMID. ÓTIMA				-	-	6,4	13,1		-	-	10,6	11,0
	C.B.R.				-	-	13	4		-	-	15	7
	EXPANSÃO				-	-	0,0	0,7		-	-	0,3	0,5
AASHO INTERM. 26 GOLPES	DENS. MÁXIMA				2122	2070	-	-		2110	2097	-	-
	UMID. ÓTIMA				4,2	4,6	-	-		6,3	6,7	-	-
	C.B.R.				87	42	-	-		57	61	-	-
	EXPANSÃO				0,0	0,0	-	-		0,0	0,1	-	-
AASHO MODIF. 56 GOLPES	DENS. MÁXIMA												
	UMID. ÓTIMA												
	C.B.R.												
	EXPANSÃO												
DADOS DE CAMPO	DENS. IN SITU (g/dm³)												
	UMID. NATURAL (%)												
	GRAU COMPACTAÇÃO (%)												
APROVEITÁVEL -													
SIM(SIM) NÃO(N)													
OBSERVAÇÕES:													
FONTE: PROJETO FINAL DE ENGENHARIA PARA RESTAURAÇÃO DER - JUNHO/1994													
CONVENÇÕES:													
REC = Recapeamento em CBUQ													
R = Revestimento Inicial em TSD													
B = Base													
SB = Sub base													
RS = Reforço de subleito													
S = Subleito													
RODOVIA : PE-050						CAMADAS DO PAVIMENTO/ SUBLEITO							
TRECHO : ENTR. BR-232 (VITÓRIA DE SANTO ANTÃO) - GLÓRIA DE GOITÁ						RESUMO DOS ENSAIOS							
EXTENSÃO: 15,680 km										QD - 3.5.2			

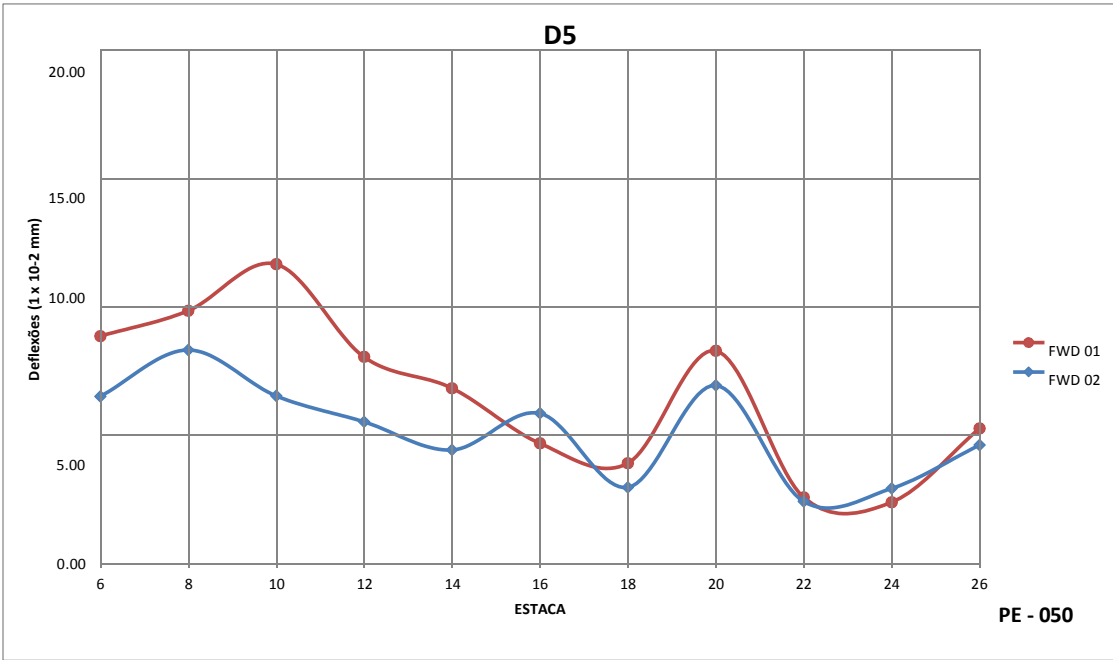
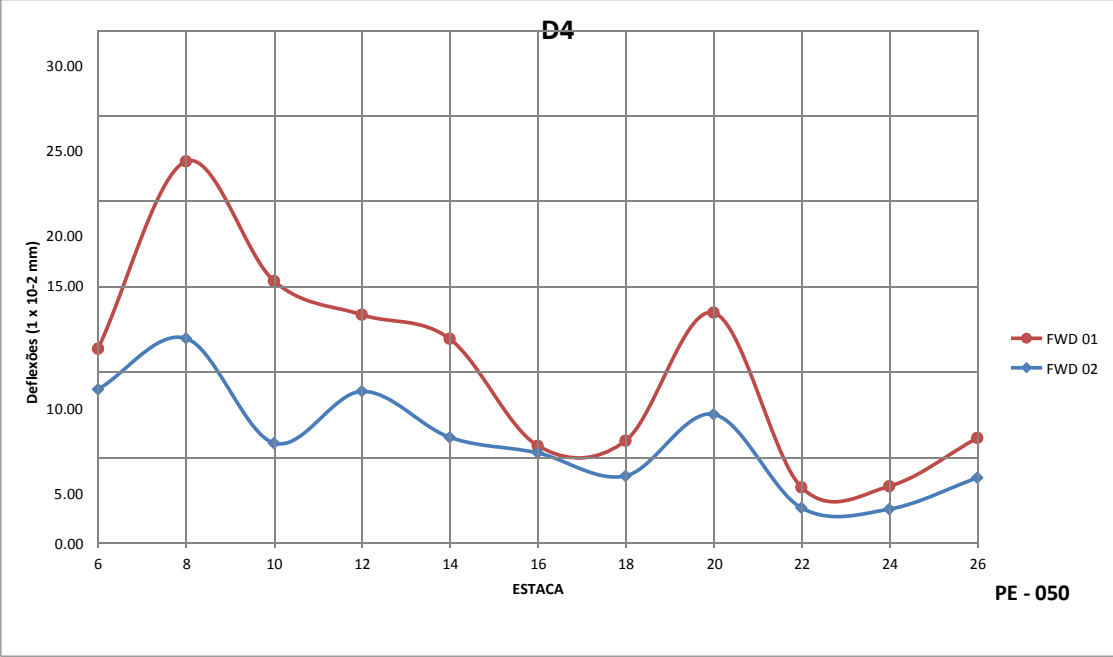
CAMADA		S	REC	R	B	SB	SL	REC	R	B	SB	SL	
POSICÃO													
ESTACA Nº		310	410	410	410	410	410	510	510	510	510	510	
PROFUNDIDADE - cm -	DE	89	0	5,5	7,5	23	46	0	3	5	38	58	83
	A	110	5,5	7,5	23	46	100	3	5	38	58	83	100
REGISTRO Nº													
GRANULOMETRIA	PENEIRAS - % PASSANDO	2"											
		1"								100			
		3/8"	100			100	100	100		100	97	100	100
		Nº4	99			98	98	98		96	90	95	96
		Nº10	97			96	96	92		92	81	87	89
		Nº40	80			86	90	77		82	68	73	79
		Nº200	64			54	52	47		46	47	39	53
FAIXA AASHO		F.F											
L. L.		45											
I. P.		21											
E. A.		-											
I. G.		-											
CLASSIFICAÇÃO H.R.B.		A.7.6											
AASHO NORMAL 12 GOLPES	DENS. MÁXIMA	1647											
	UMID. ÓTIMA	17,6											
	C.B.R.	3											
	EXPANSÃO	0,4											
AASHO INTERM. 26 GOLPES	DENS. MÁXIMA	-											
	UMID. ÓTIMA	-											
	C.B.R.	-											
	EXPANSÃO	-											
AASHO MOOF. 56 GOLPES	DENS. MÁXIMA												
	UMID. ÓTIMA												
	C.B.R.												
	EXPANSÃO												
DADOS DE CAMPO	DENS. IN SITU (g/dm³)												
	UMID. NATURAL (%)												
	GRAU COMPACTAÇÃO (%)												
APROVEITÁVEL -		SIM(SINÃO)											
OBSERVAÇÕES:													
FONTE: PROJETO FINAL DE ENGENHARIA PARA RESTAURAÇÃO DER - JUNHO/1994													
CONVENÇÕES:													
REC = Recapeamento em CBUQ													
R = Revestimento Inicial em TSD													
B = Base													
SB = Sub base													
RS = Reforço de subleito													
S = Subleito													
RODOVIA : PE-050					CAMADAS DO PAVIMENTO/ SUBLEITO								
TRECHO : ENTR. BR-232 (VITÓRIA DE SANTO ANTÃO) - GLÓRIA DE GOITÁ					RESUMO DOS ENSAIOS								
EXTENSÃO: 15,680 km										QD - 3.5.3			

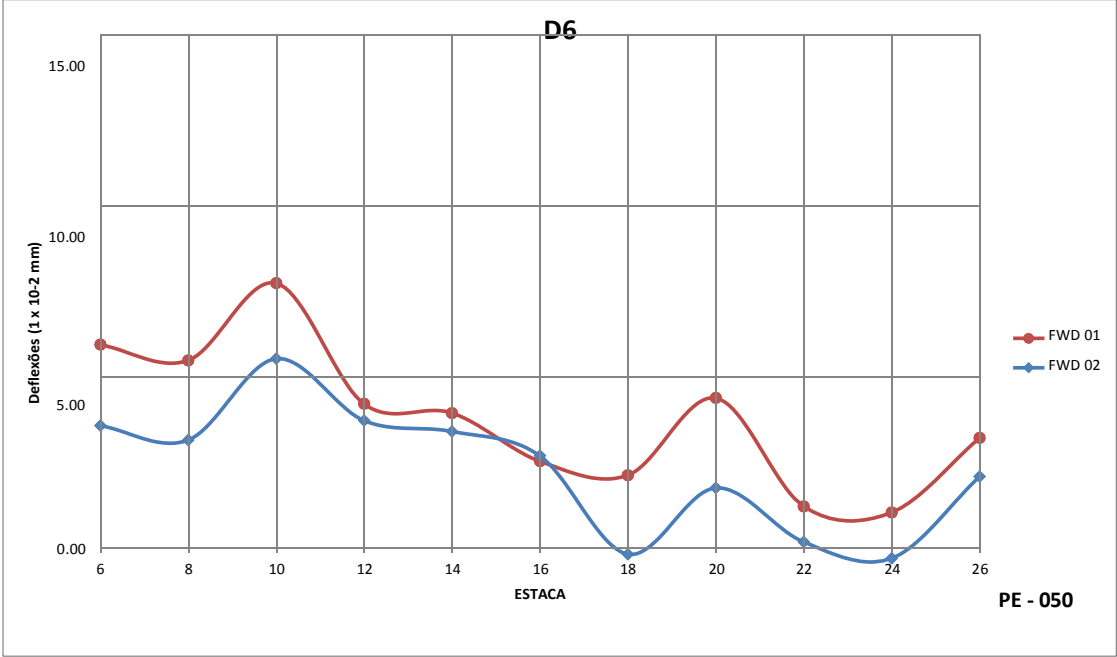
CANADA		REC	R	B	SB	RSL	SL	REC	R	B	SB	SL	
POSICÃO													
ESTACA Nº		610	610	610	610	610	610	710	710	710	710	710	
PROFUNDIDADE - cm -	DE	0	3	5	38	54	73	0	5,5	7,5	27	62	
	A	3	5	38	54	73	100	5,5	7,5	27	62	100	
REGISTRO Nº													
GRANULOMETRIA	PENETRAS - % PASSANDO	2"											
		1"				100							
		3/8"			100	100	98	100			100	100	100
		Nº4			97	95	91	95			93	98	99
		Nº10			93	90	84	91			85	94	96
		Nº40			85	83	75	83			74	90	87
		Nº200			45	52	45	50			41	61	51
FAIXA AASHO													
L. L.													
I. P.													
E. A.													
I. G.													
CLASSIFICAÇÃO H.R.B.													
AASHO NORMAL 12 GOLPES	DENS. MÁXIMA												
	UMID. ÓTIMA												
	C.B.R.												
	EXPANSÃO												
AASHO INTERM. 26 GOLPES	DENS. MÁXIMA												
	UMID. ÓTIMA												
	C.B.R.												
	EXPANSÃO												
AASHO MODIF. 56 GOLPES	DENS. MÁXIMA												
	UMID. ÓTIMA												
	C.B.R.												
	EXPANSÃO												
DADOS DE CAMPO	DENS. IN SITU (g/dm³)												
	UMID. NATURAL (%)												
	GRAU COMPACTAÇÃO (%)												
APROVEITÁVEL -		SIM(SIM) NÃO(N)											
OBSERVAÇÕES:													
FONTE: PROJETO FINAL DE ENGENHARIA PARA RESTAURAÇÃO DER - JUNHO/1994													
CONVENÇÕES:													
REC = Recapeamento em CBUQ													
R = Revestimento Inicial em TSD													
B = Base													
SB = Sub base													
RS = Reforço de subleito													
S = Subleito													
RODOVIA : PE-050						CAMADAS DO PAVIMENTO/ SUBLEITO							
TRECHO : ENTR. BR-232 (VITÓRIA DE SANTO ANTÃO) - GLÓRIA DE GOITÁ						RESUMO DOS ENSAIOS							
EXTENSÃO: 15,680 km												QD - 3.5.4	

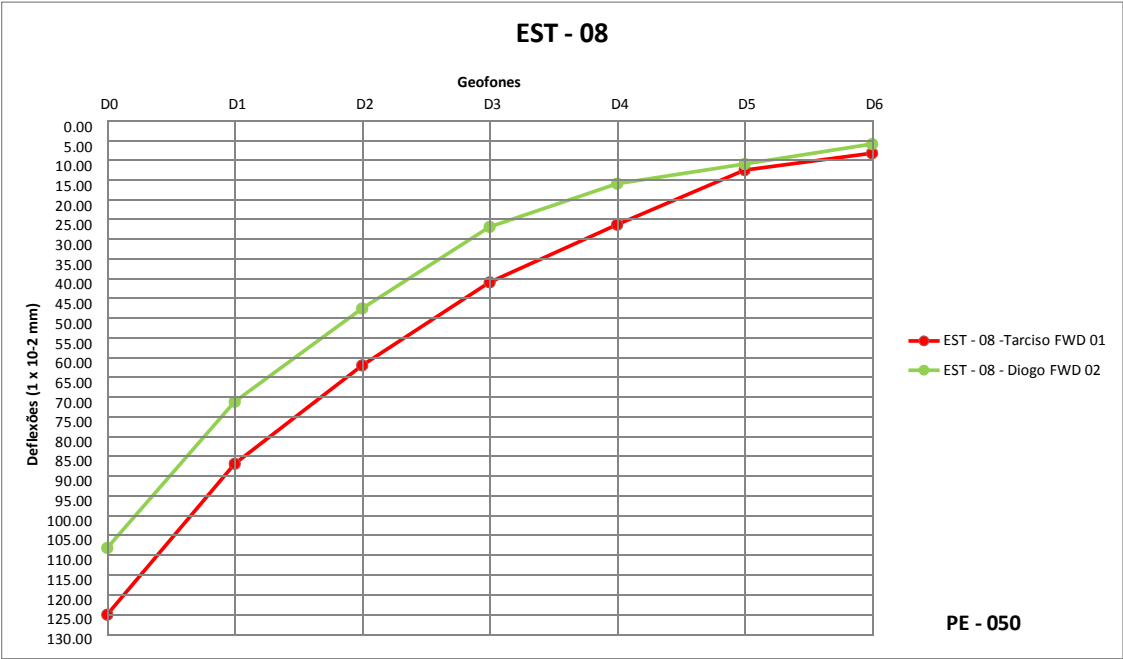
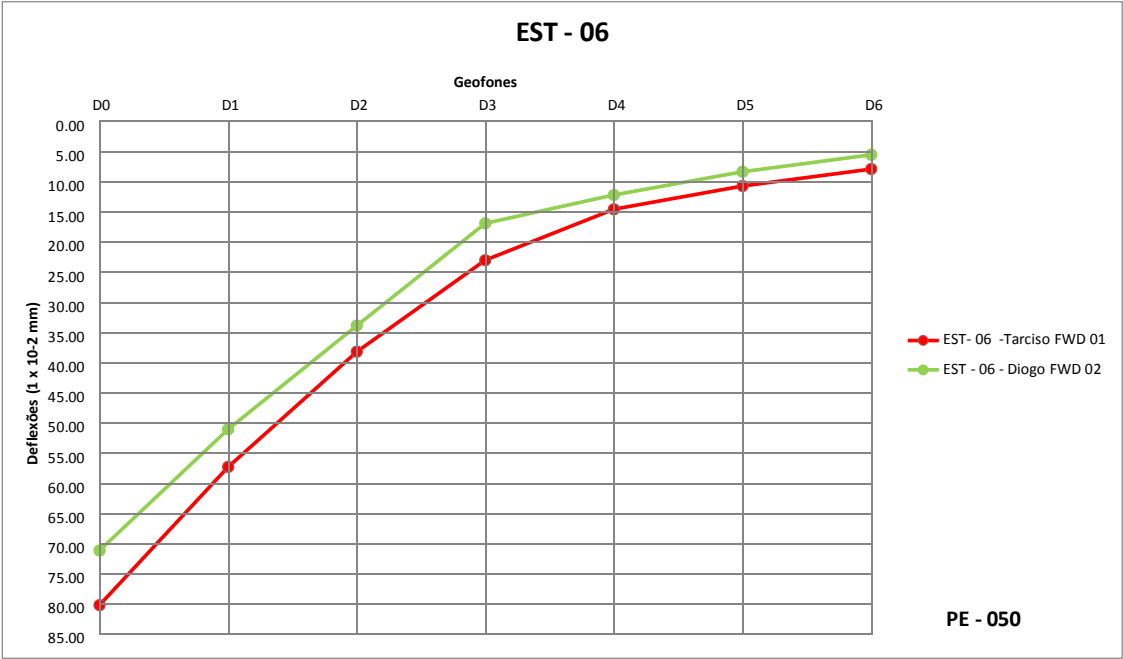
ANEXO K – COMPARAÇÃO FWD – 01 E FWD - 02



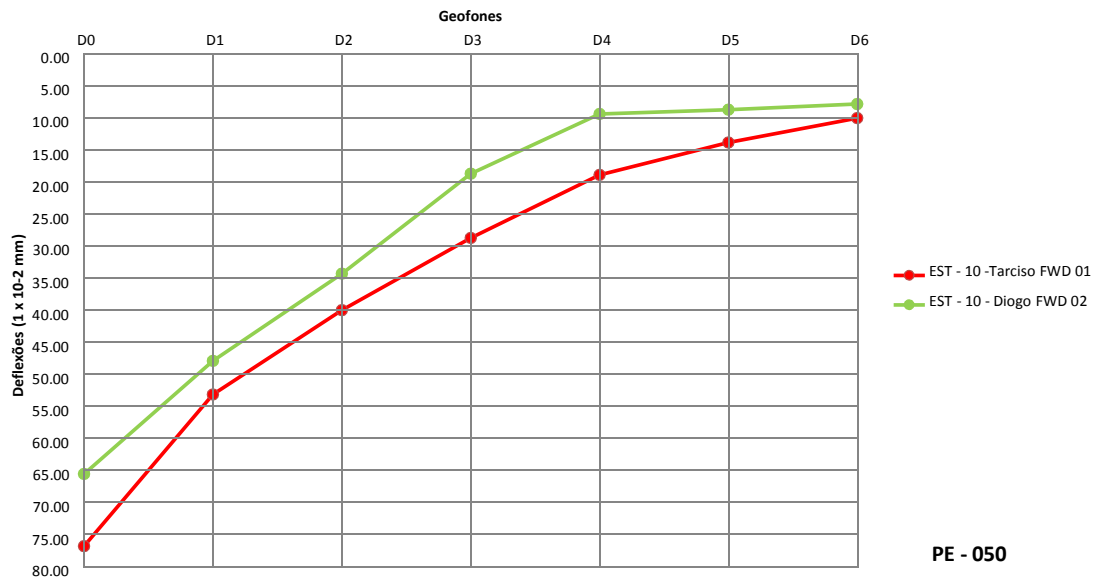




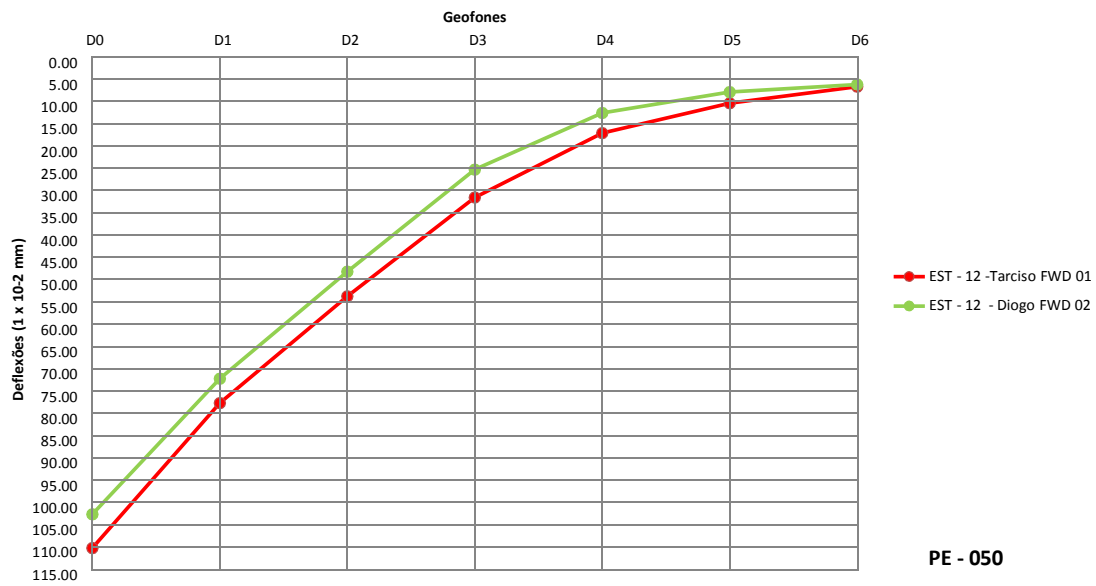




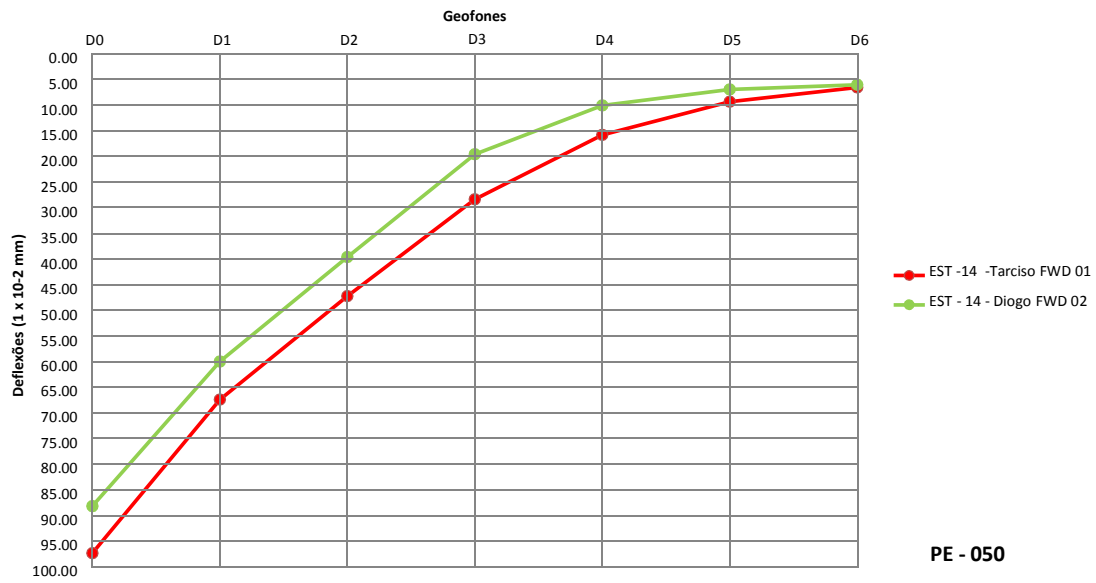
EST - 10



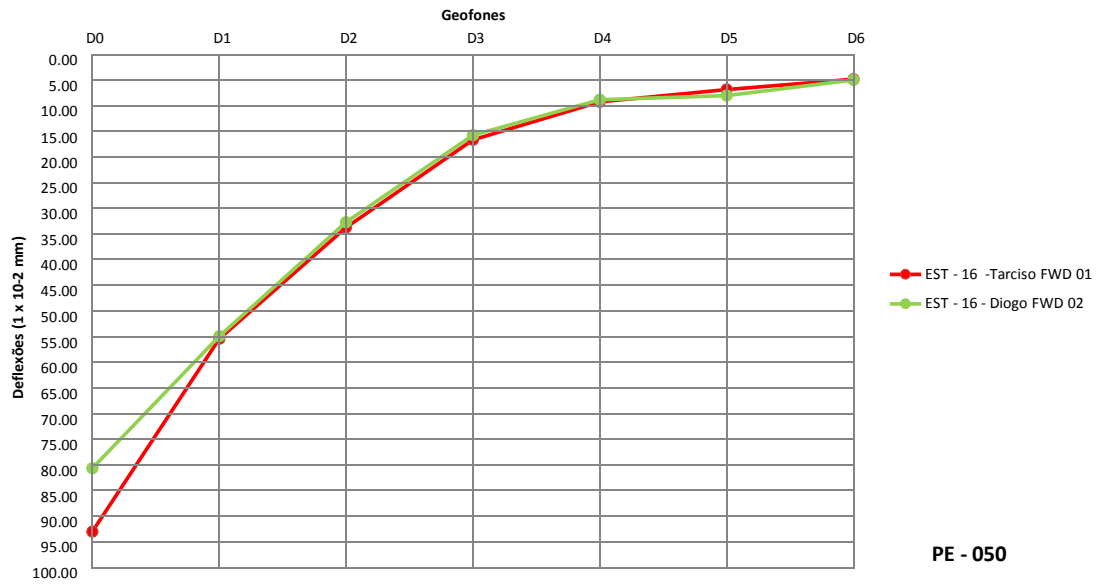
EST - 12



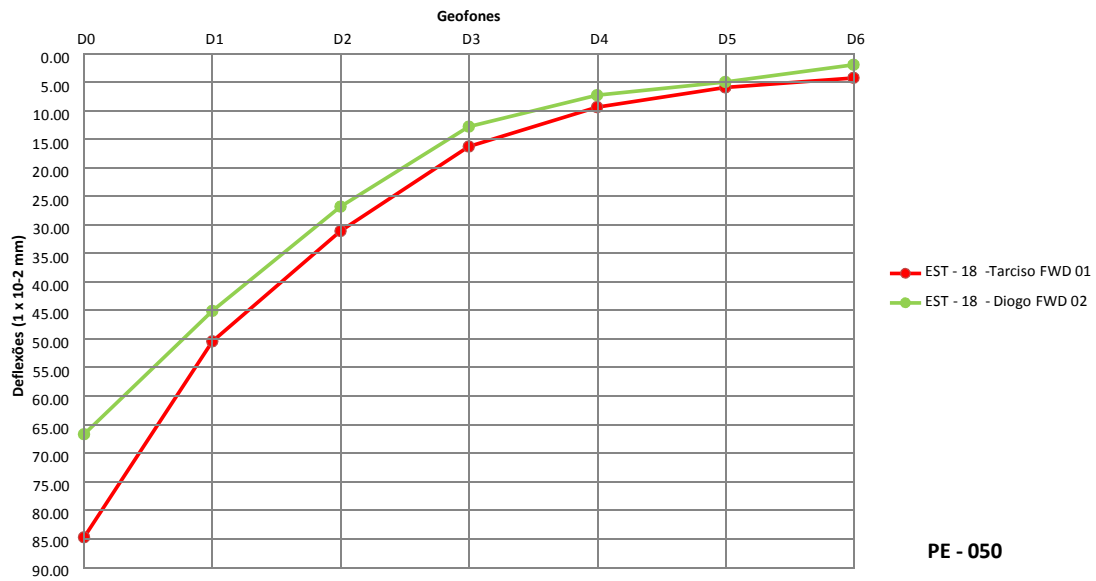
EST - 14



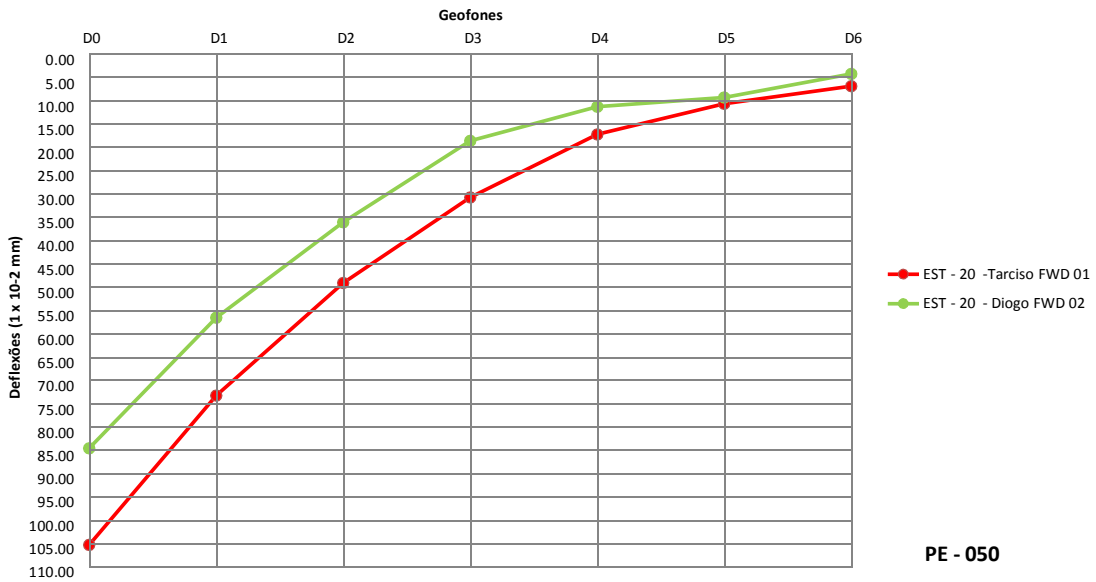
EST - 16



EST -18



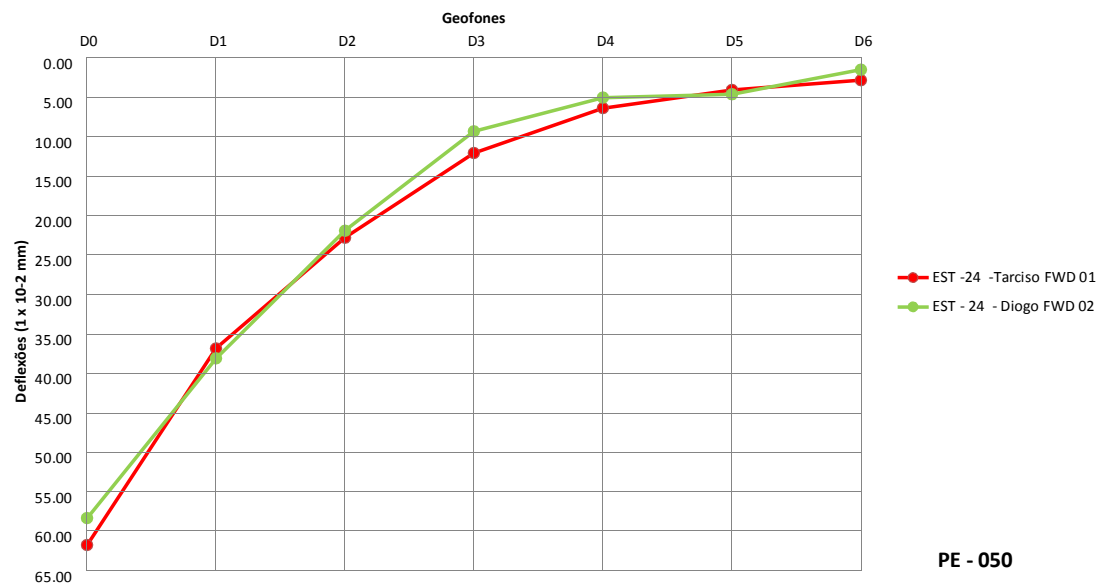
EST - 20



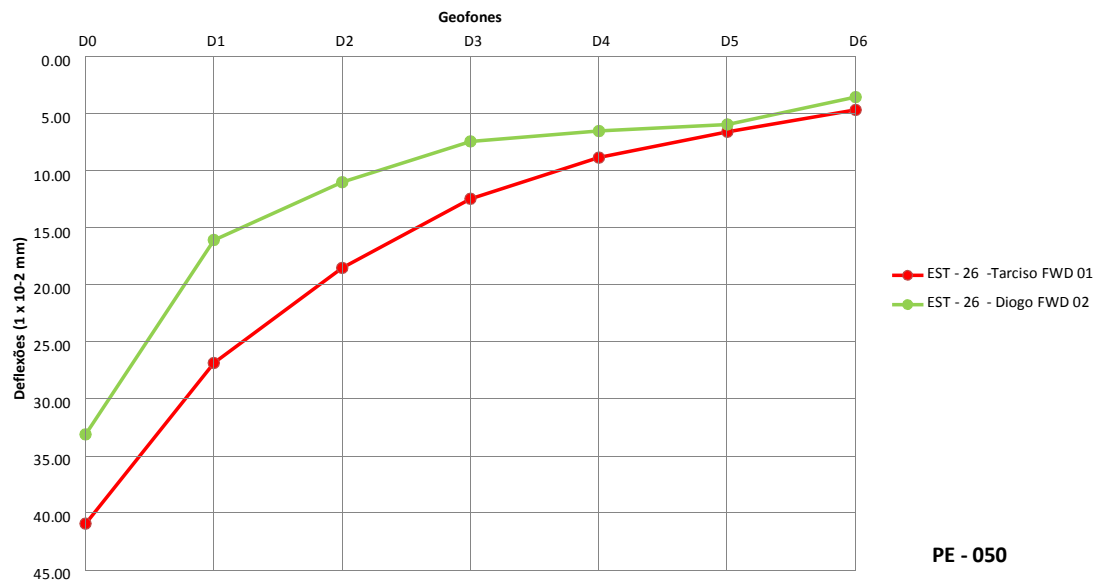
EST - 22



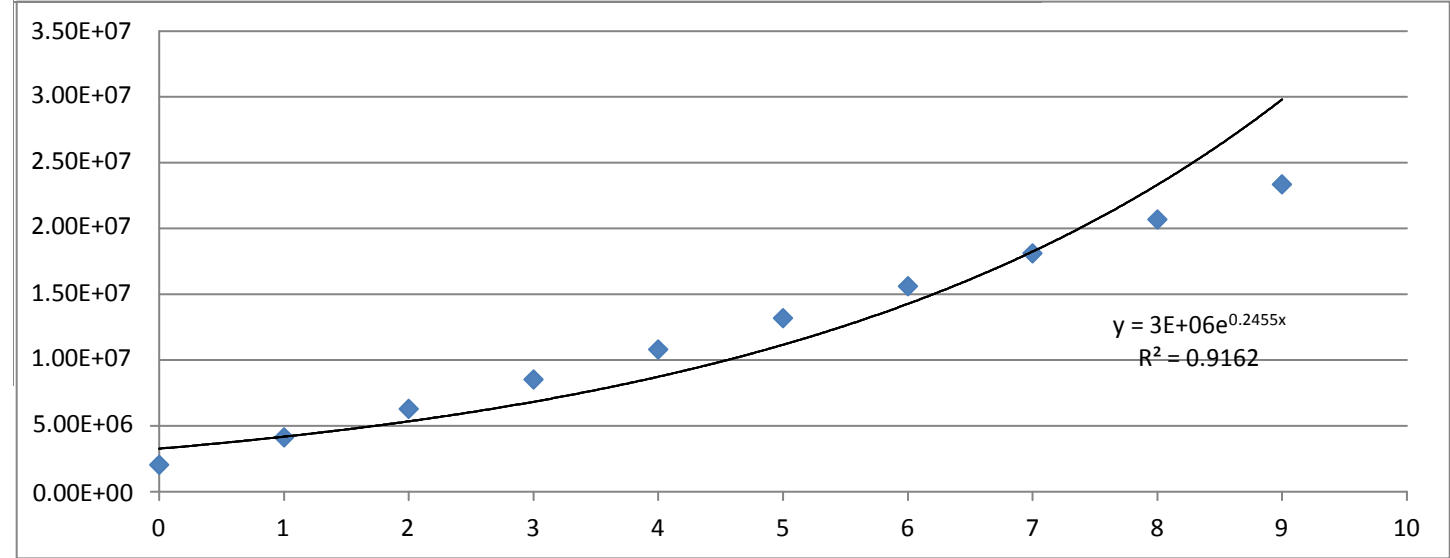
EST - 24



EST - 26



ANEXO M - COMPORTAMENTO



LOCALIZAÇÃO			TEMP.°C / HORA		DEFLEXÃO						
ESTACA Km	LADO	PLAT.	AMB.	REVEST.	LEITURA - (1/100 mm)					RESULTADOS	
					L _O	L ₂₅	L _F	L ₂₅ - L _F	L _O - L _F	D ₂₅	D _O
0	D	FORA DO TRECHO									
1	E	EM CIMA DO ENTRONCAMENTO									
2	D			34° 13:00	400	390	384	6	16	24	64
3	E				400		388		12		48
4	D				400		382		18		72
5	E				400		385		15		60
6	D				400		384		16		64
7	E				400		382		18		72
8	D				400		385		15		60
9	E				400		383		17		68
10	D				400		390		10		40
11	E				400		386		14		56
12	D				400	385	382	3	18	12	72
13	E				400		392		8		32
14	D				400		382		18		72
15	E				400		380		20		80
16	D				400		385		15		60
17	E				400		392		8		32
18	D				400		383		17		68
19	E				400		388		12		48
20	D				400		380		20		80
21	E				400		389		11		44
22	D				400	395	390	5	10	20	40
23	E				400		383		17		68
24	D				400		386		14		56
25	E				400		385		15		60
26	D				400		396		4		16
27	E				400		382		18		72
28	D				400	390	388	2	12	8	48
29	E				400		386		14		56
30	D				400		388		12		48
31	E				400		387		13		52
32	D				400		390		10		40
33	E				400		389		11		44
34	D				400		391		9		36
35	E				400		388		12		48
36	D				400		392		8		32
37	E				400		380		20		80
38	D				400		390		10		40
39	E				400		386		14		56
40	D				400	394	385	9	15	36	60
RODOVIA: PE-050 TRECHO: BR-232 (VITÓRIA DE SANTO ANTÃO) - FEIRA NOVA - LIMOEIRO EXTENSÃO: 43,00 km							DATA: 06/08/13		CONSTANTE: 4,02		
							MEDIDAS DE DEFLEXÕES				
									QD - 3.1.1		

LOCALIZAÇÃO			TEMP.°C / HORA		DEFLEXÃO						
ESTACA Km	LADO	PLAT.			LEITURA - (1/100 mm)					RESULTADOS	
			AMB.	REVEST.	L _O	L ₂₅	L _F	L ₂₅ - L _F	L _O - L _F	D ₂₅	D _O
41	E				400		383		17		68
42	D				400		389		11		44
43	E				400		390		10		40
44	D				400		387		13		52
45	E				400		388		12		48
46	D				400		366		34		137
47	E				400		380		20		80
48	D				400		384		16		64
49	E				400		382		18		72
50	D				400		379		21		84
51	E				400		383		17		68
52	D				400		385		15		60
53	E				400		388		12		48
54	D				400	392	389	3	11	12	44
55	E				400		387		13		52
56	D				400		390		10		40
57	E				400		392		8		32
58	D				400		386		14		56
59	E				400		380		20		80
60	D				400		380		20		80
61	E				400		385		15		60
62	D				400		381		19		76
63	E				400		383		17		68
64	D				400		380		20		80
65	E				400		384		16		64
66	D				400		387		13		52
67	E				400		385		15		60
68	D				400		386		14		56
69	E				400		380		20		80
70	D				400		389		11		44
71	E				400		378		22		88
72	D				400	390	385	5	15	20	60
73	E				400		381		19		76
74	D				400		388		12		48
75	E				400		384		16		64
76	D				400		394		6		24
77	E				400		385		15		60
78	D				400		390		10		40
79	E				400		389		11		44
80	D				400		385		15		60
RODOVIA: PE-050 TRECHO: BR-232 (VITÓRIA DE SANTO ANTÃO) - FEIRA NOVA - LIMOEIRO EXTENSÃO: 43,00 km								DATA:		CONSTANTE:	
								06/08/13		4,02	
								MEDIDAS DE DEFLEXÕES			
										QD - 3.1.2	

LOCALIZAÇÃO			TEMP.°C / HORA		DEFLEXÃO						
ESTACA Km	LADO	PLAT.			LEITURA - (1/100 mm)					RESULTADOS	
			L _O	L ₂₅	L _F	L ₂₅ - L _F	L _O - L _F	D ₂₅	D _O		
81	E				400		391		9		36
82	D				400	388	386	2	14	8	56
83	E				400		385		15		60
84	D				400		390		10		40
85	E				400		382		18		72
86	D				400		385		15		60
87	E				400		388		12		48
88	D				400	395	390	5	10	20	40
89	E				400		384		16		64
90	D				400		386		14		56
91	E				400		379		21		84
92	D				400		390		10		40
93	E				400		383		17		68
94	D				400		382		18		72
95	E	PONTE									
96	D	PONTE									
97	E	PONTE									
98	D	PONTE									
99	E				400		384		16		64
100	D				400	392	385	7	15	28	60
101	E				400		388		12		48
102	D				400		390		10		40
103	E				400		381		19		76
104	D				400		395		5		20
105	E				400		383		17		68
106	D				400		392		8		32
107	E				400		387		13		52
108	D				400		381		19		76
109	E				400		386		14		56
110	D				400	383	380	3	20	12	80
111	E				400		384		16		64
112	D				400		390		10		40
113	E				400		389		11		44
114	D				400		388		12		48
115	E				400		385		15		60
116	D				400		392		8		32
117	E				400		389		11		44
118	D				400		388		12		48
119	E				400		381		19		76
120	D				400	394	385	9	15	36	60
RODOVIA: PE-050 TRECHO: BR-232 (VITÓRIA DE SANTO ANTÃO) - FEIRA NOVA - LIMOEIRO EXTENSÃO: 43,00 km								DATA:		CONSTANTE:	
								06/08/13		4,02	
								MEDIDAS DE DEFLEXÕES			
										QD - 3.1.3	

LOCALIZAÇÃO			TEMP.°C / HORA		DEFLEXÃO						
ESTACA Km	LADO	PLAT.			LEITURA - (1/100 mm)					RESULTADOS	
			L _O	L ₂₅	L _F	L ₂₅ - L _F	L _O - L _F	D ₂₅	D _O		
121	E				400		389		11		44
122	D				400		391		9		36
123	E				400		383		17		68
124	D				400		385		15		60
125	E				400		388		12		48
126	D				400		382		18		72
127	E				400		384		16		64
128	D				400		380		20		80
129	E				400		382		18		72
130	D				400	390	383	7	17	28	68
131	E				400		384		16		64
132	D				400		390		10		40
133	E				400		382		18		72
134	D				400		380		20		80
135	E				400		386		14		56
136	D				400		382		18		72
137	E				400		384		16		64
138	D				400		386		14		56
139	E				400		380		20		80
140	D				400	397	395	2	5	8	20
141	E				400		390		10		40
142	D			37° 14:42	400		389		11		44
143	E				400		389		11		44
144	D				400		387		13		52
145	E				400		396		4		16
146	D				400		385		15		60
147	E				400		395		5		20
148	D				400		384		16		64
149	E				400		387		13		52
150	D				400	391	383	8	17	32	68
151	E				400		380		20		80
152	D				400		384		16		64
153	E				400		392		8		32
154	D				400		380		20		80
155	E				400		390		10		40
156	D				400		385		15		60
157	E				400		388		12		48
158	D				400	392	385	7	15	28	60
159	E				400		388		12		48
160	D				400		389		11		44
RODOVIA: PE-050 TRECHO: BR-232 (VITÓRIA DE SANTO ANTÃO) - FEIRA NOVA - LIMOEIRO EXTENSÃO: 43,00 km								DATA:		CONSTANTE:	
								06/08/13		4,02	
								MEDIDAS DE DEFLEXÕES			
										QD - 3.1.4	

LOCALIZAÇÃO			TEMP.°C / HORA		DEFLEXÃO						
ESTACA Km	LADO	PLAT.			LEITURA - (1/100 mm)					RESULTADOS	
			L _O	L ₂₅	L _F	L ₂₅ - L _F	L _O - L _F	D ₂₅	D _O		
161	E				400		389		11		44
162	D				400		384		16		64
163	E				400		392		8		32
164	D				400	399	386	13	14	52	56
165	E				400		393		7		28
166	D				400		380		20		80
167	E				400		397		3		12
168	D				400		388		12		48
169	E				400		391		9		36
170	D				400		385		15		60
171	E				400		390		10		40
172	D				400		386		14		56
173	E				400		384		16		64
174	D				400	394	386	8	14	32	56
175	E				400		388		12		48
176	D				400		384		16		64
177	E				400		387		13		52
178	D				400		386		14		56
179	E				400		392		8		32
180	D				400		389		11		44
181	E				400		385		15		60
182	D			37° 14:42	400		382		18		72
183	E				400		388		12		48
184	D				400	384	380	4	20	16	80
185	E				400		384		16		64
186	D				400		385		15		60
187	E				400		390		10		40
188	D				400		385		15		60
189	E				400		382		18		72
190	D				400	395	386	9	14	36	56
191	E				400		380		20		80
192	D				400		390		10		40
193	E				400		389		11		44
194	D				400		390		10		40
195	E				400		388		12		48
196	D				400		398		2		8
197	E				400		387		13		52
198	D				400		389		11		44
199	E				400		388		12		48
200	D				400	399	397	2	3	8	12
RODOVIA: PE-050 TRECHO: BR-232 (VITÓRIA DE SANTO ANTÃO) - FEIRA NOVA - LIMOEIRO EXTENSÃO: 43,00 km								DATA:		CONSTANTE:	
								06/08/13		4,02	
								MEDIDAS DE DEFLEXÕES			
										QD - 3.1.5	

LOCALIZAÇÃO			TEMP.°C / HORA		DEFLEXÃO						
ESTACA Km	LADO	PLAT.			LEITURA - (1/100 mm)					RESULTADOS	
			L _O	L ₂₅	L _F	L ₂₅ - L _F	L _O - L _F	D ₂₅	D _O		
201	E				400		380		20		80
202	D				400		385		15		60
203	E				400		388		12		48
204	D				400		390		10		40
205	E				400		382		18		72
206	D				400		386		14		56
207	E				400		385		15		60
208	D				400		384		16		64
209	E				400		381		19		76
210	D				400	398	388	10	12	40	48
211	E				400		385		15		60
212	D				400		387		13		52
213	E				400		382		18		72
214	D				400		380		20		80
215	E				400		387		13		52
216	D				400		388		12		48
217	E				400		386		14		56
218	D				400		382		18		72
219	E				400		393		7		28
220	D				400	382	380	2	20	8	80
221	E				400		386		14		56
222	D				400		389		11		44
223	E				400		384		16		64
224	D				400		392		8		32
225	E				400		380		20		80
226	D				400		382		18		72
227	E				400		390		10		40
228	D				400		386		14		56
229	E				400		384		16		64
230	D				400	395	390	5	10	20	40
231	E				400		382		18		72
232	D				400		388		12		48
233	E				400		381		19		76
234	D				400		379		21		84
235	E				400		385		15		60
236	D				400		389		11		44
237	E				400		380		20		80
238	D				400	394	390	4	10	16	40
239	E				400		380		20		80
240	D				400		392		8		32
RODOVIA: PE-050 TRECHO: BR-232 (VITÓRIA DE SANTO ANTÃO) - FEIRA NOVA - LIMOEIRO EXTENSÃO: 43,00 km								DATA:		CONSTANTE:	
								06/08/13		4,02	
								MEDIDAS DE DEFLEXÕES			
										QD - 3.1.6	

LOCALIZAÇÃO			TEMP.°C / HORA		DEFLEXÃO						
ESTACA Km	LADO	PLAT.			LEITURA - (1/100 mm)					RESULTADOS	
			AMB.	REVEST.	L _O	L ₂₅	L _F	L ₂₅ - L _F	L _O - L _F	D ₂₅	D _O
241	E				400		386		14		56
242	D				400		395		5		20
243	E				400		380		20		80
244	D				400		388		12		48
245	E				400		385		15		60
246	D				400		386		14		56
247	E				400		382		18		72
248	D				400	395	391	4	9	16	36
249	E				400		379		21		84
250	D				400		389		11		44
251	E				400		388		12		48
252	D				400		385		15		60
253	E				400		382		18		72
254	D				400		379		21		84
255	E				400		388		12		48
256	D				400		395		5		20
257	E				400		389		11		44
258	D				400	389	382	7	18	28	72
259	E				400		380		20		80
260	D				400		386		14		56
261	E				400		388		12		48
262	D				400		392		8		32
263	E				400		385		15		60
264	D				400		388		12		48
265	E				400		382		18		72
266	D				400		379		21		84
267	E				400		384		16		64
268	D				400	388	380	8	20	32	80
269	E				400		385		15		60
270	D				400		384		16		64
271	E				400		382		18		72
272	D				400		395		5		20
273	E				400		384		16		64
274	D				400		376		24		96
275	E				400		386		14		56
276	D	PONTILHÃO									
277	E				400		380		20		80
278	D				400	390	386	4	14	16	56
279	E				400		382		18		72
280	D				400		380		20		80
RODOVIA: PE-050 TRECHO: BR-232 (VITÓRIA DE SANTO ANTÃO) - FEIRA NOVA - LIMOEIRO EXTENSÃO: 43,00 km								DATA:		CONSTANTE:	
								06/08/13		4,02	
								MEDIDAS DE DEFLEXÕES			
				QD - 3.1.7							

LOCALIZAÇÃO			TEMP.°C / HORA		DEFLEXÃO						
ESTACA Km	LADO	PLAT.			LEITURA - (1/100 mm)					RESULTADOS	
			L _O	L ₂₅	L _F	L ₂₅ - L _F	L _O - L _F	D ₂₅	D _O		
281	E				400		384		16		64
282	D				400		390		10		40
283	E				400		388		12		48
284	D				400		396		4		16
285	E				400		387		13		52
286	D				400		382		18		72
287	E				400		385		15		60
288	D				400	392	387	5	13	20	52
289	E				400		388		12		48
290	D				400		389		11		44
291	E				400		380		20		80
292	D				400		378		22		88
293	E				400		387		13		52
294	D				400		380		20		80
295	E				400		393		7		28
296	D				400		385		15		60
297	E				400		388		12		48
298	D				400	394	386	8	14	32	56
299	E				400		389		11		44
300	D				400		382		18		72
301	E				400		390		10		40
302	D				400		386		14		56
303	E				400		380		20		80
304	D				400		385		15		60
305	E				400		388		12		48
306	D				400		384		16		64
307	E				400		382		18		72
308	D				400	388	386	2	14	8	56
309	E				400		382		18		72
310	D				400		380		20		80
311	E				400		386		14		56
312	D				400		392		8		32
313	E				400		390		10		40
314	D				400		385		15		60
315	E				400		396		4		16
316	D				400		388		12		48
317	E				400		385		15		60
318	D				400	389	382	7	18	28	72
319	E				400		389		11		44
320	D				400		385		15		60
RODOVIA: PE-050 TRECHO: BR-232 (VITÓRIA DE SANTO ANTÃO) - FEIRA NOVA - LIMOEIRO EXTENSÃO: 43,00 km								DATA:		CONSTANTE:	
								06/08/13		4,02	
								MEDIDAS DE DEFLEXÕES			
										QD - 3.1.8	

LOCALIZAÇÃO			TEMP.°C / HORA		DEFLEXÃO						
ESTACA Km	LADO	PLAT.			LEITURA - (1/100 mm)					RESULTADOS	
			L ₀	L ₂₅	L _F	L ₂₅ - L _F	L ₀ - L _F	D ₂₅	D ₀		
321	E				400		390		10		40
322	D				400		387		13		52
323	E				400		385		15		60
324	D				400		392		8		32
325	E				400		380		20		80
326	D				400		388		12		48
327	E				400		393		7		28
328	D				400		391		9		36
329	E				400		390		10		40
330	D				400	395	388	7	12	28	48
331	E				400		385		15		60
332	D				400		391		9		36
333	E				400		389		11		44
334	D				400		387		13		52
335	E				400		385		15		60
336	D		15:30	32°	400		392		8		32
337	E				400		391		9		36
338	D				400		390		10		40
339	E				400		383		17		68
340	D				400		386		14		56
341	E				400		388		12		48
342	D				400		392		8		32
343	E				400		384		16		64
344	D				400		390		10		40
345	E				400		384		16		64
346	D				400		386		14		56
347	E				400		385		15		60
348	D				400	390	384	6	16	24	64
349	E				400		388		12		48
350	D				400		382		18		72
351	E				400		388		12		48
352	D				400		390		10		40
353	E				400		380		20		80
354	D				400		385		15		60
355	E				400		388		12		48
356	D				400		387		13		52
357	E				400		390		10		40
358	D				400	386	380	6	20	24	80
359	E				400		384		16		64
360	D				400		385		15		60
RODOVIA: PE-050 TRECHO: BR-232 (VITÓRIA DE SANTO ANTÃO) - FEIRA NOVA - LIMOEIRO EXTENSÃO: 43,00 km								DATA:		CONSTANTE:	
								06/08/13		4,02	
								MEDIDAS DE DEFLEXÕES			
										QD - 3.1.9	

LOCALIZAÇÃO			TEMP.°C / HORA		DEFLEXÃO						
ESTACA Km	LADO	PLAT.			LEITURA - (1/100 mm)					RESULTADOS	
			L _O	L ₂₅	L _F	L ₂₅ - L _F	L _O - L _F	D ₂₅	D _O		
361	E				400		388		12		48
362	D				400		386		14		56
363	E				400		388		12		48
364	D				400		388		12		48
365	E				400		387		13		52
366	D				400		386		14		56
367	E				400		382		18		72
368	D				400		380		20		80
369	E				400	395	385	10	15	40	60
370	D				400		391		9		36
371	E				400		380		20		80
372	D				400		386		14		56
373	E				400		386		14		56
374	D				400		384		16		64
375	E				400		388		12		48
376	D				400		389		11		44
377	E				400		382		18		72
378	D				400		380		20		80
379	E				400	394	389	5	11	20	44
380	D				400		390		10		40
381	E				400		386		14		56
382	D				400		380		20		80
383	E				400		382		18		72
384	D				400		389		11		44
385	E				400		392		8		32
386	D				400		380		20		80
387	E				400		385		15		60
388	D				400		380		20		80
389	E				400	395	388	7	12	28	48
390	D				400		387		13		52
391	E				400		391		9		36
392	D				400		386		14		56
393	E				400		388		12		48
394	D				400		388		12		48
395	E				400		384		16		64
396	D				400		392		8		32
397	E				400		385		15		60
398	D				400		385		15		60
399	E				400	397	386	11	14	44	56
400	D				400		384		16		64
RODOVIA: PE-050 TRECHO: BR-232 (VITÓRIA DE SANTO ANTÃO) - FEIRA NOVA - LIMOEIRO EXTENSÃO: 43,00 km								DATA:		CONSTANTE:	
								06/08/13		4,02	
								MEDIDAS DE DEFLEXÕES			
										QD - 3.1.10	

LOCALIZAÇÃO			TEMP.°C / HORA		DEFLEXÃO						
ESTACA Km	LADO	PLAT.			LEITURA - (1/100 mm)					RESULTADOS	
			L _O	L ₂₅	L _F	L ₂₅ - L _F	L _O - L _F	D ₂₅	D _O		
401	E				400		386		14		56
402	D				400		392		8		32
403	E				400		395		5		20
404	D				400		384		16		64
405	E				400		387		13		52
406	D				400		385		15		60
407	E				400		395		5		20
408	D				400		390		10		40
409	E				400	395	384	11	16	44	64
410	D				400		382		18		72
411	E				400		390		10		40
412	D				400		385		15		60
413	E				400		385		15		60
414	D				400		383		17		68
415	E				400		382		18		72
416	D				400		386		14		56
417	E				400		388		12		48
418	D				400		392		8		32
419	E				400	386	380	6	20	24	80
420	D				400		388		12		48
421	E				400		390		10		40
422	D				400		396		4		16
423	E				400		391		9		36
424	D				400		386		14		56
425	E				400		390		10		40
426	D				400		388		12		48
427	E				400		389		11		44
428	D				400		392		8		32
429	E				400	395	387	8	13	32	52
430	D				400		385		15		60
431	E				400		382		18		72
432	D				400		380		20		80
433	E				400		385		15		60
434	D				400		390		10		40
435	E				400		389		11		44
436	D				400		388		12		48
437	E				400		392		8		32
438	D				400		380		20		80
439	E				400	394	385	9	15	36	60
440	D				400		383		17		68
RODOVIA: PE-050 TRECHO: BR-232 (VITÓRIA DE SANTO ANTÃO) - FEIRA NOVA - LIMOEIRO EXTENSÃO: 43,00 km								DATA:		CONSTANTE:	
								06/08/13		4,02	
								MEDIDAS DE DEFLEXÕES			
										QD - 3.1.11	

LOCALIZAÇÃO			TEMP.°C / HORA		DEFLEXÃO						
ESTACA Km	LADO	PLAT.			LEITURA - (1/100 mm)					RESULTADOS	
			L _O	L ₂₅	L _F	L ₂₅ - L _F	L _O - L _F	D ₂₅	D _O		
441	E				400		396		4		16
442	D				400		395		5		20
443	E				400		394		6		24
444	D				400		392		8		32
445	E				400		395		5		20
446	D				400		390		10		40
447	E				400		393		7		28
448	D				400		386		14		56
449	E				400		380		20		80
450	D				400		382		18		72
451	E				400		389		11		44
452	D				400		387		13		52
453	E				400	394	387	7	13	28	52
454	D				400		384		16		64
455	E				400		385		15		60
456	D				400		380		20		80
457	E				400		385		15		60
458	D				400		392		8		32
459	E				400		388		12		48
460	D				400	394	384	10	16	40	64
461	E				400		390		10		40
462	D				400		380		20		80
463	E				400		383		17		68
464	D				400		383		17		68
465	E				400		384		16		64
466	D			24° 06:30	400		386		14		56
467	E				400		382		18		72
468	D				400		383		17		68
469	E				400		381		19		76
470	D				400	394	388	6	12	24	48
471	E				400		380		20		80
472	D				400		386		14		56
473	E				400		382		18		72
474	D				400		392		8		32
475	E				400		391		9		36
476	D				400		389		11		44
477	E				400		387		13		52
478	D				400		384		16		64
479	E				400		386		14		56
480	D				400		397		3		12
RODOVIA: PE-050 TRECHO: BR-232 (VITÓRIA DE SANTO ANTÃO) - FEIRA NOVA - LIMOEIRO EXTENSÃO: 43,00 km								DATA: 09/08/13		CONSTANTE: 4,02	
								MEDIDAS DE DEFLEXÕES			
										QD - 3.1.12	

LOCALIZAÇÃO			TEMP.°C / HORA		DEFLEXÃO						
ESTACA Km	LADO	PLAT.			LEITURA - (1/100 mm)					RESULTADOS	
			AMB.	REVEST.	L ₀	L ₂₅	L _F	L ₂₅ - L _F	L ₀ - L _F	D ₂₅	D ₀
481	E		26° 11:30		400		396		4		16
482	D				400		389		11		44
483	E				400		390		10		40
484	D				400		370		30		121
485	E		PONTE								
486	D				400		385		15		60
487	E				400		392		8		32
488	D				400		384		16		64
489	E				400		394		6		24
490	D				400	394	389	5	11	20	44
491	E				400		393		7		28
492	D				400		383		17		68
493	E				400		390		10		40
494	D				400		384		16		64
495	E				400		382		18		72
496	D				400		386		14		56
497	E				400		389		11		44
498	D				400		388		12		48
499	E				400		389		11		44
500	D				400	395	384	11	16	44	64
501	E				400		382		18		72
502	D				400		385		15		60
503	E				400		383		17		68
504	D				400		387		13		52
505	E				400		382		18		72
506	D				400		384		16		64
507	E				400		386		14		56
508	D				400		383		17		68
509	E				400		389		11		44
510	D				400	397	392	5	8	20	32
511	E				400		395		5		20
512	D				400		390		10		40
513	E				400		388		12		48
514	D				400		385		15		60
515	E				400		389		11		44
516	D				400		386		14		56
517	E				400		390		10		40
518	D				400		388		12		48
519	E				400		389		11		44
520	D				400	390	385	5	15	20	60
RODOVIA: PE-050 TRECHO: BR-232 (VITÓRIA DE SANTO ANTÃO) - FEIRA NOVA - LIMOEIRO EXTENSÃO: 43,00 km							DATA:		CONSTANTE:		
									4,02		
							MEDIDAS DE DEFLEXÕES				
					QD - 3.1.13						

LOCALIZAÇÃO			TEMP.°C / HORA		DEFLEXÃO						
ESTACA Km	LADO	PLAT.			LEITURA - (1/100 mm)					RESULTADOS	
			L _O	L ₂₅	L _F	L ₂₅ - L _F	L _O - L _F	D ₂₅	D _O		
521	E				400		390		10		40
522	D				400		383		17		68
523	E				400		386		14		56
524	D				400		385		15		60
525	E				400		382		18		72
526	D				400		388		12		48
527	E				400		390		10		40
528	D				400		392		8		32
529	E				400		393		7		28
530	D				400	393	384	9	16	36	64
531	E				400		385		15		60
532	D				400		382		18		72
533	E				400		384		16		64
534	D				400		386		14		56
535	E				400		386		14		56
536	D				400		385		15		60
537	E				400		388		12		48
538	D				400		387		13		52
539	E				400		389		11		44
540	D				400	395	386	9	14	36	56
541	E				400		395		5		20
542	D				400		384		16		64
543	E				400		397		3		12
544	D				400		392		8		32
545	E				400		395		5		20
546	D				400		388		12		48
547	E				400		391		9		36
548	D				400		390		10		40
549	E				400		389		11		44
550	D				400	393	383	10	17	40	68
551	E				400		392		8		32
552	D				400		382		18		72
553	E				400		389		11		44
554	D				400		385		15		60
555	E				400		394		6		24
556	D				400		387		13		52
557	E				400		390		10		40
558	D				400		390		10		40
559	E				400		392		8		32
560	D				400	392	385	7	15	28	60
RODOVIA: PE-050 TRECHO: BR-232 (VITÓRIA DE SANTO ANTÃO) - FEIRA NOVA - LIMOEIRO EXTENSÃO: 43,00 km								DATA:		CONSTANTE:	
										4,02	
								MEDIDAS DE DEFLEXÕES			
				QD - 3.1.14							

LOCALIZAÇÃO			TEMP.°C / HORA		DEFLEXÃO						
ESTACA Km	LADO	PLAT.			LEITURA - (1/100 mm)					RESULTADOS	
			AMB.	REVEST.	L _O	L ₂₅	L _F	L ₂₅ - L _F	L _O - L _F	D ₂₅	D _O
561	E				400		391		9		36
562	D				400		387		13		52
563	E				400		388		12		48
564	D				400		384		16		64
565	E				400		385		15		60
566	D				400		385		15		60
567	E				400		389		11		44
568	D				400		384		16		64
569	E				400		386		14		56
570	D				400	395	385	10	15	40	60
571	E				400		382		18		72
572	D				400		383		17		68
573	E				400		385		15		60
574	D				400		387		13		52
575	E				400		384		16		64
576	D				400		388		12		48
577	E				400		392		8		32
578	D				400		390		10		40
579	E				400		386		14		56
580	D				400	393	384	9	16	36	64
581	E				400		388		12		48
582	D				400		382		18		72
583	E				400		384		16		64
584	D				400		380		20		80
585	E				400		389		11		44
586	D			26° 07:30	400		383		17		68
587	E				400		391		9		36
588	D				400		387		13		52
589	E				400		390		10		40
590	D				400	391	387	4	13	16	52
591	E				400		397		3		12
592	D				400		390		10		40
593	E				400		396		4		16
594	D				400		391		9		36
595	E				400		391		9		36
596	D				400		388		12		48
597	E				400		395		5		20
598	D				400		385		15		60
599	E				400		391		9		36
600	D				400	392	383	9	17	36	68
RODOVIA: PE-050 TRECHO: BR-232 (VITÓRIA DE SANTO ANTÃO) - FEIRA NOVA - LIMOEIRO EXTENSÃO: 43,00 km								DATA:		CONSTANTE: 4,02	
								MEDIDAS DE DEFLEXÕES			
										QD - 3.1.15	

LOCALIZAÇÃO			TEMP.°C / HORA		DEFLEXÃO						
ESTACA Km	LADO	PLAT.			LEITURA - (1/100 mm)					RESULTADOS	
			AMB.	REVEST.	L _O	L ₂₅	L _F	L ₂₅ - L _F	L _O - L _F	D ₂₅	D _O
601	E				400		392		8		32
602	D				400		385		15		60
603	E				400		390		10		40
604	D				400		383		17		68
605	E				400		382		18		72
606	D				400		384		16		64
607	E				400		387		13		52
608	D				400		382		18		72
609	E				400		385		15		60
610	D				400	395	382	13	18	52	72
611	E				400		390		10		40
612	D				400		385		15		60
613	E			26° 10:30	400		380		20		80
614	D				400		387		13		52
615	E				400		389		11		44
616	D				400		390		10		40
617	E				400		388		12		48
618	D				400		383		17		68
619	E				400		387		13		52
620	D				400	392	384	8	16	32	64
621	E				400		382		18		72
622	D				400		383		17		68
623	E				400		385		15		60
624	D				400		382		18		72
625	E				400		392		8		32
626	D				400		389		11		44
627	E				400		383		17		68
628	D				400	391	383	8	17	32	68
629	E				400		392		8		32
630	D				400		385		15		60
631	E				400		393		7		28
632	D				400		385		15		60
633	E				400		382		18		72
634	D				400		390		10		40
635	E				400		392		8		32
636	D				400		387		13		52
637	E				400		384		16		64
638	D				400		386		14		56
639	E				400		382		18		72
640	D				400	395	382	13	18	52	72
RODOVIA: PE-050 TRECHO: BR-232 (VITÓRIA DE SANTO ANTÃO) - FEIRA NOVA - LIMOEIRO EXTENSÃO: 43,00 km								DATA: 09/08/13		CONSTANTE: 4,02	
								MEDIDAS DE DEFLEXÕES			
										QD - 3.1.16	

LOCALIZAÇÃO			TEMP.°C / HORA		DEFLEXÃO						
ESTACA Km	LADO	PLAT.			LEITURA - (1/100 mm)					RESULTADOS	
			L _O	L ₂₅	L _F	L ₂₅ - L _F	L _O - L _F	D ₂₅	D _O		
641	E				400		385		15		60
642	D				400		390		10		40
643	E				400		393		7		28
644	D				400		385		15		60
645	E				400		392		8		32
646	D				400		383		17		68
647	E				400		387		13		52
648	D				400		382		18		72
649	E				400		382		18		72
650	D				400	390	385	5	15	20	60
651	E				400		390		10		40
652	D				400		387		13		52
653	E				400		384		16		64
654	D				400		388		12		48
655	E				400		382		18		72
656	D				400		395		5		20
657	E				400		385		15		60
658	D				400		383		17		68
659	E				400		390		10		40
660	D				400	396	386	10	14	40	56
661	E				400		390		10		40
662	D				400		385		15		60
663	E				400		393		7		28
664	D				400		384		16		64
665	E				400		395		5		20
666	D				400		385		15		60
667	E				400		392		8		32
668	D				400		387		13		52
669	E				400		390		10		40
670	D				400	395	386	9	14	36	56
671	E				400		393		7		28
672	D				400		383		17		68
673	E				400		395		5		20
674	D				400		387		13		52
675	E				400		394		6		24
676	D				400		385		15		60
677	E				400		391		9		36
678	D				400		385		15		60
679	E				400		390		10		40
680	D				400	390	384	6	16	24	64
RODOVIA: PE-050 TRECHO: BR-232 (VITÓRIA DE SANTO ANTÃO) - FEIRA NOVA - LIMOEIRO EXTENSÃO: 43,00 km								DATA:		CONSTANTE:	
								09/08/13		4,02	
								MEDIDAS DE DEFLEXÕES			
										QD - 3.1.17	

LOCALIZAÇÃO			TEMP.°C / HORA		DEFLEXÃO						
ESTACA Km	LADO	PLAT.			LEITURA - (1/100 mm)					RESULTADOS	
			L ₀	L ₂₅	L _F	L ₂₅ - L _F	L ₀ - L _F	D ₂₅	D ₀		
681	E				400		393		7		28
682	D				400		385		15		60
683	E				400		388		12		48
684	D				400		386		14		56
685	E				400		387		13		52
686	D				400		383		17		68
687	E				400		389		11		44
688	D				400		388		12		48
689	E				400		390		10		40
690	D				400	394	383	11	17	44	68
691	E				400		381		19		76
692	D				400		385		15		60
693	E				400		395		5		20
694	D				400		390		10		40
695	E				400		379		21		84
696	D				400		385		15		60
697	E				400		377		23		92
698	D				400		383		17		68
699	E				400		381		19		76
700	D				400	395	386	9	14	36	56
701	E				400		380		20		80
702	D				400		384		16		64
703	E				400		382		18		72
704	D				400		387		13		52
705	E				400	395	385	10	15	40	60
706	D				400		383		17		68
707	E				400		386		14		56
708	D			30° 08:30	400		385		15		60
709	E				400		380		20		80
710	D				400	390	385	5	15	20	60
711	E				400		382		18		72
712	D				400		387		13		52
713	E				400		386		14		56
714	D				400		382		18		72
715	E				400		382		18		72
716	D				400		395		5		20
717	E				400		392		8		32
718	D				400		390		10		40
719	E				400		394		6		24
720	D				400	390	383	7	17	28	68
RODOVIA: PE-050 TRECHO: BR-232 (VITÓRIA DE SANTO ANTÃO) - FEIRA NOVA - LIMOEIRO EXTENSÃO: 43,00 km								DATA: 09/08/13		CONSTANTE: 4,02	
								MEDIDAS DE DEFLEXÕES			
										QD - 3.1.18	

LOCALIZAÇÃO			TEMP.°C / HORA		DEFLEXÃO						
ESTACA Km	LADO	PLAT.			LEITURA - (1/100 mm)					RESULTADOS	
			AMB.	REVEST.	L _O	L ₂₅	L _F	L ₂₅ - L _F	L _O - L _F	D ₂₅	D _O
721	E				PONTE						
722	D				400		372		28		113
723	E				400		380		20		80
724	D				400		385		15		60
725	E				400		386		14		56
726	D				400		383		17		68
727	E				400		392		8		32
728	D				400		386		14		56
729	E				400		393		7		28
730	D				400	395	387	8	13	32	52
731	E				400		390		10		40
732	D				400		385		15		60
733	E				400		386		14		56
734	D				400		393		7		28
735	E				400		382		18		72
736	D				400		385		15		60
737	E				400		388		12		48
738	D				400		383		17		68
739	E				400		387		13		52
740	D				400	395	384	11	16	44	64
741	E				400		384		16		64
742	D				400		385		15		60
743	E				400		389		11		44
744	D				400		387		13		52
745	E				400		383		17		68
746	D				400		386		14		56
747	E				400		391		9		36
748	D			30° 09:30	400		385		15		60
749	E				400		384		16		64
750	D				400	393	385	8	15	32	60
751	E				400		369		31		125
752	D				400		387		13		52
753	E				400		383		17		68
754	D				400		385		15		60
755	E				400		384		16		64
756	D		LOMBADA		400		388		12		48
757	E				400		391		9		36
758	D				400		385		15		60
759	E				400		386		14		56
760	D				400	395	382	13	18	52	72
RODOVIA: PE-050 TRECHO: BR-232 (VITÓRIA DE SANTO ANTÃO) - FEIRA NOVA - LIMOEIRO EXTENSÃO: 43,00 km							DATA: 09/08/13		CONSTANTE: 4,02		
							MEDIDAS DE DEFLEXÕES				
										QD - 3.1.19	

[illegible]