



CENTRO UNIVERSITÁRIO LUTERANO DE PALMAS

Recredenciado pela Portaria Ministerial nº 1.162, de 13/10/16, D.O.U nº 198, de 14/10/2016
ASSOCIAÇÃO EDUCACIONAL LUTERANA DO BRASIL

Evandro Pereira Silva

ANÁLISE ESTRUTURAL DO PAVIMENTO FLEXÍVEL: estudo de um trecho da rodovia
TO-010 em Palmas – TO, sentido Lajeado - TO

Palmas – TO

2018

Evandro Pereira Silva

ANÁLISE ESTRUTURAL DO PAVIMENTO FLEXÍVEL: estudo de um trecho da rodovia
TO-010 em Palmas – TO, sentido Lajeado - TO

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) II elaborado e apresentado como requisito parcial para obtenção do título de bacharel em Engenharia Civil pelo Centro Universitário Luterano de Palmas (CEULP/ULBRA).

Orientador: Prof. Esp. Euzir Pinto Chagas.

Palmas – TO

2018

Evandro Pereira Silva

ANÁLISE ESTRUTURAL DO PAVIMENTO FLEXÍVEL: estudo de um trecho da rodovia
TO-010 em Palmas – TO, sentido Lajeado - TO

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) II elaborado e apresentado como requisito parcial para obtenção do título de bacharel em Engenharia Civil pelo Centro Universitário Luterano de Palmas (CEULP/ULBRA).

Orientador: Prof. Esp. Euzir Pinto Chagas.

Aprovado em: ____/____/____

BANCA EXAMINADORA

Prof. Esp. Euzir Pinto Chagas

Orientador

Centro Universitário Luterano de Palmas – CEULP

Prof. Esp. Fernando Moreno Suarte Júnior

Centro Universitário Luterano de Palmas - CEULP

Prof. M.Sc. Edivaldo Alves dos Santos

Centro Universitário Luterano de Palmas - CEULP

Palmas – TO

2018

“Dedico este trabalho “in memoriam” aos meus avós paternos (Joaquim José e Antônia Maria). Exemplos de vida, com muita fé, dedicação, simplicidade e respeito a todos, venceram uma série de dificuldades típicas do século passado. Não são poucos os admiradores que deixaram, dentre os quais, sou um dos mais ardorosos”.

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus pais José Joaquim e Maria Nilva, pela determinação e luta na minha formação e ao longo de toda minha vida. Ao meu irmão Elvys, uma das melhores pessoas que já conheci. A todos os meus familiares e conhecidos que contribuíram para minha formação.

Aos meus queridos amigos Luiz Felipe e Vinícius Moraes que dividiram comigo experiências de vida, desde o ensino fundamental até o ensino superior.

À maravilhosa namorada Bruna Cardoso pelo apoio, ajuda, carinho e que teve grande contribuição ao longo do curso.

Aos professores e colaboradores do CEULP/ULBRA, em especial o meu orientador Prof. Esp. Euzir Chagas.

Aos amigos que a faculdade me propiciou, Rodrigo Gonçalo, Marccone, Genésio, Híngria, Luan Pereira e todos que me deram apoio durante a jornada acadêmica.

RESUMO

SILVA, Evandro Pereira. **Análise estrutural do pavimento flexível: estudo de um trecho da rodovia TO-010 em Palmas – TO, sentido Lajeado - TO**. 2018. 102 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Curso de Engenharia Civil, Centro Universitário Luterano de Palmas, Palmas/TO, 2018.

O presente trabalho tem como objetivo avaliar a condição da estrutura do pavimento flexível na Rodovia TO-010, no trecho que liga a cidade de Palmas - TO para Lajeado – TO. O pavimento que foi estudado faz ligação para várias cidades, com distância aproximadamente de 54,3 km, sendo que foi avaliado em um trecho iniciando na saída de Palmas – TO com extensão de 15 km. Foram realizados os seguintes levantamentos: levantamento visual contínuo para determinar o nível de condição atual do pavimento e a frequência de patologias mais decorrentes ao longo do percurso. A realização da avaliação estrutural foi pelo método destrutivo, sendo coletadas as amostras das camadas de base, sub-base e subleito em dois pontos, fazendo também os ensaios de umidade e massa específica aparente seca em campo para cada camada. As amostras foram levadas para o laboratório para caracterização dos estados físicos do solo e sua resistência como: limite de liquidez, limite de plasticidade, granulometria por peneiramento, compactação pelo próctor e o índice de suporte califórnia (CBR). A partir dos dados estudados em laboratório e verificando se atendeu as resistências mínimas, foi possível realizar o dimensionamento pelo método do DNER e comparando se atendeu as espessuras mínimas existentes no pavimento.

Palavras-chave: Análise estrutural. Ensaios laboratoriais. Número “N”. Dimensionamento.

ABSTRACT

SILVA, Evandro Pereira. **The structural structure of the flexible pavement: study of a section of the highway TO-010 in Palmas - TO, towards Lajeado - TO.** 2018. 102 f. Course Completion Work (Undergraduate) - Civil Engineering Course, Lutheran University Center of Palmas, Palmas / TO, 2018.

The present work has as objective to evaluate the condition of the flexible pavement structure in the TO-010 Highway, in the stretch connecting the city of Palmas - TO to Lajeado - TO. The pavement that was studied connects to several cities, with a distance of approximately 54.3 km, being evaluated in a section starting at the exit of Palmas - TO with extension of 15 km. The following surveys were carried out: continuous visual survey to determine the current pavement condition level and the frequency of pathologies most likely to occur along the course. The structural evaluation was carried out by the destructive method, and the samples of the base, sub-base and substrate layers were collected at two points, and the moisture and apparent specific dry mass tests were performed in each field for each layer. The samples were taken to the laboratory to characterize the physical conditions of the soil and its resistance as: liquidity limit, plasticity limit, sieving granulometry, compaction by the protor and the California support index (CBR). From the data studied in the laboratory and verifying if it met the minimum resistances, it was possible to carry out the sizing by the DNER method and comparing if the minimum thicknesses in the pavement were met.

Key words: Structural analysis. Laboratory tests. Number "N". Dimensioning.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Escala granulométrica ABNT e AASHO	21
Figura 2 - Representação de diferentes curvas granulométricas	21
Figura 3 - Fase elástica e plástica do solo	22
Figura 4 - Limites de consistência	23
Figura 5 - Equipamentos para ensaio de limite de liquidez.....	24
Figura 6 - Linha do escoamento do material	24
Figura 7 - Moldagem do solo para determinação do limite de plasticidade.....	25
Figura 8 - Sistema de várias camadas.....	28
Figura 9 - Camadas do pavimento flexível.....	29
Figura 10 - Camadas do pavimento rígido	29
Figura 11 - Divisões dos revestimentos.....	30
Figura 12 - Trinca transversal.....	32
Figura 13 - Trinca longitudinal.....	33
Figura 14 - Trinca de retração	33
Figura 15 - Trinca tipo "couro de jacaré"	34
Figura 16 - Trinca tipo bloco sem erosão	34
Figura 17 - Afundamento plástico nas trilhas de roda.....	35
Figura 18 - Afundamento por consolidação localizado.....	35
Figura 19 - Ondulação	36
Figura 20 - Corrugação.....	36
Figura 21 - Escorregamento do revestimento.....	37
Figura 22 - Exsudação	37
Figura 23 - Desgaste	38
Figura 24 - Panela ou buraco.....	38
Figura 25 - Remendo	39
Figura 26 - Avaliação destrutiva por meio de escavação de valas	42
Figura 27 - Equipamento de avaliação semidestruutivo em uso	42
Figura 28 - Esquema do radar de penetração	43
Figura 29 – Dimensionamento das camadas	52
Figura 30 - Trecho da TO-010 para estudo	54
Figura 31 - Verificação das espessuras das camadas e retirada dos materiais	61
Figura 32 – Camadas existentes no pavimento	61

Figura 33 - Procedimento para determinação da densidade in situ	62
Figura 34 - Determinação do ensaio de compactação	64
Figura 35 – Perfil das camadas dimensionadas	66
Figura 36 - Remendo	67
Figura 37 – Desgaste superficial	68
Figura 38 – Resultado do índice do estado da superfície	69

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Limites das frações de solo pelo tamanho.....	20
Tabela 2 – Classificação HRB.....	27
Tabela 3 – Ocorrência de defeitos	45
Tabela 4 – Conceitos do ICPF.....	45
Tabela 5 – Classificação do IGGE	46
Tabela 6 – Pesos para cálculo.....	47
Tabela 7 – Índice do Estado da Superfície do Pavimento	47
Tabela 8 – Qualidade de estimativas de contagem.....	48
Tabela 9 - Métodos e nível de precisão usando contadores manuais	48
Tabela 10 - Fatores de equivalência de carga por eixo.....	49
Tabela 11 – Equações em relação ao tipo de eixo.....	59
Tabela 12 - Conceitos de cada lado da rodovia.....	69

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Número de golpe em relação à umidade	25
Quadro 2 – Resumo de classificação de defeitos	40
Quadro 3 – Coeficientes de equivalência estrutural	51
Quadro 4 – Espessura mínima do revestimento	51
Quadro 5 – Médio do volume médio diário	58
Quadro 6 - Cálculo para determinar o fator de equivalência de carga	59
Quadro 7 - Resumo do ensaio de granulometria e os limites de consistências	63
Quadro 8 - Resultado da compactação	64
Quadro 9 - Determinação do grau de compactação.....	64
Quadro 10 - Resultados do Ensaio de ISC e expansão.....	65

LISTA DE ABREVIATURAS

AASHO	<i>American Association of State Highway Officials</i>
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
CBR	<i>California Bearing Ratio</i>
DNER	Departamento Nacional de Estrada e Rodagem
DNIT	Departamento Nacional de infraestrutura de Transportes
FC	Fator de carga
FE	Fator de eixo
FV	Fator veículo
H	Umidade
HRB	<i>Highway Research Board</i>
ICPF	Índice de condição dos pavimentos flexíveis e semi-rígidos
IES	Índice do estado da superfície do pavimento
IG	Índice de grupo
IGGE	Índice de gravidade global expedito
IP	Índice de plasticidade
LC	Limite de contração
LL	Limite de liquidez
LP	Limite de plasticidade
NBR	Norma Brasileira Regulamentadora
TRB	<i>Transportation Research Board</i>
VMD	Volume médio diário
VMDa	Volume médio diário anual

LISTA DE FÓRMULAS

Fórmula 1 - Limite de liquidez	24
Fórmula 2 - Índice de plasticidade	26
Fórmula 3 - Índice de grupo	26
Fórmula 4 - ÍGGE.....	46
Fórmula 5 - Volume médio diário	49
Fórmula 6 - Número “N”	50
Fórmula 7 - Fator de eixo	50
Fórmula 8 - Fator veículo	50
Fórmula 9 - Espessura da camada equivalente	52
Fórmula 10 - Espessura H20	52
Fórmula 11 - Espessura Hn	52
Fórmula 12 -Espessura Hm	52

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	15
1.1 PROBLEMA DE PESQUISA	17
1.2 HIPÓTESES	17
1.3 OBJETIVOS	17
1.3.1 Objetivo Geral	17
1.3.2 Objetivos Específicos	17
1.4 JUSTIFICATIVA	18
2 REFERENCIAL TEÓRICO	19
2.1 SOLOS	19
2.1.1 Origem e formação dos solos	19
2.1.2 Tamanho das partículas	19
2.1.3 Identificação dos solos por meio de ensaios	20
2.1.3.1 Análise granulométrica	20
2.1.3.2 Plasticidade dos solos	22
2.1.3.3 Limites de consistência	22
2.1.3.4 Limite de liquidez	23
2.1.3.4 Limite de plasticidade	25
2.1.3.5 Índice de plasticidade	25
2.1.3.6 Índice de grupo	26
2.1.3.7 Classificação HRB	26
2.2 PAVIMENTO.....	27
2.2.1 Definição de Pavimento	27
2.2.3 Classificação do pavimento rodoviário	28
2.2.4 Revestimentos	30
2.2.5 Ligantes Asfálticos	30
2.3 DEFEITOS NA PAVIMENTAÇÃO ASFÁLTICA	31
2.3.1 Terminologia e tipos de defeitos	31
2.3.1.1 Fissura	31
2.3.1.2 Trinca	32
2.3.1.3 Afundamento	35
2.3.1.4 Ondulações / corrugações	36
2.3.1.5 Escorregamento do revestimento	37

2.3.1.6 Exsudação.....	37
2.3.1.7 Desgaste	38
2.3.1.8 Panela ou buraco	38
2.3.1.9 Remendos	39
2.4 AVALIAÇÃO ESTRUTURAL DE PAVIMENTOS ASFÁLTICOS	41
2.4.1 Avaliação estrutural destrutiva.....	41
2.4.2 Avaliação estrutural semidestrutivo	42
2.4.3 Avaliação estrutural não destrutiva.....	43
2.5 LEVANTAMENTO VISUAL CONTÍNUO	43
2.5.6 Condições gerais para o levantamento	44
2.5.6.1 Equipamento	44
2.5.6.2 Condições do tempo e equipe de operação	44
2.5.6.3 Operação do veículo e processo de levantamento.....	44
2.5.6.4 Frequência de defeitos.....	44
2.5.6.5 ICPF - Índice de condição dos pavimentos flexíveis e semi-rígidos.....	45
2.5.6.7 IGGE – Índice de Gravidade Global Expedito.....	46
2.5.6.8 IES – Índice do Estado da Superfície do Pavimento	47
2.6 DETERMINAÇÃO DO NÚMERO “N”	47
2.6.1 Método de Contagem Manual	48
2.6.2 Volume Médio Diário Anual (VMDa)	49
2.6.3 Fatores de Equivalência de Carga por Eixo (FC).....	49
2.6.4 Obtenção do Número “N”	50
2.7 DIMENSIONAMENTO DO PAVIMENTO FLEXÍVEL	50
3 METODOLOGIA.....	53
3.1 DESENHO DO ESTUDO	53
3.2 LOCAL E PERÍODO DE REALIZAÇÃO DA PESQUISA	53
3.3 OBJETO DE ESTUDO	54
3.6 INSTRUMENTOS DE COLETA DE DADOS	55
3.6.1 Identificação de defeitos.....	55
3.6.2 Realização do levantamento visual contínuo	55
3.6.3 Obtenção do número N	55
3.6.4 Avaliação Estrutural pelo método destrutivo	56
3.6.5 Determinação do dimensionamento do pavimento flexível	57
4 RESULTADO E DISCUSSÃO	58

4.1 ESTUDO DE TRÁFEGO PARA OBTENÇÃO DO NÚMERO “N”.....	58
4.2 ANÁLISE DA ESTRUTURA DO PAVIMENTO	61
4.3 DIMENSIONAMENTO DO PAVIMENTO	65
4.4 LEVANTAMENTO VISUAL CONTÍNUO E ANÁLISE DAS PATOLOGIAS.....	67
5 CONCLUSÃO.....	70
REFERÊNCIAS	71
APÊNDICE A	73
APÊNDICE B.....	91
ANEXOS	98

1 INTRODUÇÃO

O presente trabalho é referente à avaliação estrutural do pavimento flexível em um determinado trecho da rodovia TO-010, localizado em Palmas - TO sentido para Lajeado - TO. Esta avaliação é composta por vários tipos de ensaios referentes às camadas do pavimento, realização do estudo de tráfego para poder obter o número “N” e também uma descrição de defeitos na superfície do pavimento flexível que deve ser caracterizado como está a condição atual da superfície em nível de serviço.

É objetivo de esta pesquisa realizar a avaliação estrutural do pavimento, sendo que é um fator determinante quando se trata de fazer qualquer tipo de intervenção na estrutura do pavimento, ou seja, poderá ser usado também para avaliar a condição atual do pavimento e analisar se o mesmo ainda suporta a demanda do tráfego, fazendo estudos se o pavimento em questão foi realizado de acordo com as especificações mínimas de projeto rodoviário quanto ao dimensionamento.

A pesquisa está organizada em seis partes, a parte inicial é abordada a parte introdutória, especificando o problema da pesquisa, hipóteses e os objetivos. Na segunda parte é apresentado todo o referencial teórico que está dividido em sete capítulos, sabendo que estes capítulos são fundamentais para descrição de todos os procedimentos e ensaios. Em seguida, na terceira parte é composta pela metodologia usada na pesquisa, descrição do lugar, coordenadas geográficas para pesquisa e como devem ser obtidos os resultados. Na parte quatro e cinco respectivamente, apresenta-se o cronograma e o orçamento que tem duração com o objetivo de finalizar toda a pesquisa. Por último, serão mostradas as referências de onde foi retirado para fazer o referencial do trabalho e a metodologia.

Balbo (2007) afirma que os serviços de avaliação estrutural podem ser realizados para fins de projeto de reforço de pavimento, que determina a coleta de materiais existentes em todas as camadas, e quando necessário, faz-se a determinação de alguns parâmetros, por exemplo, a massa específica aparente, a umidade dos materiais, os ensaios de granulometria e caracterização física do solo. Este tipo de análise deve ser realizado conforme a determinação do pavimento já existente, definições dos materiais e em geral é necessário fazer análise de defeitos na superfície do pavimento, pois todo esse estudo preliminar é o ponto de partida para avaliação de necessidades de restauração.

A metodologia utilizada para esta pesquisa é através de referências bibliográficas, com o propósito de determinar todos os procedimentos para coleta das amostras no local, determinação dos índices físicos do solo e todos os ensaios devem ser realizado no

laboratório, a contagem de veículos e classificação deve ser feito no trecho estudado, conseqüentemente para avaliação da superfície do pavimento. Com todos esses índices já realizados, deve ser feito o dimensionamento através dos cálculos baseados no referencial.

1.1 PROBLEMA DE PESQUISA

Sabe-se que grande parte das rodovias federais apresenta maior fluxo de tráfego quanto comparado com as rodovias estaduais, de forma geral apresenta maior desgaste superficial e a demanda de manutenção e conservação é mais frequente. A partir disso, quais as condições atuais da estrutura do pavimento da rodovia estadual TO-010 entre Palmas - TO e Lajeado - TO?

1.2 HIPÓTESES

Essa pesquisa parte do pressuposto que o trecho da rodovia TO-010 entre Palmas - TO e Lajeado - TO se há intensidade patológica na superfície do pavimento, em função do desgaste gerado pelo tráfego, à penetração de água na superfície do pavimento, abaulamento e erosão em algumas partes da rodovia onde não se encontra meio fio.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo Geral

O trabalho tem como objetivo geral analisar as condições da estrutura do pavimento flexível da rodovia TO-010 no trecho entre Palmas - TO e Lajeado - TO, com extensão de aproximadamente 15 km.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Identificar os diversos tipos de patologias encontradas no trecho;
- Realizar levantamento visual contínuo segundo a norma do DNIT 008/2003-PRO, para caracterizar o pavimento com relação ao estado de superfície e conforto ao rolamento;
- Realizar estudo de tráfego, para obtenção do número “N”;
- Determinar avaliação estrutural pelo método destrutivo, para identificar a capacidade de carga do pavimento;
- Realizar o dimensionamento do pavimento flexível pelo método do DNER, para atender a situação atual do pavimento asfáltico.

1.4 JUSTIFICATIVA

A escolha desta temática de pesquisa se justifica primeiramente pela importância de estudos que se detenham a problematizar a restauração e conservação de pavimentos rodoviários, possibilitando aos usuários condições de conforto e segurança.

Analisar a situação do trecho da TO-010, situada entre os municípios de Palmas - TO e Lajeado - TO nos faz pensar também no tipo de pavimento utilizado nas vias urbanas e rodovias brasileiras, esse que com o tempo de uso, seja por fatores climáticos ou por falta de fiscalização perde sua qualidade e traz problemas aos motoristas, como: trafegar na contramão e desviar das variadas patologias ao longo do pavimento flexível. Bem como a grande quantidade de acidentes provocados pelas péssimas condições do pavimento da rodovia.

De acordo com Brasil (2005), os serviços de conservação rodoviária, ordinariamente de caráter preventivo e corretivo têm como objetivo, em seu conjunto, a manutenção da rodovia dentro de adequadas condições operacionais em termos de conforto e de segurança para o usuário, ao longo de toda vida útil ou período do projeto – para a qual a sua estrutura foi concebida.

Dessa forma, realizar uma avaliação da estrutura do pavimento, podemos levar em consideração que essa pesquisa pode contribuir com sugestões de intervenções e de soluções de manutenção e conservação, prolongando a vida útil da pavimentação asfáltica e proporcionando melhores condições de tráfego no trecho da TO-010. É preciso em qualquer tipo de pavimento um gerenciamento que tem a finalidade de identificar a necessidade de recuperação do trecho danificado, sendo assim a manutenção asfáltica tem menor custo e transtorno ao trânsito.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 SOLOS

2.1.1 Origem e formação dos solos

De acordo com Pinto (2006), todos os solos originam-se da decomposição das rochas que constituíam inicialmente da crosta terrestre. A decomposição é decorrente dos agentes físicos e químicos. Diferenças de temperaturas provocam trincas, nas quais penetra a água e provoca quimicamente os minerais. O congelamento da água nas trincas, entre outros fatores, exerce elevadas tensões, do que ocorre elevada fragmentação dos blocos. A presença da fauna e da flora o ataque químico através de hidratação, hidrólise, oxidação, lixiviação, troca de cátions, carbonatação, e entre outros. A relação desses processos que são mais atuantes em climas quentes do que em climas frios, leva a formação dos solos, que em consequência são mistura de partículas pequenas que se diferenciam pela composição química e pelo tamanho. A maior ou menor concentração de cada tipo de partícula em um determinado solo depende da rocha que lhe passou a origem.

2.1.2 Tamanho das partículas

Conforme Pinto (2006), existem algumas denominações específicas para as diferentes faixas do tamanho de grãos, os seus limites variam conforme o sistema de classificação. Os valores são adotados pela ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas), e são indicados na tabela 01. Existe uma diferença da terminologia adotada pela ABNT, a divisão entre a parcela silte e areia é denominada 0,075 mm que corresponde pela peneira nº 200 que é a mais fina peneira usada nos laboratórios. O conjunto de silte e argila são classificados como a fração de finos do solo, enquanto o conjunto areia e pedregulho são denominados fração grossa ou grosseira do solo. A fração argila é considerada, em grande parte, como a fração inferior do diâmetro de 0,002 mm, que coincide ao tamanho mais próximo das partículas de constituição mineralógica dos minerais-argila.

Tabela 1 - Limites das frações de solo pelo tamanho

Fração	Limites definidos pela ABNT
Matacão	de 25 cm a 1 m
Pedra	de 7,6 cm a 25 cm
Pedregulho	de 4,8 mm a 7,6 cm
Areia grossa	de 2 mm a 4,8 mm
Areia média	de 0,42 mm a 2 mm
Areia fina	de 0,05 mm a 0,42 mm
Silte	de 0,005 mm a 0,05 mm
Argila	inferior a 0,005 mm

Fonte: Pinto, 2006.

2.1.3 Identificação dos solos por meio de ensaios

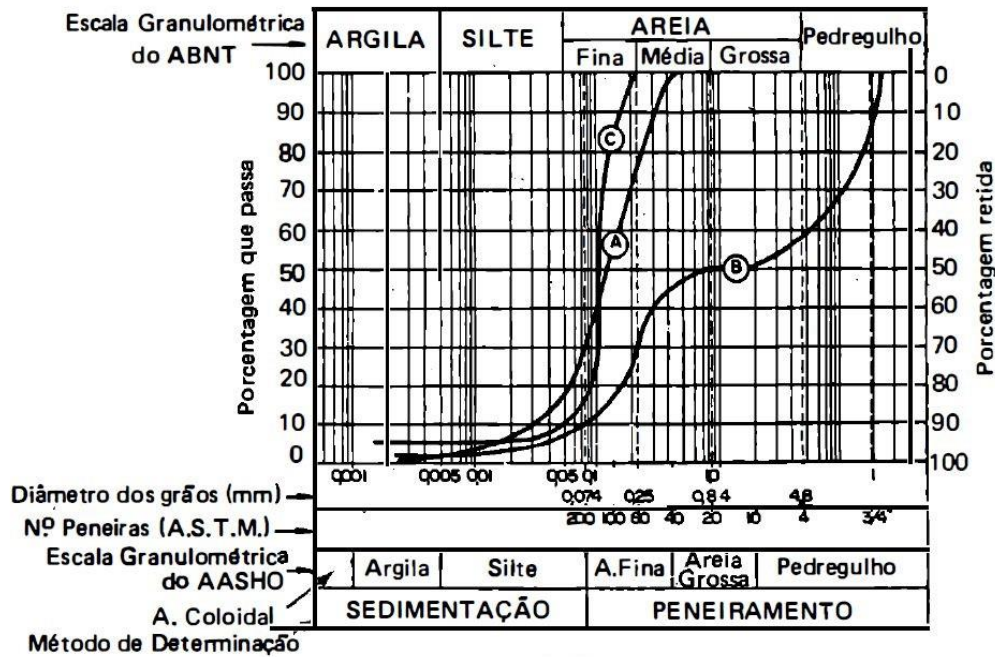
Para a identificação dos solos a partir das partículas que os constituem, são apresentados dois tipos de ensaios: a análise granulométrica e os índices de consistências.

2.1.3.1 Análise granulométrica

Para identificação do tamanho dos grãos de um solo, realiza-se uma avaliação granulométrica, que é realizada de duas fases: peneiramento e sedimentação. O peso do material que passa em cada peneira, referido ao peso próprio da amostra, é considerado como a porcentagem que passa, sendo representado graficamente pela abertura da peneira, em escala logarítmica. A abertura nominal da peneira é considerada como diâmetro das partículas. Trata-se de um diâmetro equivalente, pois as partículas não são esféricas (PINTO, 2006).

Conforme Caputo (1988), as dimensões das partículas são dentro de alguns determinados limites convencionais as frações constituintes dos solos que recebem designações próprias que se identificam com as usuais termologias. Na figura 01 serão mostradas duas escalas granulométricas, sendo que esta é muito usada para fins rodoviários.

Figura 1 - Escala granulométrica ABNT e AASHO



Fonte: Caputo (1988)

De acordo com a forma da curva pode ser identificado os diferentes tipos de granulometria. Granulometria contínua (curva A); granulometria descontínua (curva B); uniforme (curva C); bem graduada (curva A) ou mal graduada, conforme presente ou não, algum domínio das frações grossas e suficiente porcentagem das frações finas (CAPUTO, 1988). Na figura 02 representa essas diferentes granulometrias.

Figura 2 - Representação de diferentes curvas granulométricas



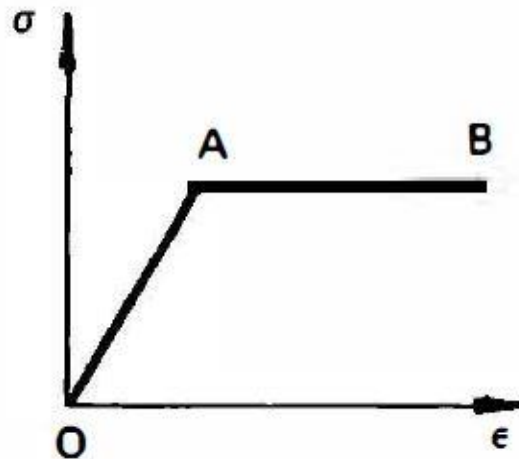
Fonte: Caputo, 1988

2.1.3.2 Plasticidade dos solos

Para Caputo (1988) plasticidade é definida como uma determinada propriedade dos solos, que consiste na maior ou menor capacidade de serem eles moldados, sob certo equilíbrio de umidade e sem ter nenhuma variação de volume, também da forma das partículas e da sua composição química e mineralógica. Sendo essa uma das mais importantes propriedades das argilas.

Em relação aos estudos do aço doce, foi criado o material idealmente plástico, cujo diagrama teórico tensão e deformação estão indicados na figura 03, o trecho A corresponde à fase elástica e AB a fase plástica. Esse estudo constitui objeto da Teoria da Plasticidade.

Figura 3 - Fase elástica e plástica do solo



Fonte: Caputo, 1988

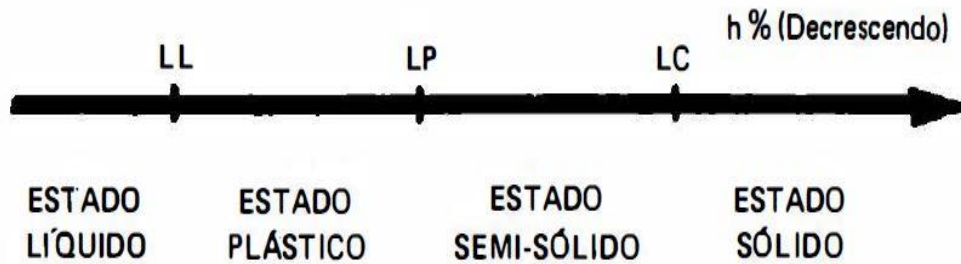
2.1.3.3 Limites de consistência

Caputo (1988) afirma quando a umidade do solo é muito elevada é representado como fluido denso e é dito no estado líquido. Na medida em que a água é evaporada, ele se endurece e para certa umidade (w) corresponde ao LL (limite de liquidez), dificulta a capacidade de fluir e pode ser moldado facilmente e conservar sua forma. Quando perde umidade o solo encontra-se no estado plástico e continuando a perda de mais umidade o estado plástico desaparece até que entra no $w = LP$ (limite de plasticidade) o solo fica quebradiço ao ser moldado. Este é o estado semissólido. Em seguida com a secagem, ocorre à

passagem gradual para o estado sólido, o limite entre esses dois estados é o teor de umidade $h = LC$ (limite de contração).

A figura 04 mostra ilustradamente esses estados físicos, ou seja, os limites de consistências.

Figura 4 - Limites de consistência



Fonte: Caputo, 1988

2.1.3.4 Limite de liquidez

A realização do ensaio de limite de liquidez (LL) é feito pelo aparelho Casagrande, o cinzel correspondente a cada tipo de solo, que é feita em um prato de latão em forma de concha, acima de um suporte de ebonite por meio de um eixo central imprime-se ao prato com repetições e quedas de aproximadamente 1 cm e intensidade constante, os equipamentos para determinação do ensaio será mostrado na figura 05. Com os valores já obtidos que serão o número de golpe para fechar o suco realizado pelo cinzel é necessário traçar a linha de escoamento do material, no intervalo de 6 a 35 golpes pode ser considerado como uma reta conforme a figura 06. (CAPUTO, 1988).

Para Pinto (2006), limite de liquidez é definido como o teor de umidade do solo com qual uma ranhura feito nele corresponde 25 golpes para fechar numa concha. São realizadas diversas tentativas com solos de diferentes umidades: é feita anotação dos resultados de acordo com o número de golpes para fechar a ranhura e o resultado será obtido pela interpolação dos resultados. Este procedimento no Brasil pela ABNT (método NBR 6459).

Figura 5 - Equipamentos para ensaio de limite de liquidez

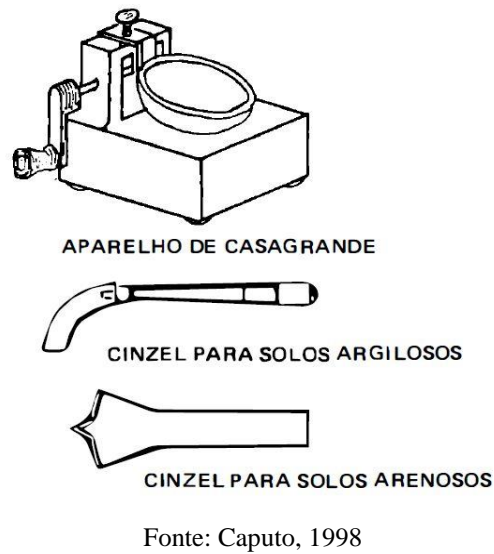
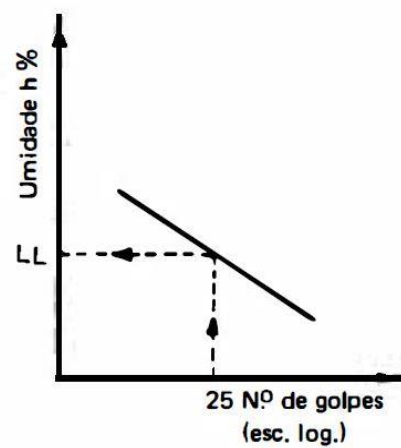


Figura 6 - Linha do escoamento do material



Fonte: Caputo, 1998

A seguir é mostrada a fórmula para obtenção do valor do limite de liquidez:

$$LL = h / (1,419 - 0,3 \log * n)$$

[1]

De acordo com CAPUTO (1988) a fórmula 1 é obtido pelo uso do denominador como variável que determina o número de golpe em relação à umidade conforme o quadro 1.

Quadro 1 – Número de golpe em relação à umidade

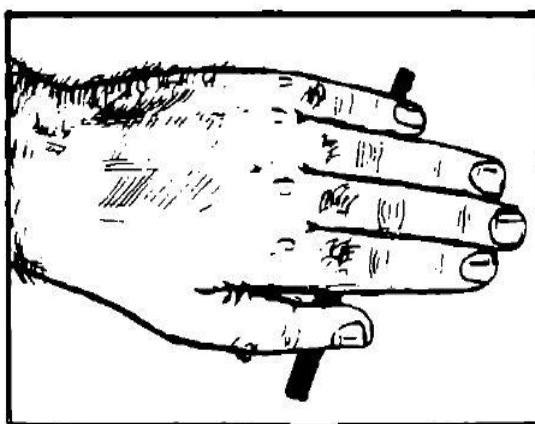
n	$1,419 - 0,3 \log n$	n	$1,419 - 0,3 \log n$
15	1,066	28	0,985
16	1,059	29	0,980
17	1,050	30	0,976
18	1,043	31	0,972
19	1,036	32	0,968
20	1,029	33	0,964
21	1,023	34	0,960
22	1,017	35	0,956
23	1,011	36	0,952
24	1,005	37	0,948
25	1,000	38	0,945
26	0,995	39	0,942
27	0,990	40	0,939

Fonte: Caputo 1988

2.1.3.4 Limite de plasticidade

Segundo Caputo (1988) limite de plasticidade é conceituado pelo cálculo de porcentagem de umidade para o qual o solo começa a se fraturar quando se tenta moldar, é basicamente um cilindro de 3 mm de diâmetro e proximamente 10 cm conforme a figura 07.

Figura 7 - Moldagem do solo para determinação do limite de plasticidade



Fonte: Caputo 1988

2.1.3.5 Índice de plasticidade

Índice de plasticidade é denominado pela diferença do limite de liquidez e limite de plasticidade conforme a fórmula 2. Este ensaio define a zona que o material se encontra no estado plástico, podendo ser máximo para as argilas e mínimos para areias, quanto mais plástico for o solo, será maior o IP (CAPUTO, 1988).

Abaixo é mostrada como se resulta o cálculo para o índice de plasticidade.

$$IP = LL - LP \quad [2]$$

2.1.3.6 Índice de grupo

Conforme CAPUTO (1988), a determinação do índice de grupo é baseada nos limites de Atterberg do solo e na porcentagem de material fino que passa na peneira número 200. Podendo ser calculado através da fórmula 3, sendo denominada como empírica.

$$IG = 0,2 a + 0,005 ac + 0,01 bd \quad [3]$$

Onde:

a = porcentagem do material que passa na peneira número 200, subtraído 35. Se a porcentagem determinada nessa diferença for superior que 75, adota-se 75; se for inferior que 35, adota-se 35. Observação: o valor de a varia de 0 a 40.

b = porcentagem do material que passa na peneira número 200, subtraído de 15. Se a porcentagem determinada nessa diferença for superior que 55, adota-se 55; se for inferior que 15, adota-se 15. Observação: o valor de b varia de 0 a 40.

c = resultado do limite de liquidez subtraído de 40. Se o limite de liquidez for superior que 60, adota-se 60; se for inferior que 40, adota-se 40. Observação: o valor de c varia de 0 a 20.

d = resultado do índice de plasticidade subtraído de 10. Se o índice de plasticidade for superior que 30, adota-se 30; se for inferior que 10, adota-se 10. Observação: o valor de d varia de 0 a 20.

2.1.3.7 Classificação HRB

Segundo DNIT (2006a), os solos são classificados e divididos em grupos e subgrupos, isso em função da granulometria, limites de consistências e o índice de grupo. Na tabela 2 abaixo é mostrado a classificação HRB.

Tabela 2 – Classificação HRB

CLASSIFICAÇÃO GERAL	MATERIAIS GRANULARES 35% (ou menos) passando na peneira Nº 200							MATERIAIS SILTO - ARGILOSOS			
CLASSIFICAÇÃO EM GRUPOS	A - 1		A - 3	A - 2				A - 4	A - 5	A - 6	A - 7 A-7-5 A-7-6
	A - 1 - A	A - 1 - B		A - 2 - 4	A - 2 - 5	A - 2 - 6	A - 2 - 7				
Granulometria - % passando na peneira											
Nº 10	50 máx.										
Nº 40	30 máx.	30 máx.	51 min.								
Nº 200	15 máx.	25 máx.	10 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.	36 min.	36 min.	36 min.	36 min.
Características da fração passando na peneira Nº 40:											
Limite de Liquidez				40 máx.	41 min.	40 máx.	41 min.	40 máx.	41 min.	40 máx.	41 min.
Índice de Plasticidade	6 máx.	6 máx.	NP	10 máx.	10 máx.	11 min.	11 min.	10 máx.	10 máx.	11 min.	11 min.*
Índice de Grupo	0	0	0	0	0	4 máx.	4 máx.	8 máx.	12 máx.	16 máx.	20 máx.
Materiais constituintes	Fragmentos de pedras, pedregulho fino e areia			Pedregulho ou areias siltosos ou argilosos				Solos siltosos		Solos argilosos	
Comportamento como subleito	Excelente a bom							Sofrível a mau			

Fonte: DNIT, 2006a

2.2 PAVIMENTO

2.2.1 Definição de Pavimento

Segundo Bernucci et al. (2006) o pavimento é definido como uma estrutura de várias camadas de espessuras finitas, construída sobre a superfície de terraplenagem, destinada técnica e economicamente a resistir aos esforços oriundos do tráfego de veículos e do clima, e também aos usuários melhora nas condições de rolamento, com conforto, economia e segurança.

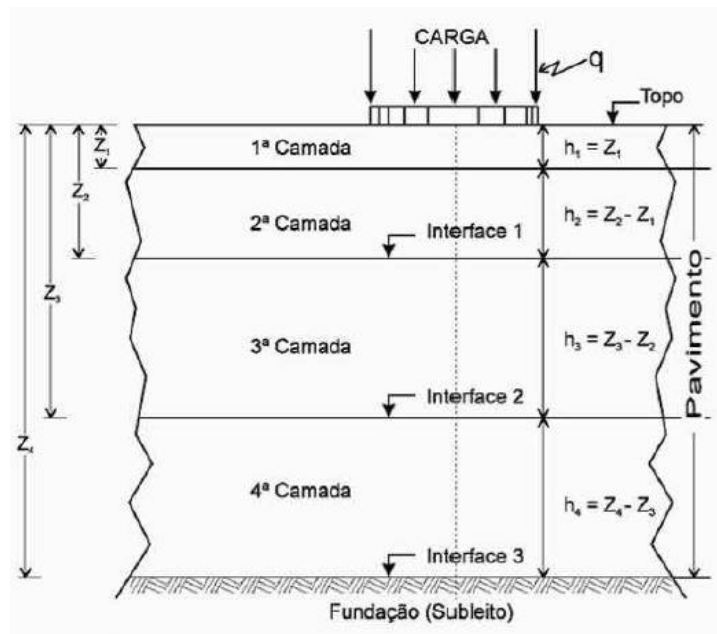
De acordo com DNIT (2006a) o pavimento, de acordo com a ordem técnico-econômicas é uma estrutura de diferentes camadas em que materiais de indiferentes resistências e deformabilidades são colocados em relação ao outro, que resulta um elevado grau de complexidade no que respeita ao cálculo de tensões e deformações e atuantes nas mesmas resultantes das cargas transferidas pelo tráfego.

Senço (2007) define que pavimento é a estrutura construída sobre a terraplanagem e instituída, técnica e economicamente, a:

- resistir aos esforços verticais gerados do tráfego e distribuí-los;
- Facilitar e melhorar as condições de rolamento quanto ao conforto e segurança;
- Deve resistir aos esforços horizontais (desgaste), tomando mais durável a superfície de rolamento.

Pavimento define sendo de várias camadas de espessuras finitas que está constituído sobre um semi - espaço infinito e exerce a função de fundação da estrutura, chamado de subleito (SENÇO, 2007).

Figura 8 - Sistema de várias camadas



Fonte: Senço, 2007

2.2.3 Classificação do pavimento rodoviário

De acordo com DNIT (2006a), de modo geral, os pavimentos são classificados em flexíveis, semi - rígidos e rígidos:

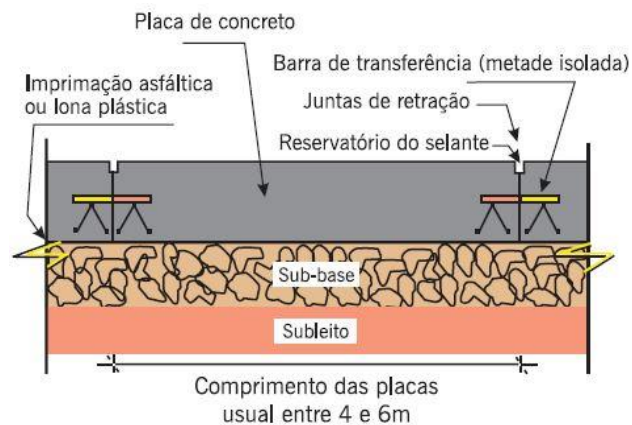
- **Flexível:** aquele em que todas as camadas tende a sofrer deformação elástica que equivalente sob o carregamento aplicado e, logo, a carga se distribui em parcelas aproximadamente equivalentes entre todas as camadas. Alguns exemplos: pavimento constituído por uma base de brita (brita graduada, macadame) ou pode ser por uma base de solo pedregulho, sendo revestido por uma camada asfáltica.

- **Semi-Rígido:** denominado por uma base cimentada por algum aglutinante com propriedades cimentícias como, por exemplo, por uma camada de solo cimento revestida por uma camada asfáltica.

- **Rígido:** são aqueles que a camada de rolamento tem uma parcela de resistência inferior as demais e, tem a finalidade de absorver praticamente todas as tensões provenientes do carregamento que nele é aplicado. Exemplo: pavimento constituído por placas de concreto de cimento Portland.

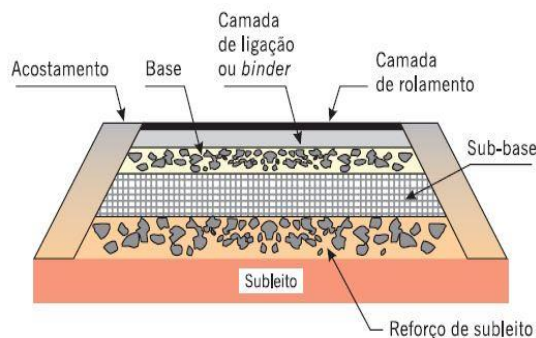
A figura 09 mostra as camadas do pavimento flexível do pavimento flexível, nesse tipo de pavimento à faixa de rolamento é formada basicamente de agregados e ligantes asfálticos. A figura 10 indica as camadas do pavimento rígido, esse tipo de estrutura está sendo alternativa para corredores de transporte coletivo e locais onde o volume do tráfego é intenso.

Figura 9 - Camadas do pavimento flexível



Fonte: Bernucci et al., 2006

Figura 10 - Camadas do pavimento rígido

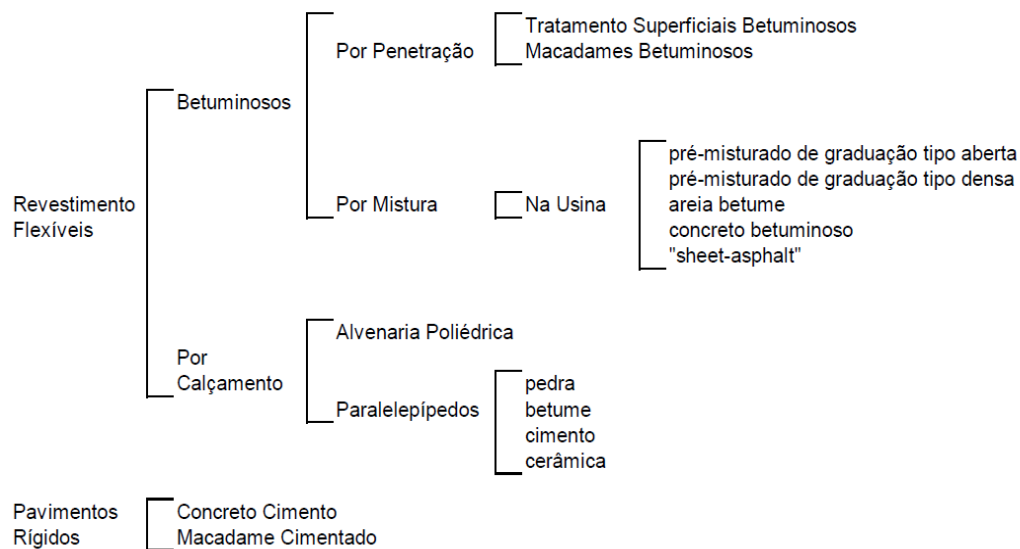


Fonte: Bernucci et al., 2006

2.2.4 Revestimentos

A classificação do revestimento do pavimento rodoviário é tradicionalmente em dois tipos: rígidos e flexíveis. De alguns anos há um costume de usar-se a nomenclatura pavimentos de concreto de cimento Portland ou de basicamente de concreto-cimento, e pavimentos asfálticos, respectivamente, para indicar o tipo de revestimento do determinado pavimento (BERNUCCI et al., 2006). A figura 11 mostra as divisões dos revestimentos diferenciando pavimentos flexíveis e pavimentos rígidos.

Figura 11 - Divisões dos revestimentos



Fonte: DNIT, 2006a

2.2.5 Ligantes Asfálticos

Bernucci et al., (2006) afirma que é uma grande vantagem o uso de ligantes asfáltico em pavimentação, sendo que proporciona uma união entre dos agregados, pode ser controlado a flexibilidade, é impermeabilizante, durável e permite ações contra os ácidos, álcalis e dos sais, pode ser usado emulsionado, com aditivos ou sem e em amplas condições de diferentes minerais. A seguir será mostrada alguma relação com referência ao material:

a) **Betume:** normalmente definido com mistura do hidrocarboneto solúvel no bissulfeto do carbono.

b) Asfalto: mistura de hidrocarbonetos derivados do petróleo de forma natural ou pode ser feito por destilação, e dentro eles os principais componentes é o betume.

c) Alcatrão: foi constituído por interferências genéricas de um produto que contém hidrocarbonetos, é obtido da queima ou destilação do carvão, madeira e entre outros materiais.

Bernucci et al., (2006) afirma que o asfalto usado em pavimentação é um ligante betuminoso que vêm da destilação do petróleo e tem propriedade térmica e plástico, impermeável à água e pouco reativo. Por ter baixa reatividade química a muitos outros agentes não quer dizer que este material possa sofrer um processo de envelhecimento e desgaste por oxidação lenta pelo contado da água e do ar.

2.3 DEFEITOS NA PAVIMENTAÇÃO ASFÁLTICA

Para Bernucci et al., (2006) a avaliação dos defeitos na superfície objetiva avaliar o estado de condição da pavimentação, tem embasamento de verificar a atual condição e procura ter subsídios para alguma solução técnica, em caso de necessidade, busca a melhor solução e alternativas para restauração do pavimento. As patologias podem aparecer em curto prazo devido alguns erros e inadequações ou a médio ou longo prazo que pode ser devido ao fluxo de tráfego e efeito das intempéries.

2.3.1 Terminologia e tipos de defeitos

De acordo com DNIT (2003a), são classificados alguns termos empregados em defeitos de pavimentação flexível e rígido:

2.3.1.1 Fissura

São abertura na superfície asfáltica que pode ser posicionada longitudinal, transversal e obliquamente ao eixo da via e pode ser visível a uma distância inferior a 1,5 m (DNIT, 2003a).

2.3.1.2 Trinca

DNIT (2003a) afirma que trinca é qualquer abertura no revestimento que pode ser de visivelmente e classificada como trinca isolada ou trinca interligada.

- Trinca isolada

a) Trinca transversal: quando a trinca é na direção ortogonal da via e apresenta comprimento de até 100 cm é definida como trinca transversal curta, quando for superior a 100 cm é chamada de trinca transversal longa, conforme é apresentado na figura 12.

Figura 12 - Trinca transversal



Fonte: DNIT, 2003a

b) Trinca longitudinal: define-se como trinca paralelo ao eixo da via que pode ser exemplificado na figura 13. Quando apresentar extensão de até 100 cm é classificado como trinca longitudinal curta e quando for superior a 100 cm é classificada como trinca longitudinal longa (DNIT, 2003a).

Figura 13 - Trinca longitudinal



Fonte: Brasil, 2003a

c) Trinca de retração: quando é atribuída ao fenômeno de retração térmica ou das demais camadas adjacentes ao revestimento trincado conforme a figura 14. (DNIT, 2003a).

Figura 14 - Trinca de retração



Fonte: Bernucci et al., (2006)

- Trinca interligada

a) Trinca tipo “couro de jacaré”: junção de trincas interligadas sem continuidade preferenciais que tem identidade e aspecto ao couro de jacaré. Essas trincas podem expor, ou não, erosão acentuada na borda. A figura 14 mostra a trinca tipo “couro de jacaré” com erosão.

Figura 15 - Trinca tipo "couro de jacaré"



Fonte: Bernucci et al., 2006

b) Trinca tipo bloco: conjunto de trincas interligadas que tem semelhança de blocos por lados bem definidos, podendo apresentar, ou não, erosão acentuada nas bordas (DNIT, 2003a). A figura 16 mostra um exemplo de trinca interligada tipo bloco;

Figura 16 - Trinca tipo bloco sem erosão



Fonte: Bernucci et al., 2006

2.3.1.3 Afundamento

Deformação produzida pela depressão da superfície do pavimento que pode ser apresentada como afundamento plástico ou de consolidação (DNIT, 2003a). A figura 17 e 18 ilustra respectivamente esses tipos de defeitos.

Afundamento plástico quando as depressões são influentes no decorrer do pavimento asfáltico, podendo ser localizado ou longitudinal nas trilhas de roda superior a 6m. Já o afundamento por consolidação é quando ocorre uma intensificação diferencial ou localizada, sendo inferior a 6m (BERNUCCI et al., 2006).

Figura 17 - Afundamento plástico nas trilhas de roda



Fonte: Bernucci et al., 2006

Figura 18 - Afundamento por consolidação localizado

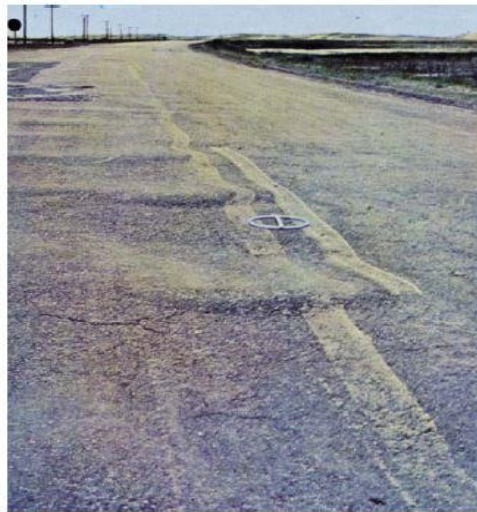


Fonte: Bernucci et al., 2006

2.3.1.4 Ondulações / corrugações

De acordo com DNIT (2003a) ondulações ou corrugações são deformações transversais ao eixo da faixa de rolamento. As figuras 19 e 20 ilustram os defeitos de ondulação e corrugação.

Figura 19 - Ondulação



Fonte: DNIT, 2003a

Figura 20 - Corrugação



Fonte: Bernucci et al., 2006

2.3.1.5 Escorregamento do revestimento

Escorregamento do revestimento caracteriza-se como a movimentação ou deslocamento do revestimento asfáltico (BERNUCCI et al., 2006).

Podemos observar na figura 21 esse tipo de defeitos na superfície do pavimento.

Figura 21 - Escorregamento do revestimento



Fonte: Bernucci et al., 2006

2.3.1.6 Exsudação

Este tipo de defeito é caracterizado pelo excesso de ligante betuminoso na camada de rolamento, causado pelo mesmo efeito na massa asfáltica e ficam com manchas escurecidas conforme na figura 22 (BERNUCCI et al., 2006).

Figura 22 - Exsudação



Fonte: Bernucci et al., 2006

2.3.1.7 Desgaste

Conforme DNIT (2003a) desgaste é produzido pela retirada sucessiva do agregado do pavimento asfáltico, sendo caracterizada por aspereza superficial do revestimento e pelos esforços tangenciais gerados pelo tráfego, conforme a figura 23.

Figura 23 - Desgaste



Fonte: Bernucci et al., 2006

2.3.1.8 Panela ou buraco

Espaço cavado ou vazio que surge no revestimento que se forma por variadas causas, podendo ser por falta de ligação entre as camadas sobrejacentes, podendo passar para as camadas inferiores originando a separação das camadas (DNIT, 2003a).

A figura 24 apresenta um tipo de panela ou buraco em um determinado pavimento.

Figura 24 - Panela ou buraco



Fonte: DNIT, 2003a

2.3.1.9 Remendos

DNIT (2003a) afirma que remendos são painelas preenchidas com uma ou várias camadas de pavimento que se denomina como “tapa-buraco”, a figura 25 ilustra um exemplo de remendo. Os remendos são divididos em dois tipos, remendos profundos são aquele que há substituição do revestimento, podendo ser de uma ou mais camadas que estão abaixo e é normalmente realizado de forma retangular. O segundo é o remendo superficial denominado sendo corretivo, em alguma área específica do revestimento pela aplicação de uma camada betuminosa.

Figura 25 - Remendo



Fonte: Bernucci et al., 2006

O quadro abaixo mostra a classificação e terminologias usadas para defeitos de pavimentos flexíveis:

Quadro 2 – Resumo de classificação de defeitos

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

Fonte: DNIT, 2003a (adaptado)

2.4 AVALIAÇÃO ESTRUTURAL DE PAVIMENTOS ASFÁLTICOS

Segundo BALBO (2007), de forma ampla, avaliação estrutural de pavimentos asfálticos determina a caracterização completa de componentes e variáveis estruturais que permite umas descrições objetivas, em relação ao seu modelo de comportamento em função das cargas do tráfego e ambientais, de modo a possibilitar e julgar sobre a capacidade atuante de um pavimento existe diante das futuras demandas do tráfego. Desse modo, caracterizar a estrutura do pavimento existente indica a determinação dos materiais e espessuras que constituem cada camada do pavimento, assim como solos de subleito, às verificações por meio de métodos da engenharia, na integridade dos materiais existentes no pavimento em análise por meio de todos os parâmetros estruturais.

Avaliação estrutural de pavimentos asfálticos pode ser realizada por três métodos: destrutivo, semidestruutivo ou não destrutivo.

2.4.1 Avaliação estrutural destrutiva

A avaliação estrutural destrutiva tem com objetivo a completa caracterização física da estrutura do pavimento: determinação das camadas existentes, definição dos materiais que compõe a espessura do revestimento, bem como o estado de degradação de todas as camadas e em geral é realizado com a realização superficial de defeitos no pavimento. Esse conhecimento de início será dado como ponto de partida para a necessidade quando houver de restauração. Uma avaliação destrutiva pode ser realizada por meio de processos manuais ou mecânicos (figura 26), os manuais seriam com o auxílio da pá e da picareta para abertura das valas e os mecânicos podem ser realizado por abertura de furos a trado, concha ou helicoidal. (BALBO, 2007).

Figura 26 - Avaliação destrutiva por meio de escavação de valas



Fonte: Bernucci et al., 2006

2.4.2 Avaliação estrutural semidestrutivo

Avaliação semidestrutivo é aquele que cuja abertura de vala é inferior ao destrutivo, que permite utilizar um equipamento portátil de pequena dimensão que tem o objetivo de avaliar a camada de carga do pavimento. A aplicação desse ensaio só permite em geral relação com o ISC dos materiais em certa precisão, esses equipamentos usados são para fazer a medição do módulo de elasticidade do pavimento, através de pulsos, aplicados na superfície como na figura 27.

Figura 27 - Equipamento de avaliação semidestrutivo em uso

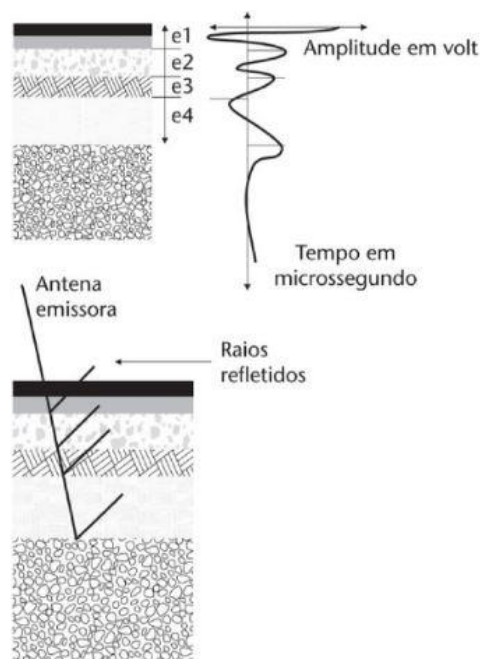


Fonte: Bernucci et al., 2006

2.4.3 Avaliação estrutural não destrutiva

Balbo (2007) afirma que o método não destrutivo é realizado por equipamentos de alta tecnologia para identificação de dimensões de camadas e tipos de materiais existentes no pavimento, baseado em processos geofísicos, por meio de uma antena emissora de ondas e outra antena que recebe o sinal, que permitem alterações em padrões de deflexão de ondas conforme a profundidade dos pontos que são registrados. Esse processo é realizado com auxílio de um veículo que transporta todo o equipamento, e cada alteração de onda refletida sobre a superfície da camada se modifica, permitindo que tenha uma determinação de espessuras, conforme a figura 28.

Figura 28 - Esquema do radar de penetração



Fonte: Balbo, 2007

2.5 LEVANTAMENTO VISUAL CONTÍNUO

Segundo o DNIT-PRO (008/2003), a norma do Levantamento Visual Contínuo (LVC), é realizado uma análise da superfície dos pavimentos flexíveis e semi-rígido para determinação dos seguintes índices: ICPF – índice de condição de pavimentos flexíveis ou semi-rígidos, IGGE- índice de gravidade global expedito e IES – índice do estado de superfície.

Todo esse procedimento que será apresentado a seguir é de acordo com a norma do DNIT- PRO (008/2003).

2.5.6 Condições gerais para o levantamento

2.5.6.1 Equipamento

Os equipamentos necessários para realizar o levantamento visual contínuo é um veículo com velocímetro/odômetro preciso para determinação da velocidade e das distâncias em cada trecho.

2.5.6.2 Condições do tempo e equipe de operação

Em relação às condições do tempo, o levantamento não poderá ser realizado em dias chuvosos, onde a luminosidade seja relativamente baixa e evitar presença do início ou término do dia.

A equipe de operação necessária para realização do levantamento é composta no mínimo por dois técnicos e o motorista do veículo.

2.5.6.3 Operação do veículo e processo de levantamento

O veículo deve ser percorrido com uma velocidade média de 40 km/ h e operado em cada lado da pista se for de único sentido, pelo contrário, se for via dupla deve-se realizado em cada faixa e as divisões dos trechos deverá ter extensão mínima de 1 km e máxima de 6 km, o processo de levantamento visual contínuo determina o preenchimento do formulário (anexo B) da norma do (DNIT, 2003b).

2.5.6.4 Frequência de defeitos

A frequência de defeitos é atribuída conforme a porcentagem de ocorrência de defeito que obteve pela tabela 3 apresentada a seguir. Se por acaso não apresentar defeito, deve-se preenchido em branco a seguinte tabela.

Tabela 3 – Ocorrência de defeitos

Painéis (P) e Remendos (R)		
Código	Frequência	Quant./km
A	Alta	≥ 5
M	Média	2 – 5
B	Baixa	≤ 2
Demais defeitos		
Código	Frequência	% por km
A	Alta	≥ 50
M	Média	50 – 10
B	Baixa	≤ 10

Fonte: DNIT, 2003b

2.5.6.5 ICPF - Índice de condição dos pavimentos flexíveis e semi-rígidos

O ICPF é calculado em relação ao valor da média dos índices contidos no formulário (anexo A), (DNIT, 2003b), que foram avaliados pelos técnicos. A tabela 4 a seguir define o conceito e descrição de intervenções de acordo com o cálculo do ICPF.

Tabela 4 – Conceitos do ICPF

CONCEITO	DESCRIÇÃO	ICPF
Ótimo	NECESSITA APENAS DE CONSERVAÇÃO ROTINEIRA	5 - 4
Bom	APLICAÇÃO DE LAMA ASFÁLTICA - Desgaste superficial, trincas não muito severas em áreas não muito extensas	4 - 3
Regular	CORREÇÃO DE PONTOS LOCALIZADOS OU RECAPEAMENTO - pavimento trincado, com "painéis" e remendos pouco frequentes e com irregularidade longitudinal ou transversal.	3 - 2
Ruim	RECAPEAMENTO COM CORREÇÕES PRÉVIAS - defeitos generalizados com correções prévias em áreas localizadas - remendos superficiais ou profundos.	2 - 1
Péssimo	RECONSTRUÇÃO - defeitos generalizados com correções prévias em toda a extensão. Degradação do revestimento e das demais camadas - infiltração de água e descompactação da base	1 - 0

Fonte: DNIT, 2003b

2.5.6.7 IGGE – Índice de Gravidade Global Expedito

O índice de gravidade global expedito é feita pela média dos dados obtida no levantamento, sendo a média dos resultados dos avaliadores (anexo B). Utilizando-se a seguinte fórmula 4 a seguir (DNIT, 2003b):

$$IGGE = (P_t \times F_t) + (P_{oap} \times F_{oap}) + (P_{pr} \times F_{pr})$$

Onde:

- F_t, P_t = Freqüência e Peso do conjunto de trincas t;
- F_{oap}, P_{oap} = Freqüência e Peso do conjunto de deformações;
- F_{pr}, P_{pr} = Freqüência (quantidade por km) e Peso do conjunto de painéis e remendos.

[4]

A determinação do índice de gravidade é dividida por painéis, remendos e demais defeitos conforme a tabela 5 a seguir:

Tabela 5 – Classificação do IGGE

Painéis (P) e Remendos (R)		
FREQÜÊNCIA	Fator Fpr Quantidade/Km	GRAVIDADE
A - ALTA	≥ 5	3
M - MÉDIA	2 - 5	2
B - BAIXA	≤ 2	1
Demais defeitos (trincas, deformações)		
FREQÜÊNCIA	Fatores Ft e Foap (%)	GRAVIDADE
A - ALTA	≥ 50	3
M - MÉDIA	50 - 10	2
B - BAIXA	≤ 10	1

Fonte: DNIT, 2003b

A tabela a seguir é mostrada os pesos para cálculo para cada quilômetro avaliado ou divisões de cada trecho de forma homogênea.

Tabela 6 – Pesos para cálculo

GRAVIDADE	Pt	Poap	Ppr
3	0,65	1,00	1,00
2	0,45	0,70	0,80
1	0,30	0,60	0,70

Fonte: DNIT, 2003b

2.5.6.8 IES – Índice do Estado da Superfície do Pavimento

O índice do estado da superfície do pavimento tem uma variação de 0 a 10, é analisado de acordo com dois índices, ICPF e do IGGE já determinados (anexo C). Os valores do IES serão definidos em função da tabela 7 mostrada abaixo.

Tabela 7 – Índice do Estado da Superfície do Pavimento

DESCRIÇÃO	IES	CÓDIGO	CONCEITO
$IGGE \leq 20$ e $ICPF > 3,5$	0	A	ÓTIMO
$IGGE \leq 20$ e $ICPF \leq 3,5$	1	B	BOM
$20 \leq IGGE \leq 40$ e $ICPF > 3,5$	2		
$20 \leq IGGE \leq 40$ e $ICPF \leq 3,5$	3	C	REGULAR
$40 \leq IGGE \leq 60$ e $ICPF > 2,5$	4		
$40 \leq IGGE \leq 60$ e $ICPF \leq 2,5$	5	D	RUIM
$60 \leq IGGE \leq 90$ e $ICPF > 2,5$	7		RUIM
$60 \leq IGGE \leq 90$ e $ICPF \leq 2,5$	8	E	PÉSSIMO
$IGGE > 90$	10		

Fonte: DNIT, 2003b

2.6 DETERMINAÇÃO DO NÚMERO “N”

A correta determinação do número “N” tem como objetivo definir atual que o pavimento se encontra a fim de se obter um novo dimensionamento. Essa condicionante tanto para reforço ou para qualquer intervenção é necessária para demanda do tráfego futuro. A seguir serão mostrados alguns elementos fundamentais que estão relacionados ao tráfego como: volume médio diário anual (VMDa); classificação da frota; carregamento da frota;

fator de equivalência de carga e por fim a determinação do parâmetro do número “N” (DNIT, 2006b).

2.6.1 Método de Contagem Manual

Segundo DNIT (2006b), os métodos de contagem são divididos sendo manuais ou contagens automáticas. A contagem manual é feita por pesquisadores no local onde deseja ser realizado esse parâmetro com o auxílio de cadernetas, fichas ou planilhas. Por outro lado, a contagem automática é realizada através de tubos pneumáticos, radares, equipamentos computadorizados e entre outros.

A tabela 8 será mostrada a qualidade de estimativas para qualquer tipo de contagem, logo deve ser definido qual o nível de precisão, em seguida classificar o método de contagem manual.

Tabela 8 – Qualidade de estimativas de contagem

Nível de precisão	90% de probabilidade do erro não ultrapassar	Interpretação da estimativa
A	5%	Excelente
B	5% a 10%	Satisfatória para todas as necessidades normais
C	10% a 25%	Suficiente com estimativa grosseira
D	25 a 50%	Insatisfatória
E	mais de 50%	Inútil

Fonte: DNIT, 2006b

A tabela 9 a seguir é mostrada os métodos manuais de contagem de volume de tráfego usando contadores manuais.

Tabela 9 - Métodos e nível de precisão usando contadores manuais

Método	Nível de Precisão	Variações aceitáveis	Observações
(1) - Contagem durante 1 hora, em um dia de semana, entre 9 a.m. e 6 p.m.	D	A contagem pode ser estendida	
(2) - Contagem em um dia de semana, de 6 a.m. até 10 p.m.	C ou D		
(3) - Contagem entre 6 a.m. e 10 p.m. de 5ª Feira até Domingo	C	Pode ser estendida para dias incluindo 2ª Feira	Para a semana use 5 x 5ª + Sábado + Domingo
(4) - Contagem entre 6 a.m. e 10 p.m. em 7 dias consecutivos	C		

Fonte: DNIT, 2006b (adaptado).

2.6.2 Volume Médio Diário Anual (VMDa)

De acordo com DNIT (2006b), o volume médio diário anual pode ser determinado dos volumes do tráfego em relação à contagem volumétrica classificatória. Pode se determinar o tráfego futuro partir da avaliação do tráfego atual, que se obteve em relação às pesquisas realizadas em campo. As taxas de crescimento do tráfego poderão se embasar de acordo com séries históricas existentes, sendo dados socioeconômicos regionais. A seguir é apresentado na fórmula 5 a determinação do volume médio diário, de acordo com a taxa de crescimento anual.

$$\text{VMD} = \text{VMD1} * [2 + (\text{P} - 1) * \text{t}/100] / 2 \quad [5]$$

Onde:

VMD = volume médio diário considerando que o tráfego cresce de acordo com uma projeção aritmética t% ao ano;

VMD1 = é o volume de tráfego no ato da contagem;

P = período de projeto em anos;

t= taxa de crescimento anual, em porcentagem.

2.6.3 Fatores de Equivalência de Carga por Eixo (FC)

Conforme DNIT (2006b) o fator de equivalência de carga por eixo tem como objetivo fazer as conversões das diversas possibilidades de carga por eixo em números de eixo-padrão. A tabela 10 a seguir apresenta-se os fatores de equivalência de carga do USACE em relação ao tipo de eixo e a variação de carga em tonelada (t).

Tabela 10 - Fatores de equivalência de carga por eixo

Tipos de eixo	Faixas de Cargas (t)	Equações (P em tf)
Dianteiro simples e traseiro simples	0 – 8	$FC = 2,0782 \times 10^{-4} \times P^{4,0175}$
	≥ 8	$FC = 1,8320 \times 10^{-6} \times P^{6,2542}$
Tandem duplo	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	0 – 18	$FC = 8,0359 \times 10^{-5} \times P^{3,3549}$
	≥ 18	$FC = 1,3229 \times 10^{-7} \times P^{5,5789}$

Fonte: DNIT, 2006b

2.6.4 Obtenção do Número “N”

O número “N” é expresso pela seguinte equação:

$$N = 365 \cdot VMD \cdot P \cdot FV \quad [6]$$

O fator veículo (FV) fórmula 8 é o produto do fator de carga (tabela 10) pelo fator de eixo que é mostrado na seguinte fórmula:

$$FE = \frac{(FE_A \cdot \text{passagens de A}) + (FE_B \cdot \text{passagens de B})}{(\text{passagens de A} + \text{passagens de B})} \quad [7]$$

Assim o fator veículo é representado pela seguinte expressão:

$$FV = FE \cdot FC \quad [8]$$

2.7 DIMENSIONAMENTO DO PAVIMENTO FLEXÍVEL

Para o dimensionamento das camadas do pavimento flexível, todo o procedimento para determinação é pelo método do DNER ou Sousa (1981), que também é conhecido como método empírico e a principal variante para a determinação do dimensionamento é o CBR.

Com os dados já obtidos no laboratório referente ao: CBR e expansão de cada camada, índice de grupo, limite de liquidez e índice de plasticidade. Serão analisadas algumas condições e restrições gerais para o dimensionamento do pavimento assim como: para sub-bases granulares ou melhoradas com cimento o CBR deve ser maior ou igual a 20%; índice de grupo=0; expansão menor ou igual a 1% (sobrecarga de 4,536 kg), para bases granulares o CBR maior ou igual a 80% para número “N” $\geq 10^6$ e se e se o número “N” for inferior, pode ser considerado CBR de base \geq a 60%; expansão \leq a 0,5% (sobrecarga de 4,536 kg); limite de liquidez deve \leq a 25% e IP \leq a 6%. Em relação a qualquer tipo de camada granular a espessura mínima será de 150 mm e máxima de 200 mm (BALBO, 2007).

O dimensionamento é feito na solução de fórmulas e realizado da camada superior para inferior com base no valor de CBR. Para a sub-base será sempre fixado um valor de CBR igual a 20%.

O quadro 4 mostra os coeficientes de equivalência estrutural dos materiais de cada camada.

Quadro 3 – Coeficientes de equivalência estrutural

Componentes do pavimento	Coeficiente K
Base ou revestimento de concreto betuminoso	2,00
Base ou revestimento pré-misturado a quente, de graduação densa	1,70
Base ou revestimento pré-misturado a frio, de graduação densa	1,40
Base ou revestimento betuminoso por penetração	1,20
Camadas granulares	1,00
Solo cimento com resistência à compressão a 7 dias, superior a 45 kg/cm	1,70
Idem, com resistência à compressão a 7 dias, entre 45 kg/cm e 28 kg/cm	1,40
Idem, com resistência à compressão a 7 dias, entre 28 kg/cm e 21 kg/cm	1,20

Fonte: DNIT, 2006a

O quadro a seguir determina-se a espessura mínima do revestimento em função da terminação do número “N”.

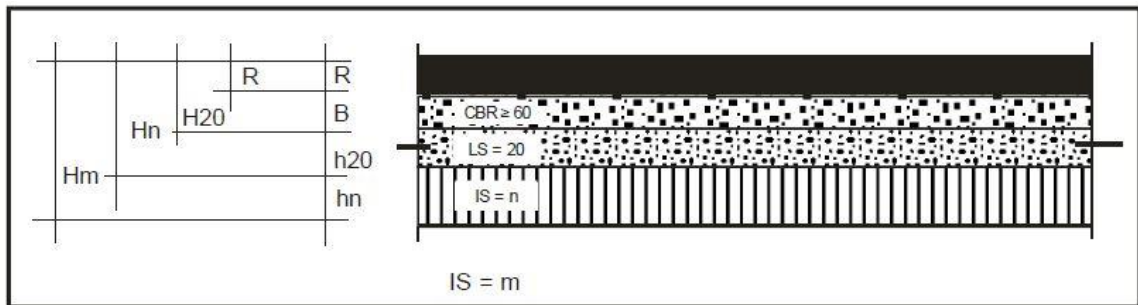
Quadro 4 – Espessura mínima do revestimento

N	Espessura Mínima de Revestimento Betuminoso
$N \leq 10^6$	Tratamentos superficiais betuminosos
$10^6 < N \leq 5 \times 10^6$	Revestimentos betuminosos com 5,0 cm de espessura
$5 \times 10^6 < N \leq 10^7$	Concreto betuminoso com 7,5 cm de espessura
$10^7 < N \leq 5 \times 10^7$	Concreto betuminoso com 10,0 cm de espessura
$N > 5 \times 10^7$	Concreto betuminoso com 12,5 cm de espessura

Fonte: DNIT, 2006a

O dimensionamento do pavimento é feito na solução das equações descritas com base na figura 29.

Figura 29 – Dimensionamento das camadas



Fonte: DNIT, 2006a

Para obtenção das espessuras de cada camada do pavimento, devem-se ser usadas as fórmulas 9 e seguindo o mesmo procedimento para determinação da espessura de H20, Hn, e Hm respectivamente pelas fórmulas 10, 11 e 12 conforme (DNIT, 2006a).

$$H_{eq} = 77,67 \times N^{0,0482} \times CBR^{-0,598} \quad [9]$$

$$R \times K_r + B \times k_b \geq H_{20} \quad [10]$$

$$R \times K_r + B \times K_b + H_{20} \times K_s \geq H_n \quad [11]$$

$$R \times K_r + B \times K_b + H_{20} \times K_s + H_n \times K_n \geq H_m \quad [12]$$

Observação: Os valores do CBR é calculado em porcentagem (%).

Onde:

H eq = espessura da camada equivalente;

R = espessura do revestimento;

N = número "N";

CBR = valor do CBR da camada

Kr = coeficiente de equivalência estrutural do revestimento

Kb = coeficiente de equivalência estrutural da base

Ks = coeficiente de equivalência estrutural da sub-base

Kn = coeficiente de equivalência estrutural do reforço do subleito

3 METODOLOGIA

3.1 DESENHO DO ESTUDO

Esta pesquisa tem com finalidade metodológica a pesquisa aplicada, sendo necessária a retirada de informações e dados do local para aplicação a fim de obter resultados práticos visando à solução do problema em estudo. A forma de abordagem da pesquisa será quantitativa, pois serão tratadas estaticamente e por métodos numéricos.

Em relação ao objeto metodológico será uma pesquisa descritiva, pois será levantado dado através de técnicas de coleta para análise e interpretação do mesmo.

O procedimento metodológico da pesquisa será de pesquisa bibliográfica, serão baseados em procedimento, ensaios e referência para determinação dos resultados da amostra que serão retirados em campo. Quanto ao local de realização de realização metodológica será dos dois casos, sendo um deles pesquisa de campo e pesquisa laboratorial.

3.2 LOCAL E PERÍODO DE REALIZAÇÃO DA PESQUISA

O local da realização do estudo está situado entre as coordenadas de latitude inicial: 10°10'12.93" Sul ; longitude final: 48°18'77 Oeste e latitude final: 10°0'1.04" Sul ; longitude final: 48°18'41.76"Oeste , localizado na rodovia TO-010 na cidade de Palmas - TO sentido Lajeado - TO. A extensão do trecho para estudo é de aproximadamente 15 km.

A figura 30 mostra o seguimento do trecho que será estudado na TO-010.

Figura 30 - Trecho da TO-010 para estudo



Fonte: Google Earth, 2017

3.3 OBJETO DE ESTUDO

O estudo desta pesquisa deve-se realizado com o propósito de avaliar as condições estruturais do pavimento flexível na TO-010, situada em Palmas – TO sentido Lajeado –TO, com delimitação de aproximadamente 15 km, sendo que todo o procedimento deve ser baseado em biografias, o trecho em questão será estudado a fim de ser obter os parâmetros através de ensaios em laboratórios e pesquisas realizadas em campo.

Os procedimentos para a coleta de dados devem ser realizados primeiramente a identificação dos defeitos e classificado a fim de determinar os a condição atual da superfície do pavimento, em seguida fazer estudo de tráfego para definir o número “N”. Em seguida,

será feito a retirada amostra dos solos granulares de cada camada separadamente e determinando a espessura. Com os ensaios realizados em laboratório, deve-se verificado os fatores de classificações quanto às exigências mínimas de projeto rodoviário de acordo com o número “N”, CBR de cada camada, limites de consistências e índice de grupo.

3.6 INSTRUMENTOS DE COLETA DE DADOS

3.6.1 Identificação de defeitos

Avaliação de patologias nos pavimentos asfáltico é de grande importância, pois estabelece à patologia que caracteriza o pavimento de maior uniformidade, a identificação de defeitos encontrados no trecho entre Palmas- TO e Lajeado –TO será feito visualmente em todo o trecho, sendo classificado de acordo com a norma de classificação de defeitos do DNIT-TER (005/2003). O quadro 2 mostra um resumo de terminologias de defeitos de pavimentos flexíveis e semi-rígidos.

3.6.2 Realização do levantamento visual contínuo

O levantamento visual contínuo para avaliação da superfície do pavimento será realizado com um veículo, com velocidade média de aproximadamente 40 km/h no sentido de cada lado da pista, como a rodovia TO-010 é pista dupla, logo o procedimento é feito separadamente. A equipe de operação será composta por duas pessoas que tem o conhecimento sobre o propósito da avaliação e o motorista do veículo.

À distância para cada trecho será de 1 km, para obtenção dos resultados do índice de condição dos pavimentos flexíveis, índice do estado da superfície e determinação do índice de gravidade será de acordo com o preenchimento das planilhas nos anexos A, B e C. Os cálculos e procedimentos são de acordo com a norma do DNIT 008/2003-PRO.

3.6.3 Obtenção do número N

O estudo de tráfego para obtenção do número N é um fator predominante para dimensionamento de pavimentos, ou seja, determinamos a demanda atual e a composição de veículos ao longo do trecho. O número N será realizado por contagem classificatória e por pesagem dos veículos. A determinação desse dado será composta por volume médio diário

anual, classificação da frota, carregamento da frota, fator de equivalência de carga e por fim determinamos o número N, todo esse procedimento é baseado no manual de estudo de tráfego do DNIT (2006).

Para determinação do volume médio diário, foi realizada uma busca do volume médio diário através de ofício para AGETO, eles repassaram a última contagem que foi realizada pelo método automático, sendo contabilizados 21 dias, no período de 24 horas.

Após a realização do volume de tráfego, podemos determinar o volume médio diário, considerando um crescimento anual em porcentagem conforme a fórmula 5.

Outro dado importante para determinação do fator de carga e fator de eixo será determinado conforme a tabela 10, sendo assim fazendo o produto para determinação do fator número “N” fórmula 6.

3.6.4 Avaliação Estrutural pelo método destrutivo

A realização da avaliação pelo método destrutivo na TO-10 no trecho em estudo, será feito através de 2 aberturas de cavas laterais a faixa de rolamento da direita da pista (acostamento) nos dois sentidos, possuem normalmente dimensões de 0,80 m x 0,80 e profundidade máxima de 0,60 m com o propósito de identificar a divisão entre as camadas, os materiais usados pá, picareta e cavadeira. A retirada desses furos tem o propósito de identificar a espessura e a retirada da amostra de cada camada. Essas valas devem ser espaçadas com extensão de aproximadamente 2 km entre a outra. Procedimento baseado de acordo com BALBO (2007).

Após a retirada do material granular e separando de acordo com as camadas de cada ponto no trecho da rodovia, devem-se levar as amostras para o laboratório de solos e assim determinar os seguintes ensaios e procedimentos, baseado nas seguintes referências:

- a) Solos - determinação do limite de liquidez (NBR 6459);
- b) Solos- determinação do limite de plasticidade (NBR 7180);
- c) Solos – análise granulométrica por peneiramento (NBR 7181);
- d) Solos - ensaio de compactação (NBR 7182);
- e) Solos - determinação do índice de suporte califórnia utilizando amostras não trabalhada (DNER-ME 049/94);
- f) Solos – determinação da massa específica aparente, “in situ”, com emprego do frasco de areia (NBR 7185).

3.6.5 Determinação do dimensionamento do pavimento flexível

A determinação do dimensionamento do pavimento flexível da rodovia TO-10, Palmas - TO sentido Lajeado – TO será pelo método empírico do DNER, também conhecido como método do Engenheiro Murillo Lopes. Este método utiliza dois fatores principais para obtenção da espessura do revestimento e das camadas, que são a determinação do CBR e número “N”.

Com as amostras já ensaiadas no laboratório, podemos determinar o dimensionamento a partir da classificação do número “N” conforme o (quadro 4) que é mostrado a espessura mínima de revestimento. Em seguida de acordo com a (figura 29) as camadas são divididas e para realizar a espessura da camada de base, é necessário obter o dado inferior a esta camada. Por tanto é realizado o cálculo conforme as fórmulas 8 e 9, o CBR utilizado é o da sub-base. Esse procedimento é feito para as demais camadas.

A espessura mínima de qualquer camada é 15 cm, CBR de base é indicado através do número “N” sendo que o valor mínimo é definido como 60% e para sub-base é classificado para cálculo como CBR constante igual a 20%. Todo este procedimento é realizado conforme o método do Engenheiro Murillo Lopes (DNER) e algumas classificações foram embasados de acordo com o BALBO (2007).

4 RESULTADO E DISCUSSÃO

4.1 ESTUDO DE TRÁFEGO PARA OBTENÇÃO DO NÚMERO “N”

Para o estudo de tráfego realizado no trecho da TO-010 entre Palmas - TO e Lajeado – TO, foi realizada contagem volumétrica classificatória dos veículos pela Agência Tocantinense de Transporte e Obras (AGETO), através do posto de coleta automático situado como referência no Km – 13 no período entre 14/06/2017 à 04/07/2017. Sendo esse a contagem de tráfego mais próxima realizada pela agência e utilizada para essa pesquisa. O quadro a seguir mostra a média do volume médio diário:

Quadro 5 – Médio do volume médio diário

VEÍCULOS	Leve/ Micro ônibus (2C)	Médio / Ônibus >8,7e <12 m (2C)	Pesado >= 12 e <24m (3S2)	Especial >=24 m (3C2)
	A	B	C	D
PASSAGENS	355,86	168,81	120,67	0,81

Fonte: AGETO, 2017

O volume médio diário de passagem (VMD1) = 646,15 passagens

Para determinação do número “N” foi considerado a vida útil de projeto de 15 anos e taxa de crescimento de 3%. Sendo assim poderemos determinar o volume médio diário ao longo da vida útil:

$$VMD = VMD1 * [2 + (P - 1) * t/100] / 2$$

$$VMD = 646,15 * [2 + (15-1) * 3/100] / 2$$

$$VMD = 781,84 \text{ passagens.}$$

Onde:

VMD1 = passagens diárias

P = período de projeto (anos)

t = taxa de crescimento (%)

Para o cálculo de fatores de equivalência de carga (USCE), foi realizado pelo quadro seguinte:

Quadro 6 - Cálculo para determinar o fator de equivalência de carga

Veículos (eixos)	Eixos		Fci	Fi	fi	Fci * fi
	Simples	Duplo				
A (Dianteiro)	4		0,0545	355,86	0,2516	0,0137
A(Traseiro)	7,5		0,5442	355,86	0,2516	0,1369
B (Dianteiro)	6		0,2779	168,81	0,1193	0,0332
B (Traseiro)	10		3,2895	168,81	0,1193	0,3925
C (Dianteiro)	6		0,2779	120,67	0,0853	0,0237
C (Médio)		17	8,5488	120,67	0,0853	0,7292
C (Traseiro)		17	8,5488	120,67	0,0853	0,7292
D1(Dianteiro)	6		0,2779	0,81	0,0006	0,0002
D2 (Médio)		17	8,5488	0,81	0,0006	0,0049
D3 (Médio)	10		3,2895	0,81	0,0006	0,0019
D4 (Traseiro)	10		3,2895	0,81	0,0006	0,0019
			Somatório	1414,59	FC	2,0673

Fonte: Próprio autor

Onde:

FCi = Equação da Fórmula (FC)

Fi = Quantidade de vez que o eixo passou na via

fi = Fi do Eixo / Fi Total

FC = Somatória do Fci * fi de todos os eixos

Para determinar o valor de FCi foi utilizado as seguintes fórmulas:

Tabela 11 – Equações em relação ao tipo de eixo

Tipos de eixo	Faixas de Cargas (t)	Equações (P em tf)
Dianteiro simples e traseiro simples	0 – 8	$FC = 2,0782 \times 10^{-4} \times P^{4,0175}$
	≥ 8	$FC = 1,8320 \times 10^{-6} \times P^{6,2542}$
Tandem duplo	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	0 – 18	$FC = 8,0359 \times 10^{-5} \times P^{3,3549}$
	≥ 18	$FC = 1,3229 \times 10^{-7} \times P^{5,5789}$

Fonte: DNIT, 2006b

Para o cálculo de fator de eixo foi realizado a seguinte fórmula:

$$FE = (FEa \times Passagens a) + (FEb \times Passagens b) / (Passagens a + Passagens b)$$

$$FE = ((2 \times 355,86) + (2 \times 168,81) + (3 \times 120,67) + (4 \times 0,81)) / (355,86 + 168,81 + 120,67 + 0,81) =$$

$$FE = 2,19$$

O fator de veículo é determinado pela seguinte expressão:

$$FV = FE * FC$$

$$FV = 2,19 * 2,0673$$

$$FV = 4,5229$$

Com todos esses dados calculados, realizou-se o número “N”, utilizando a seguinte expressão:

$$N = 365 * VMD * P * FV$$

$$N = 365 * 781,84 * 15 * 4,5229$$

$$N = 1,94 \times 10^7$$

Após o cálculo do número “N”, podemos definir e verificar em campo se a espessura mínima do revestimento conforme o quadro 4.

Sendo assim, podemos classificar o revestimento como concreto betuminoso com 10,0 cm de espessura.

4.2 ANÁLISE DA ESTRUTURA DO PAVIMENTO

Após a autorização da AGETO para realização da retirada das amostras, foi dado o início da pesquisa em campo. O laboratório utilizado foi da SM Construtora e algumas determinações no laboratório do CEULP/ULBRA. Para a análise da estrutura do pavimento foi realizado dois furos através do método destrutivo, seguindo a sequência das seguintes camadas: revestimento, base, sub-base e subleito. Os materiais utilizados foram a pá, picareta e cavadeira, com espaçamento de aproximadamente 4 km entre os pontos, foi verificada a medição da espessura das camadas durante a retirada de material conforme a figura 31.

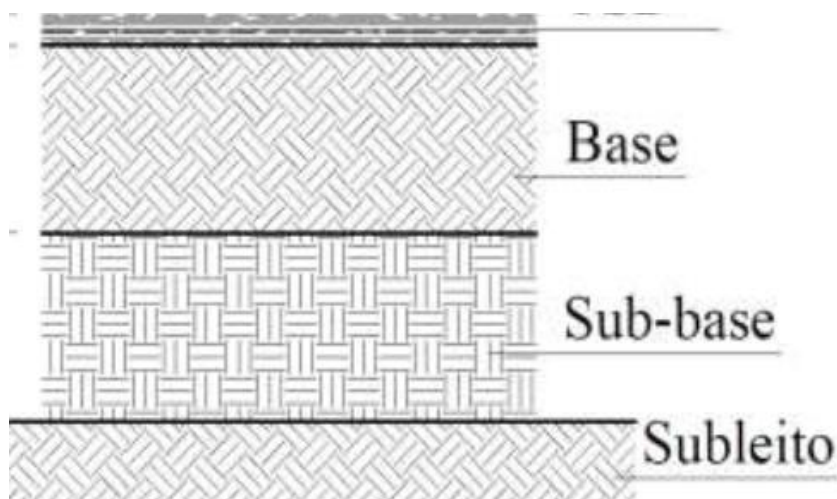
Figura 31 - Verificação das espessuras das camadas e retirada dos materiais



Fonte: Próprio autor

A figura 32 esquematiza as espessuras das camadas atuais do pavimento:

Figura 32 – Camadas existentes no pavimento



Fonte: Próprio autor

Revestimento CBUQ: 9,5 cm
Espessura da camada de base: 20 cm
Espessura da camada de sub-base: 18 cm

Cada camada de material granular que foi coletado foi realizada o ensaio de “*speedy test*”, para possível determinação da umidade in loco e a massa específica aparente seca do material em estado natural pelo método do frasco de areia. O apêndice A mostra os resultados dos ensaios realizado em campo, planilhas A1, A2 e A3.

A figura 33 mostra a determinação da densidade in situ pelo método do frasco de areia.

Figura 33 - Procedimento para determinação da densidade in situ



Fonte: Próprio autor

Os ensaios de limite de liquidez foram realizados em todas as amostras retiradas no pavimento, conforme a norma NRR 6459. Para os limites de plasticidade foi auxiliado pela norma NBR 7180.

O ensaio de limite de liquidez nas camadas de base e sub-base apresentou resultado não plástico, logo o solo analisado não fechou com 25 golpes, logo para estas camadas foi classificado limite de liquidez igual à zero, para a camada de sub-base apresentou limite de liquidez igual a 34,9%. Ver apêndices: A11 e A15.

Da mesma forma o limite e plasticidade nas camadas de base e sub-base tiveram resultado não plástico, indicando limite de plasticidade igual à zero. Para a amostra do subleito foi possível moldar a cilindro de 10 cm de comprimento por 3 mm de espessura, obtendo o resultado de 10,8%. Os ensaios dos índices físicos estão no apêndice A, planilha A4 ao

O quadro abaixo mostra o resultado dos ensaios: granulometria, limite de liquidez e limite de plasticidade e outras determinações.

Quadro 7 - Resumo do ensaio de granulometria e os limites de consistências

Camadas	Lado	Índices Físicos				Porcentagem que passa pela peneira			Class.	y (máx)	Umidade ótima
		LL	LP	IP	IG	10	40	200			
		%	%	%		%	%	%			
Sub-leito	L/D	28,2	21,2	7,2	4	62,70	34,44	22,02	A-4	1,883	13,0
	L/E	34,9	24,1	10,8	4	60,89	31,96	18,75	A-4	1,875	13,0
Sub-base	L/D	NP	NP	0	0	41,47	33,44	16,95	A-1-B	1,973	11,9
	L/E	NP	NP	0	0	41,44	33,33	16,69	A-1-B	1,999	12,0
Base	L/D	NP	NP	0	0	41,47	33,44	16,95	A-1-B	1,973	11,9
	L/E	NP	NP	0	0	41,44	33,33	16,69	A-1-B	1,999	12,0

Fonte: Próprio autor

Pela classificação TRB o solo na base e sub-base é do tipo A-1-B, material constituído de fragmentos de pedra, pedregulho fino e areia, sendo que não houve limites de liquidez e nem plasticidade, $IG = 0$, solo este recomendado para o emprego como subleito, o solo do subleito é do tipo A-4 sendo solo material siltosos, IP variando entre 7,2 e 10,8, no lado direito e esquerdo da rodovia, respectivamente, e IG igual a 4, este solo não é recomendado para o emprego como comportamento como subleito sofrível a mau.

Os gráficos estão nos apêndices: A4; A7; A10 e A14.

ENSAIO DE COMPACTAÇÃO

Para a realização do ensaio de compactação foi retirado uma porção do material seco e compactado em um cilindro com volume conhecido, variando a umidade de forma a obter-se a umidade ótima do solo. Para fazer o ensaio de compactação foram realizadas utilizando energias normal para o material do subleito e intermediária para o material de base e sub-base, com um cilindro grande. O ensaio foi realizado seguindo a Norma NBR 7182. As determinações estão no apêndice A5; A8; A12; A16.

A figura 34 mostra a determinação do ensaio utilizando o cilindro metálico e o soquete.

Figura 34 - Determinação do ensaio de compactação



Fonte: Próprio autor

O quadro abaixo mostra o resumo dos resultados determinado pela energia de compactação de camada e umidade:

Quadro 8 - Resultado da compactação

Camadas	Lado	Energia	Nº de Golpes	y máx (g/cm ³)	Umidade ótima (%)
Sub-leito	Direito	Normal	12	1,883	13,00%
	Esquerdo	Normal	12	1,875	13,00%
Sub-base	Direito	Intermediária	26	1,973	11,90%
	Esquerdo	Intermediária	26	1,999	12,00%
Base	Direito	Intermediária	26	1,973	11,90%
	Esquerdo	Intermediária	26	1,999	12,00%

Fonte: Próprio autor

Ao finalizar os ensaios de umidade em laboratório foi possível determinar o grau de compactação, conforme o quadro 9.

Quadro 9 - Determinação do grau de compactação

Camadas	Lado	y aparente seca (g/cm ³)	y máx (g/cm ³) laboratório	Grau de compactação %
Sub-leito	Direito	1868,167	1883,00	99,212
	Esquerdo	1873,788	1875,00	99,935
Sub-base	Direito	1962,486	1973,00	99,467
	Esquerdo	1958,034	1999,00	97,951
Base	Direito	1970,155	1973,00	99,856
	Esquerdo	1975,423	1999,00	98,821

Fonte: Próprio autor

ENSAIO DE ISC E EXPANSÃO

Para determinação do ISC para fins de verificação da camada de base para a rodovia TO-010, tendo em vista que o Número “N” do pavimento é $1,94 \times 10^7$, tem que atender no mínimo valor de 80%. Logo que para esse estudo a rodovia atendeu o referente CBR.

Os valores de a do quadro 10, representa os resultados da expansão, CBR e umidade ótima, os gráficos estão nos apêndices: A6; A9; A13 e A17.

Quadro 10 - Resultados do Ensaio de ISC e expansão

Camadas	Lado	Expansão (%)	CBR (%)	y máx (g/cm ³)	Umidade ótima (%)
Sub-leito	Direito	0,79	29,3	1,883	13,00%
	Esquerdo	0,18	31,60	1,875	13,00%
Sub-base	Direito	0,00	83,50	1,973	11,90%
	Esquerdo	0,09	80,10	1,999	12,00%
Base	Direito	0,00	83,50	1,973	11,90%
	Esquerdo	0,09	80,10	1,999	12,00%

Fonte: Próprio autor

4.3 DIMENSIONAMENTO DO PAVIMENTO

Após a determinação da espessura mínima de 10 cm do revestimento de concreto betuminoso com 10 cm de espessura. Sendo que o número “N” atual calculado foi de $1,94 \times 10^7$. Para o cálculo das camadas do pavimento é utilizado a camada inferior, para o seguinte caso é usado o CBR de sub-base igual 20%, pois pelo método do DNER padroniza quando o CBR da sub-base for superior a 20% para fins de cálculo adotar esse valor.

Os coeficientes de equivalência estrutural dos materiais de cada camada são especificados de acordo com o quadro 3.

- Determinação da espessura de base acrescentada com revestimento

$$Heq = 77,7 * N^{0,0482} * CBR^{-0,598}$$

$$H20 = 77,7 * (1,94 * 10^7)^{0,0482} * 20^{-0,598}$$

$$H20 = 29,09 \text{ cm}$$

Observação: Conforme o método de dimensionamento do DNER, quando o número “N” for superior que 10^7 , deve - se substituir H20, por $1,2 * H20$.

Então:

$$H_{20} = 1,2 * 29,09$$

$$H_{20} = 34,08 \text{ cm.}$$

- Determinação da espessura da camada de base

$$R * K_r + B * K_b \geq H_{20}$$

$$10 * 2 + B * 1 \geq 34,08$$

$$B = 14,08 \text{ cm}$$

Adotar altura da base igual a 15 cm

- Determinação da camada de sub-base somada com base e revestimento

$$H_n = 77,7 * N^{0,0482} * CBR^{-0,598}$$

$$H_n = 77,7 * (1,94 * 10^7)^{0,0482} * 20^{-0,598}$$

$$H_n = 29,08 \text{ cm}$$

- Determinação da espessura da camada de sub-base

$$R * K_r + B * K_b + h_{20} * K_s \geq H_n$$

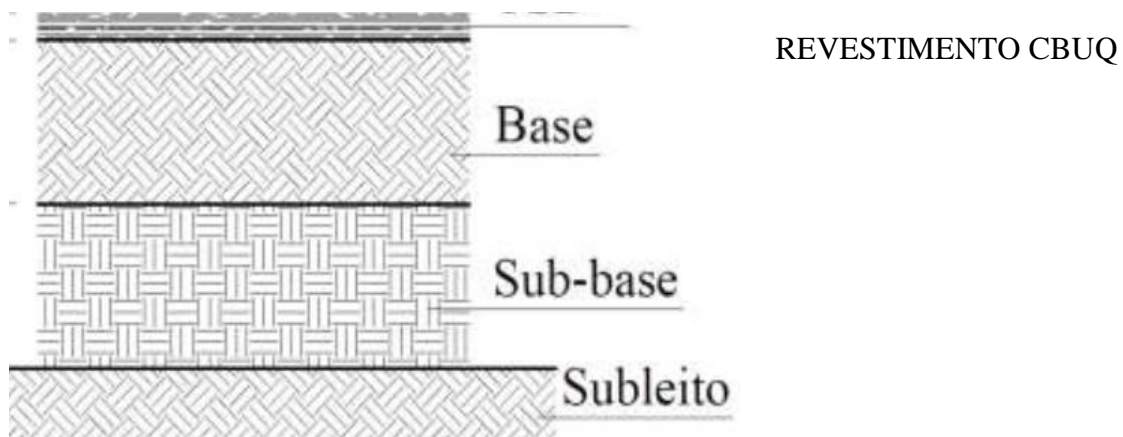
$$10 * 2 + 15 * 1 + h_{20} * 1 \geq 29,08$$

$$H_n = -5,92 \text{ cm}$$

Adotar altura da sub-base igual a 15 cm.

Após essas determinações, a altura de cada camada será representada através do perfil abaixo:

Figura 35 – Perfil das camadas dimensionadas



Fonte: Próprio autor

Espessura do revestimento CBUQ: 10 cm

Espessura da camada de base: 20 cm

Espessura da camada de sub-base: 15 cm

O perfil analisado atende as camadas mínimas de dimensionamento, tanto as camadas granulares, quanto o revestimento.

4.4 LEVANTAMENTO VISUAL CONTÍNUO E ANÁLISE DAS PATOLOGIAS

A contagem do tráfego foi realizada com base no Manual de Estudos de Tráfego do DNI. O levantamento visual contínuo foi executado seguindo a normativa DNIT 008/2003 aplicável em pavimentos flexíveis e semirrígidos, a qual baliza os procedimentos desta avaliação superficial. Já a nomenclatura das principais patologias predominantes em pavimentos da tipologia já citada é estabelecida pela norma DNIT 005/2003 objetivando a padronização das definições empregadas.

O trecho estudado encontra-se de forma geral no estado ótimo de condição de superfície, foi realizado o levantamento visual contínuo para complemento do estudo. Sendo que apresentou resultados de estado da superfície de forma geral bom para todo o pavimento. As manifestações patológicas que apresentou maior frequência foram panelas, remendos, alguns pontos afundamentos e ondulações. Conforme o apêndice B1 e B2.

As figura abaixo mostra manifestação patológica (remendo e desgaste superficial) que foram uma das principais manifestação patológica.

Figura 36 - Remendo



Fonte: Próprio autor

Figura 37 – Desgaste superficial



Fonte: Próprio autor

De posse dos dados, os trechos de estudo foram subdivididos em trechos seguindo a normativa do DNIT 008/2003 – PRO, que estabelece o procedimento para o levantamento visual contínuo para avaliação da superfície de pavimentos flexíveis e semirrígidos, através da qual são estabelecidos o Índice de Condição do Pavimento Flexível (ICPF), o Índice de Gravidade Global Expedito (IGGE) e o Índice do Estado da Superfície (IES). Conforme os apêndices B1, B2 e B3.

A tabela 12 se refere aos conceitos de cada lado da via nos 15 km que foram analisados.

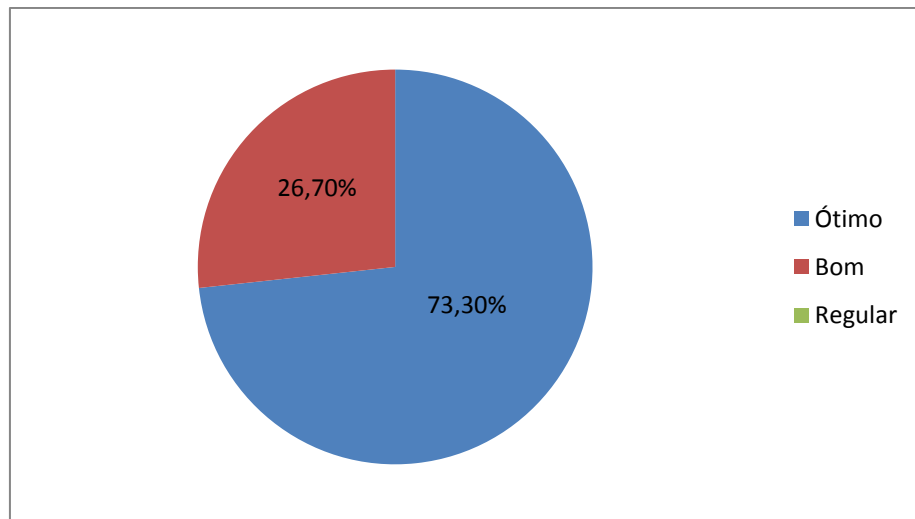
Tabela 12 - Conceitos de cada lado da rodovia

TRECHOS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
KM	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
LADO DIREITO															
ÓTIMO			X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X
BOM	X	X				X									
REGULAR															
RUIM															
PÉSSIMO															
LADO ESQUERDO															
ÓTIMO	X	X		X	X	X	X		X	X		X			X
BOM			X					X			X		X	X	
REGULAR															
RUIM															
PÉSSIMO															

Fonte: Próprio autor

Através dos resultados do LVC o índice do estado da superfície, é mostrado no gráfico abaixo, sendo que os resultados estão nos apêndices B5 e B6.

Figura 38 – Resultado do índice do estado da superfície



Fonte: Próprio autor

Com esses resultados, conforme o procedimento do levantamento visual contínuo para o trecho ótimo que é 73,30% do estudo necessita apenas de conservação rotineira. Já o trecho bom de 26,70% é necessária aplicação de lama asfáltica, pois têm alguns desgastes superficiais, trincas não muitas severas em áreas não muito extensas.

As planilhas do apêndice B5 e B6 mostra o resultado separadamente de cada seguimento estudado e classificação quanto o IGGE e ICPF.

5 CONCLUSÃO

O levantamento visual contínuo em cada seguimento do trecho, assim como a determinação de frequência de defeitos foi realizado e obteve resultados positivos, sendo que a condição atual do estado da superfície se enquadra como bom e ótimo, segundo os dados da Agência Tocantinense de Transporte e Obras (AGETO), foi realizada a última restauração foi realizada no ano de 2012 para todo o trecho e dividindo alguns utilizando as seguintes intervenções: alguns com reparos localizados, reconstrução e micro revestimento com 2 camadas de 1,5 cm. A rodovia é de acesso a várias cidades e apresenta condição boa de rolamento, sendo que necessita de fazer alguns reparos.

A contagem volumétrica automática de veículos foi realizada e fornecida pela (AGETO), sendo que a última foi realizada no ano de 2017, através desse resultado foi capaz de fazer as possíveis verificações para estudo do número “N”, foi adotada uma vida útil de 15 anos e taxa de crescimento de 3% obteve o valor de $1,94 * 10^7$.

O principal objetivo dessa pesquisa foi avaliar se a capacidade de carga do pavimento da rodovia TO-010 atendia a capacidade atual de veículos, sabendo que a rodovia foi projetada no ano de 1989, sendo que foi projetado para período de 10 anos. As determinações e verificações dos ensaios em campo e laboratório de cada camada foram feitos e obteve resultados positivos, a capacidade de carga para cada camada suporta a atual demanda de tráfego para os próximos 15 anos, sendo que ter que ser feito manutenção periódica e corretiva.

Realizar esse tipo de pesquisa é importante para avaliar as condições atuais do pavimento flexível, tanto da estrutura do pavimento quanto para a superfície, pois os resultados ajudam qual tipo de solução ser utilizada em caso de grande desgaste na superfície e ajuda chegar ao fator mais próximo para possível intervenção.

Após serem executados todos os ensaios de laboratório e verificado se o solo de cada camada atendia os fatores mínimos de resistência, foi possível realizar o dimensionamento pelo método do DNER, utilizando a atual demanda de tráfego e os mesmos materiais de carga para as camadas, após ser determinado é concluído que o perfil existente da Rodovia T0-010 suporta a capacidade que transitam na mesma.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 6459:2016. **Solo – Determinação do limite de liquidez** – Rio de Janeiro, 2016. 5p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 7180:1984. **Solo – Determinação do limite de plasticidade** – Rio de Janeiro, 1984. 3p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 7181:1984. **Solo – Análise granulométrica** – Rio de Janeiro, 1984. 13p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 7182:2016. **Solo – Ensaio de compactação** – Rio de Janeiro, 2016, 9p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 7185:1986. **Solo – Determinação da massa específica aparente, “in situ”, com emprego do frasco de areia** – Rio de Janeiro, 1986, 7p.

BALBO, José Tadeu. Pavimentação asfáltica: materiais, projetos e restauração – São Paulo: Oficina de Textos, 2007. 558p.

BERNUCCI, L. B. et al. **Pavimentação Asfáltica**: formação básica para engenheiros. Rio de Janeiro: Petrobrás: ABEDA, 2006. 501p.

CAPUTO, Homero Pinto. **Mecânica dos solos e suas aplicações** – 6ª Ed. Vol. 1 – Rio de Janeiro: LTC, 1988. 234p.

Departamento Nacional de Estradas de Rodagem. **Solos - determinação do Índice de Suporte Califórnia utilizando amostras não trabalhadas**. DNER-ME 049/94. 14p.

Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. - DNIT. **Manual de conservação Rodoviária** – 2ª Ed. - Rio de Janeiro, 2005. 564p.

Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. - DNIT. **Manual de pavimentação** – 3ª Ed. - Rio de Janeiro, 2006a. 274p.

Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. - DNIT. **Manual de estudos de tráfego** - (IPR. Publ., 723) - Rio de Janeiro, 2006b. 384p.

Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. - DNIT. **Defeitos nos pavimentos flexíveis e semi-rígidos Terminologias – Norma 005/2003-TER**. Rio de Janeiro, 2003a. 12p.

NORMA DNIT 008/2003 – PRO. **Levantamento visual contínuo para avaliação da superfície de pavimentos flexíveis e semi – rígidos – procedimento** – Rio de Janeiro, 2003b. 11p.

PINTO, Carlos de Sousa. **Curso básico de mecânica dos solos em 16 aulas** – 3ª Ed. – São Paulo: Oficina de Textos, 2006. 367p.

SENÇO, Wlastermiler de. **Manual de técnicas de pavimentação** - Vol. 1. 2ª Ed. ampl. - São Paulo: Pini, 2007. 761p.

SOUSA, Murillo Lopes de. **Método de projeto de pavimentos flexíveis** - 3ª Ed. – Rio de Janeiro: revista e. atual. IPR., 1981.

APÊNDICE A

Resultados da análise da estrutura do pavimento (ensaios em campo e laboratório)

Planilha A1 – Densidade in situ

ENSAIO DE SOLOS EM CAMPO			
Densidade in situ (NBR 7185)			
Data: 27/03/2018			
Trecho: Rodovia TO-010, Palmas-TO sentido Lajeado - TO			
Estudo: Base Amostra 1: Lado direito / Amostra 2: Lado esquerdo			
DENSIDADE IN SITU - FRASCO DE AREIA			
Especificações	Unidade	Amostra 1	Amostra 2
Massa inicial	g	6000,0	6000,0
Massa Final	g	3345,0	3328,0
Massa do Furo + Funil	g	2655,0	2672,0
Funil	Nº	1,0	2,0
Massa da Areia no Funil	g	535,0	535,0
Massa da areia no furo	g	2120,0	2137,0
Peso específico aparente da areia	g/cm ³	1525,2	1556,4
Volume do furo	cm ³	1390,0	1373,0
Umidade	%	13,2	12,6
Massa do solo úmido	g	3100,0	3054,0
Massa específica aparente seca do solo in situ	g/cm ³	1970,155	1975,423

Planilha A2 – Densidade in situ

ENSAIO DE SOLOS EM CAMPO			
Densidade in situ (NBR 7185)			
Data: 27/03/2018			
Trecho: Rodovia TO-010, Palmas-TO sentido Lajeado - TO			
Estudo: Sub-base Amostra 3: Lado direito / Amostra 4: Lado esquerdo			
DENSIDADE IN SITU - FRASCO DE AREIA			
Especificações	Unidade	Amostra 3	Amostra 4
Massa inicial	g	6000,0	6000,0
Massa Final	g	3000,0	3060,0
Massa do Furo + Funil	g	3000,0	2940,0
Funil	Nº	1,0	2,0
Massa da Areia no Funil	g	535,0	535,0
Massa da areia no furo	g	2465,0	2405,0
Peso específico aparente da areia	g/cm ³	1525,4	1751,6
Volume do furo	cm ³	1616,0	1373,0
Umidade	%	13,2	13,6
Massa do solo úmido	g	3590,0	3054,0
Massa específica aparente seca do solo in situ	g/cm ³	1962,486	1958,034

Planilha A3

ENSAIO DE SOLOS EM CAMPO			
Densidade in situ (NBR 7185)			
Data: 27/03/2018			
Trecho: Rodovia TO-010, Palmas-TO sentido Lajeado - TO			
Estudo: Sub-leito Amostra 5: Lado direito / Amostra 6: Lado esquerdo			
DENSIDADE IN SITU - FRASCO DE AREIA			
Especificações	Unidade	Amostra 5	Amostra 6
Massa inicial	g	6000,0	6000,0
Massa Final	g	3100,0	3115,0
Massa do Furo + Funil	g	2900,0	2885,0
Funil	Nº	1,0	2,0
Massa da Areia no Funil	g	535,0	535,0
Massa da areia no furo	g	2365,0	2357,0
Peso específico aparente da areia	g/cm ³	1524,8	1528,5
Volume do furo	cm ³	1551,0	1542,0
Umidade	%	13,2	13,0
Massa do solo úmido	g	3280,0	3265,0
Massa específica aparente seca do solo in situ	g/cm ³	1868,167	1873,788

Planilha A4

Acadêmico: Evandro Pereira Silva						
Material: Base e Sub Base						
Lado: Esquerdo						
Solo: Cascalho Laterítico						
ANÁLISE GRANULOMÉTRICA NBR 7181						
Peneiramento Grosso						
Amostra Total Úmida	2000					
Solo Seco Retido #10	1157,00					
Solo Úmido Passante # 10	843,00					
Solo Seco Passante #10	818,70					
Amostra Total Seca	1975,70					
Peneiramento Fino						
Peso da amostra úmida (g)	100					
Peso da amostra seca (g)	97,1					
				PENEIRAMENTO GROSSO		
Amostra Total Úmida				(g)	2000,00	
Amostra Total Seca				(g)	1975,70	
Peneira	Diâmetro (mm)	Peso da Amostra Seca (g)		% Passante		
		Retido	Passante			
2"	50,8	0,00	1975,70	100,00		
1 1/2"	38,1	0,00	1975,70	100,00		
1"	25,4	67,00	1908,70	96,61		
3/4"	19,0	220,00	1688,70	85,47		
3/8"	9,5	235,00	1453,70	73,58		
Nº 4	4,8	465,00	988,70	50,04		
Nº 10	2,0	170,00	818,70	41,44		
				PENEIRAMENTO FINO		
Massa Úmida				(g)	100,00	
Massa Seca				(g)	97,10	
RESUMO GRANULOMÉTRICO		Peneira	Diâmetro (mm)	Peso da Amostra Seca (g)		% Passante
				Retido	Passante	
# 10	41,44%	Nº 16	1,19	0,00	97,10	41,44
# 40	33,33%	Nº 30	0,59	0,00	97,10	41,44
#200	16,69%	Nº 40	0,42	19,00	78,10	33,33
IG	0	Nº 50	0,25	0,00	78,10	33,33
HRB	A-1-B	Nº 100	0,15	0,00	78,10	33,33
		Nº 200	0,075	39,00	39,10	16,69

Planilha A5

COMPACTAÇÃO - NBR-7182						Umidade Higroscópica			
Rodovia TO-010 Material de Base e sub-base Lado esquerdo						N° Cápsula		6	1
						C + S + A (g)		66,0	76,0
						C + S (g)		65,0	73,4
						C - Cápsula (g)		12,5	14,8
						A - Água (g)		1,0	2,6
						S - Solo (g)		52,5	58,6
w - Umidade (%)						1,9	4,4		
Umidade Média (%)	8,0	10,0	12,0	14,0	16,0	3,2			
Dados de Compactação dos Corpos de Prova						Material Usado em Cada CP para Homogeneização			
Água Adic. (g)	300	420	540	660	780	M _{úmida} (g) 6000			
% Água Adic. (%)	5,0	7,0	9,0	11,0	13,0				
Umidade Calc. (%)	8,0	10,0	12,0	14,0	16,0	N°	Peso	Volume	
N° do Molde	#	36	13	16	4	#	g	(cm ³)	
M + S + A (g)		8460	8590	9550	8610	11	4170	2094	
M - Molde (g)		4170	4167	4870	4010	12	4167	2075	
S + A (g)		4290	4423	4680	4600	13	4870	2090	
γ úmida (g/cm ³)		2,049	2,132	2,239	2,202	14	4010	2089	
γ seca (g/cm ³)		1,897	1,938	1,999	1,932	15	4150	2098	

Curva de Compactação		
<p>g aparente seca (g/cm³)</p> <p>Umidade (%)</p>	$\gamma_{s,max}$ (g/cm ³)	1,999
	$W_{ótima}$ (%)	12,0
Observações Gerais:		
Visto		

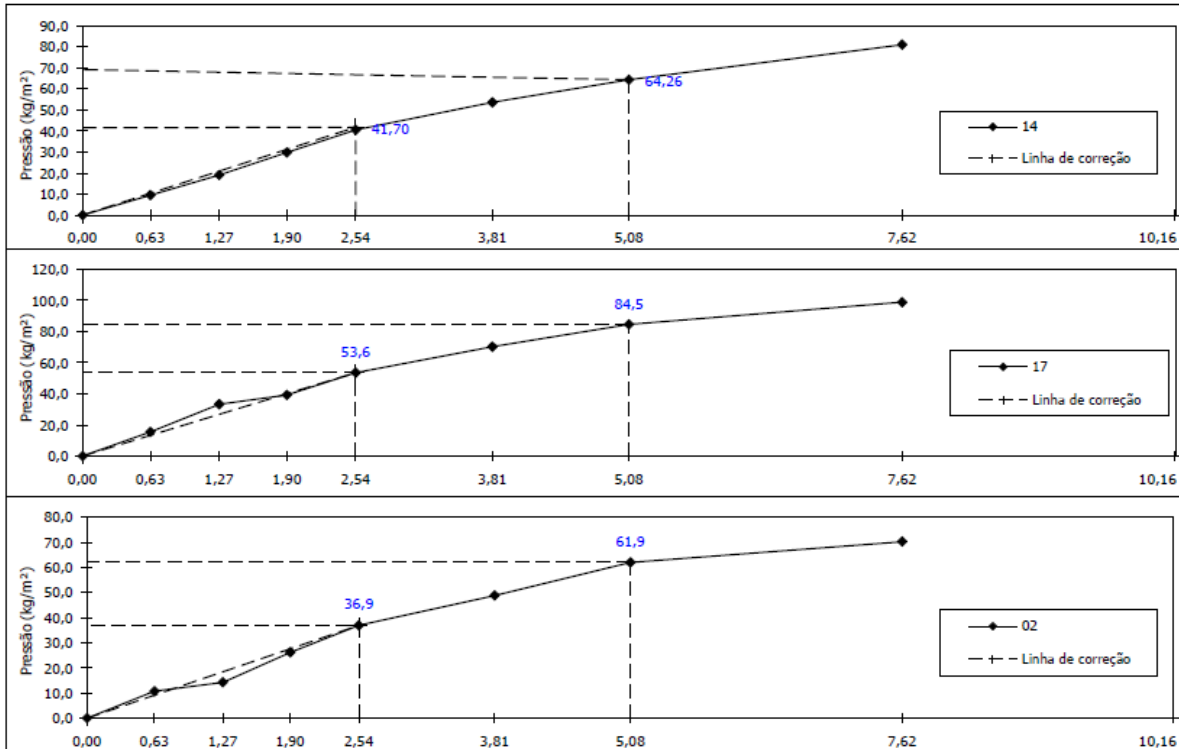
Planilha A6

Acadêmico: Evandro Pereira Silva										
Rodovia TO-010, Palmas-TO sentido Lajeado - TO										
Lado: Esquerdo										
Material: Base e Sub-base										
Solo: Fragmentos de pedras, pedregulho fino e areia										
ÍNDICE DE SUPORTE CALIFÓRNIA										
EXPANSÃO										
Molde (Nº)		14			17			02		
Altura do molde (cm)		11,38			11,38			11,38		
-		-			-			-		
Data		Leitura (mm)			Leitura (mm)			Leitura (mm)		
-		Difer. (mm)			Difer. (mm)			Difer. (mm)		
-		Exp. (%)			Exp. (%)			Exp. (%)		
22/03/2018		1,00			2,00			1,00		
23/03/2018		0,00			0,00			0,00		
24/03/2018		0,00			0,00			0,00		
25/03/2018		0,00			0,05			0,10		
26/03/2018		0,00			0,05			0,10		
Cil.+am. após embebição										
Peso da água absorvida										

Anel dinamométrico
DIN 001
Constante do anel
0,11900
Relógio comparador
EXT 001
Área do pistão (cm²)
19,3221

PENETRAÇÃO															
Tempo		Penetração		Pressão Padrão	Molde 14			Molde 17			Molde 02				
Min.	mm	Pol.	Leitura		Pressão Kg/m²		ISC	Leitura	Pressão Kg/m²		ISC	Leitura	Pressão Kg/m²		
-	-	-	-	-	Calcul.	Corrig.	%	mm	Calcul.	Corrig.	%	mm	Calcul.	Corrig.	%
0,5	0,63	0,025	-	80	9,52			130	15,5			90	10,7		
1,0	1,27	0,050	-	160	19,04			280	33,3			120	14,3		
1,5	1,90	0,075	-	250	29,75			330	39,3			220	26,2		
2,0	2,54	0,100	70,31	340	40,46	40,5	57,5	450	53,6	53,6	76,2	310	36,9	36,9	52,5
3,0	3,81	0,150	-	450	53,55			590	70,2			410	48,8		
4,0	5,08	0,200	105,46	540	64,26	64,3	60,9	710	84,5	84,5	80,1	520	61,9	61,9	58,7
6,0	7,62	0,300	-	680	80,92			830	98,8			590	70,2		
8,0	10,16	0,400	-												
10,0	12,70	0,500	-												

Curvas de Pressão / Penetração do I.S.C



Planilha A7

Acadêmico: Evandro Pereira Silva						
Material: Base e Sub Base						
Lado: Direito						
Solo: Cascalho Laterítico						
ANÁLISE GRANULOMÉTRICA NBR 7181						
Peneiramento Grosso			PENEIRAMENTO GROSSO			
Amostra Total Úmida	2000		Amostra Total Úmida		(g)	2000,00
Solo Seco Retido #10	1164,00		Amostra Total Seca		(g)	1976,90
Solo Úmido Passante # 10	838,00		Peneira	Diâmetro (mm)	Peso da Amostra Seca (g)	
Solo Seco Passante #10	812,90				Retido	Passante
Amostra Total Seca	1976,90					% Passante
Peneiramento Fino			2"	50,8	0,00	1976,90
Peso da amostra úmida (g)	100		1 1/2"	38,1	0,00	1976,90
Peso da amostra seca (g)	98,1		1"	25,4	67,00	1909,90
			3/4"	19,0	220,00	1689,90
			3/8"	9,5	235,00	1454,90
			Nº 4	4,8	465,00	989,90
			Nº 10	2,0	170,00	819,90
			PENEIRAMENTO FINO			
			Massa Úmida		(g)	100,00
			Massa Seca		(g)	98,10
RESUMO GRANULOMÉTRICO			Peneira	Diâmetro (mm)	Peso da Amostra Seca (g)	
					Retido	Passante
# 10	41,47%		Nº 16	1,19	0,00	98,10
# 40	33,44%		Nº 30	0,59	0,00	98,10
#200	16,95%		Nº 40	0,42	19,00	79,10
IG	0		Nº 50	0,25	0,00	79,10
HRB	A-1-B		Nº 100	0,15	0,00	79,10
			Nº 200	0,075	39,00	40,10

Planilha A8

COMPACTAÇÃO - NBR-7182						Umidade Higroscópica			
Rodovia TO-010 Material de Base e sub-base Lado direito						N° Cápsula		6	1
						C + S + A (g)		68,0	75,0
						C + S (g)		66,2	73,5
						C - Cápsula (g)		12,3	15,9
						A - Água (g)		1,8	1,5
						S - Solo (g)		53,9	57,6
w - Umidade (%)						3,3	2,6		
Umidade Média (%)	8,0	10,0	12,0	14,0	16,0	3,0			
Dados de Compactação dos Corpos de Prova						Material Usado em Cada CP para Homogeneização			
Água Adic. (g)	300	420	540	660	780	M _{úmida} (g) 6000			
% Água Adic. (%)	5,0	7,0	9,0	11,0	13,0	N°	Peso	Volume	
Umidade Calc. (%)	8,0	10,0	12,0	14,0	16,0	#	g	(cm ³)	
N° do Molde	#	39	14	17	2	16			
M + S + A (g)	8450	8589	9500	8620	8760	11	4160	2093	
M - Molde (g)	4160	4155	4890	4005	4140	12	4155	2077	
S + A (g)	4290	4434	4610	4615	4620	13	4890	2087	
γ úmida (g/cm ³)	2,050	2,135	2,209	2,209	2,203	14	4005	2089	
γ seca (g/cm ³)	1,898	1,941	1,972	1,938	1,899	15	4140	2097	

Curva de Compactação		$\gamma_{s,max}$ (g/cm ³)	1,972
		$W_{ótima}$ (%)	11,9
		Observações Gerais:	
		Visto	

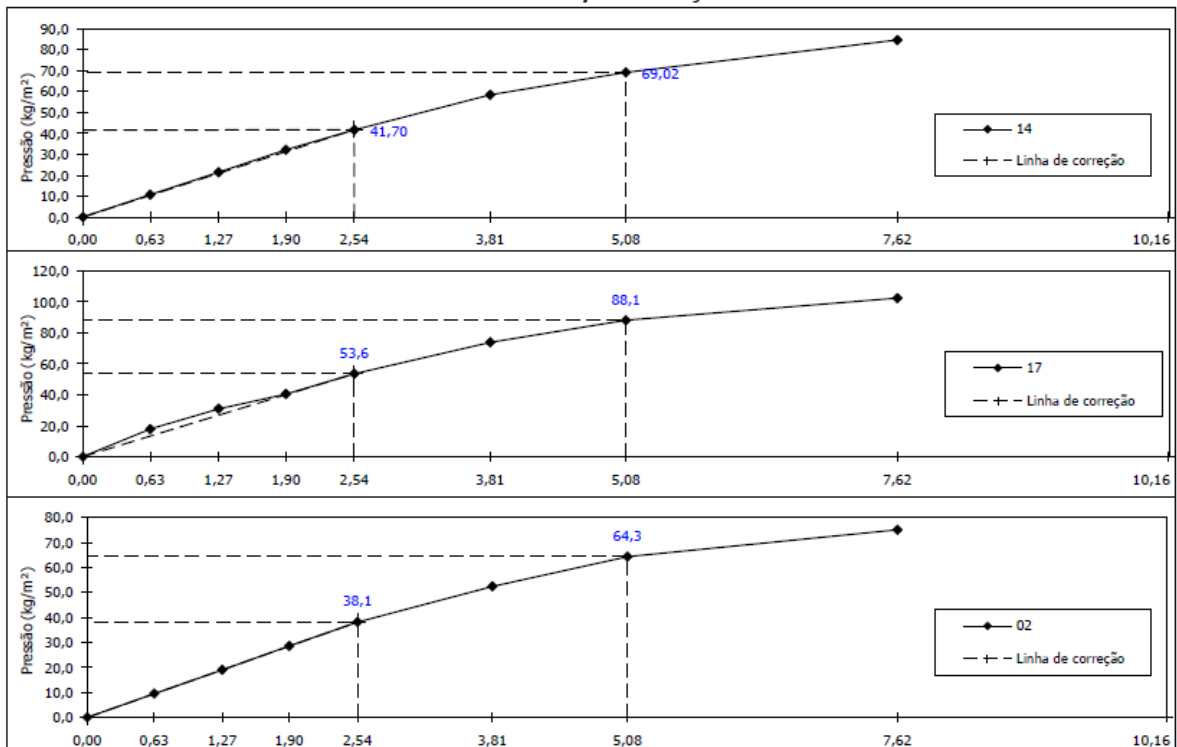
Planilha A9

Acadêmico: Evandro Pereira Silva										
Rodovia TO-010, Palmas-TO sentido Lajeado - TO										
Lado: Direito										
Material: Base e Sub-base										
Solo: Fragmentos de pedras, pedregulho fino e areia										
ÍNDICE DE SUPORTE CALIFÓRNIA										
EXPANSÃO										
Molde (Nº)		14			17			02		
Altura do molde (cm)		11,38			11,38			11,38		
-		Leitura	Difer.	Exp.	Leitura	Difer.	Exp.	Leitura	Difer.	Exp.
Data	Hora	(mm)	(mm)	%	(mm)	(mm)	%	(mm)	(mm)	%
27/09/2004	seg 00:00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00
28/09/2004	ter 00:00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00
29/09/2004	qua 00:00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00
30/09/2004	qui 00:00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00
01/10/2004	sex 00:00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00
Cil.+am. após embebição										
Peso da água absorvida										

Anel dinamométrico
DIN 001
Constante do anel
0,11900
Relógio comparador
EXT 001
Área do pistão (cm²)
19,3221

PENETRAÇÃO																
Tempo	Penetração			Pressão Padrão	Molde 14				Molde 17				Molde 02			
	mm	Pol.			Leitura	Pressão Kg/m²		ISC	Leitura	Pressão Kg/m²		ISC	Leitura	Pressão Kg/m²		ISC
-	-	-	-	-	mm	Calcul.	Corrig.	%	mm	Calcul.	Corrig.	%	mm	Calcul.	Corrig.	%
0,5	0,63	0,025	-	90	10,71				150	17,9			80	9,5		
1,0	1,27	0,050	-	180	21,42				260	30,9			160	19,0		
1,5	1,90	0,075	-	270	32,13				340	40,5			240	28,6		
2,0	2,54	0,100	70,31	350	41,65	41,7	59,2		450	53,6	53,6	76,2	320	38,1	38,1	54,2
3,0	3,81	0,150	-	490	58,31				620	73,8			440	52,4		
4,0	5,08	0,200	105,46	580	69,02	69,0	65,4		740	88,1	88,1	83,5	540	64,3	64,3	60,9
6,0	7,62	0,300	-	710	84,49				860	102,3			630	75,0		
8,0	10,16	0,400	-													
10,0	12,70	0,500	-													

Curvas de Pressão / Penetração do I.S.C



Planilha A10

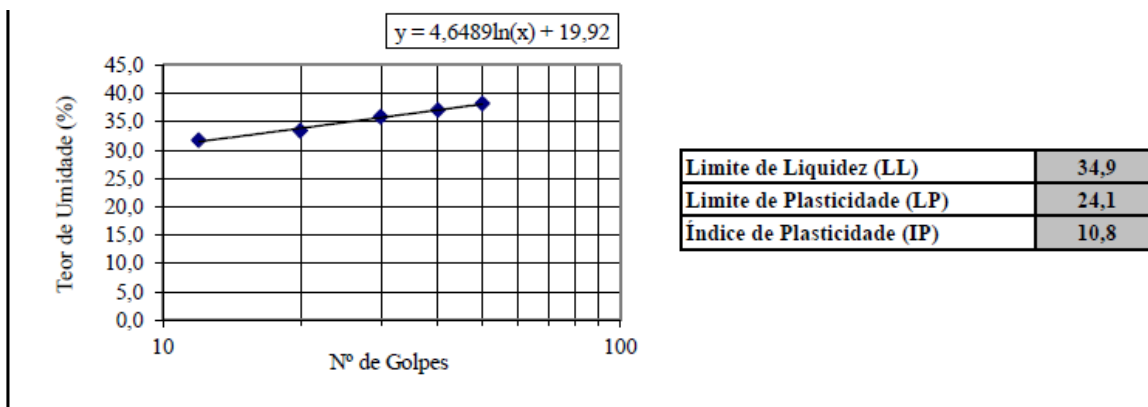
Acadêmico: Evandro Pereira Silva						
Material: Subleito						
Lado: Esquerdo						
Solo: Argila Siltsosa com pedregulho						
ANÁLISE GRANULOMÉTRICA NBR 7181						
Peneiramento Grosso			PENEIRAMENTO GROSSO			
Amostra Total Úmida	2000		Amostra Total Úmida		(g)	2000,00
Solo Seco Retido #10	533,40		Amostra Total Seca		(g)	1923,40
Solo Úmido Passante # 10	1330,30		Peneira	Diâmetro (mm)	Peso da Amostra Seca (g)	
Solo Seco Passante #10	1390,00				Retido	Passante
Amostra Total Seca	1923,40					% Passante
Peneiramento Fino			2"	50,8	0,00	1923,40
Peso da amostra úmida (g)	100		1 1/2"	38,1	0,00	1923,40
Peso da amostra seca (g)	96,8		1"	25,4	0,00	1923,40
			3/4"	19,0	0,00	1923,40
			3/8"	9,5	91,20	1832,20
			Nº 4	4,8	312,00	1520,20
			Nº 10	2,0	349,00	1171,20
			PENEIRAMENTO FINO			
			Massa Úmida		(g)	100,00
			Massa Seca		(g)	96,80
RESUMO GRANULOMÉTRICO			Peneira	Diâmetro (mm)	Peso da Amostra Seca (g)	
					Retido	Passante
# 10	41,44%		Nº 16	1,19	0,00	96,80
# 40	33,33%		Nº 30	0,59	0,00	96,80
#200	16,69%		Nº 40	0,42	46,00	50,80
IG	4		Nº 50	0,25	0,00	50,80
HRB	A-4		Nº 100	0,15	0,00	50,80
LL e IP	34,9% e 10,8%		Nº 200	0,075	21,00	29,80

Planilha A11

Acadêmico: Evandro Pereira Silva
 Rodovia TO-010, Palmas-TO sentido Lajeado - TO
 Lado: Esquerdo
 Material: Subleito

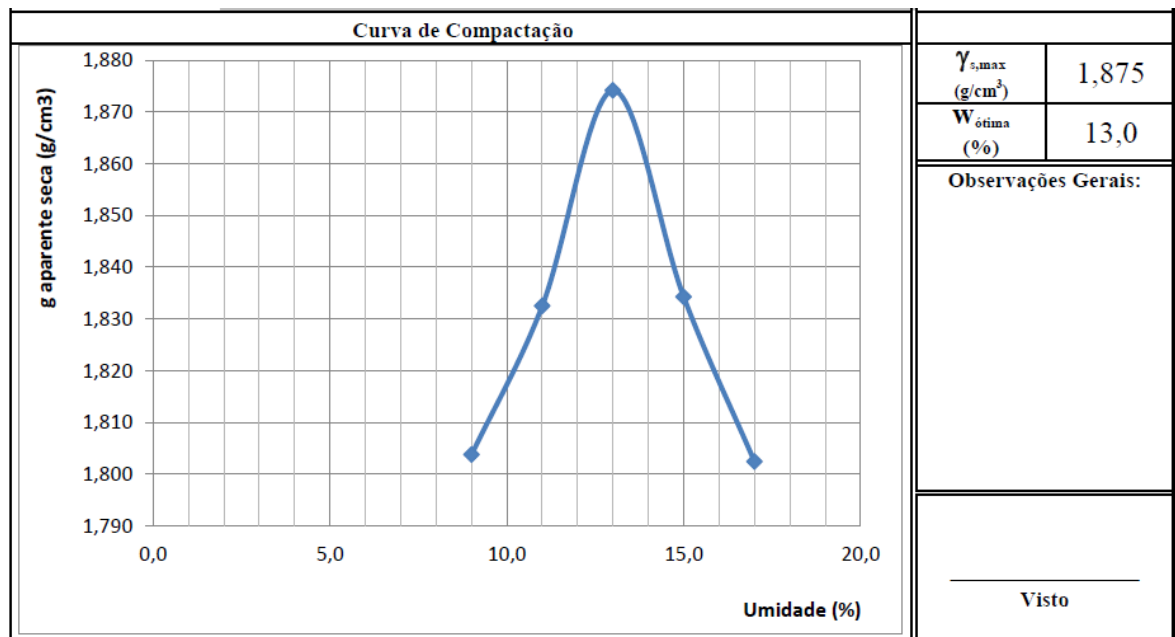
LIMITE DE LIQUIDEZ - NBR-6459						
Determinação	#	1	2	3	4	5
Cápsula	#	1	2	3	4	6
Massa Solo Úmido + Cápsula	(g)	15,50	15,90	16,50	15,47	16,04
Massa Solo Seco + Cápsula	(g)	13,93	14,11	13,49	12,56	13,90
Massa da Cápsula	(g)	8,98	8,75	5,10	4,70	8,30
Massa da Água	(g)	1,57	1,79	3,01	2,91	2,14
Massa Solo Seco	(g)	4,95	5,36	8,39	7,86	5,60
Teor de Umidade	(%)	31,72	33,40	35,88	37,02	38,21
Número de Golpes	#	12	20	30	40	50

LIMITE DE PLASTICIDADE - NBR-7180						
Determinação	#	1	2	3	4	5
Cápsula	#	7	5	12	14	13
Massa Solo Úmido + Cápsula	(g)	10,90	11,20	10,39	11,00	10,90
Massa Solo Seco + Cápsula	(g)	9,94	10,64	9,52	9,84	10,35
Massa da Cápsula	(g)	5,97	8,33	5,97	4,84	8,07
Massa da Água	(g)	0,96	0,56	0,87	1,16	0,55
Massa Solo Seco	(g)	3,97	2,31	3,55	5,00	2,28
Teor de Umidade	(%)	24,18	24,24	24,51	23,20	24,12
Pontos Aproveitado		SIM	SIM	SIM	SIM	SIM



Planilha A12

COMPACTAÇÃO - NBR-7182						Umidade Higroscópica			
Rodovia TO-010 Material de subleito Lado esquerdo						N° Cápsula	#	2	6
						C + S + A	(g)	89,0	90,9
						C + S	(g)	87,0	89,0
						C - Cápsula	(g)	16,2	12,3
						A - Água	(g)	2,0	1,9
						S - Solo	C	70,8	76,7
w - Umidade (%)						2,8	2,5		
Umidade Média (%)	9,0	11,0	13,0	15,0	17,0	2,7			
Dados de Compactação dos Corpos de Prova						Material Usado em Cada CP para Homogeneização			
Água Adic. (g)	380	500	620	740	860	M _{úmida} (g) 6000			
% Água Adic. (%)	6,3	8,3	10,3	12,3	14,3				
Umidade Calc. (%)	9,0	11,0	13,0	15,0	17,0	N°	Peso	Volume	
N° do Molde	#	15	11	6	10	#	g	(cm ³)	
M + S + A	(g)	8300	8330	8300	8400	8535	11	4185	2093
M - Molde	(g)	4185	4095	3950	4080	4155	12	4095	2082
S + A	(g)	4115	4235	4350	4320	4380	13	3950	2054
γ úmida (g/cm ³)	1,966	2,034	2,118	2,109	2,109	14	4080	2048	
γ seca (g/cm ³)	1,804	1,833	1,874	1,834	1,802	15	4155	2077	



Planilha A13

Acadêmico: Evandro Pereira Silva
 Rodovia TO-010, Palmas-TO sentido Lajeado - TO
 Lado: Esquerdo
 Material: Subleito
 Solo: Fragmentos de pedras, pedregulho fino e areia

ÍNDICE DE SUPORTE CALIFÓRNIA

EXPANSÃO										
Molde (Nº)	14			17			02			
Altura do molde (cm)	11,38			11,38			11,38			
-	Leitura	Difer.	Exp.	Leitura	Difer.	Exp.	Leitura	Difer.	Exp.	
Data	Hora	(mm)	(mm)	%	(mm)	(mm)	%	(mm)	(mm)	%
22/03/2018	qui 00:00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00
23/03/2018	sex 00:00	1,15	0,15	0,13	1,27	0,27	0,24	1,28	0,28	0,25
24/03/2018	sáb 00:00	1,43	0,43	0,38	1,39	0,39	0,34	1,44	0,44	0,39
25/03/2018	dom 00:00	1,58	0,58	0,51	1,49	0,49	0,43	1,60	0,60	0,53
26/03/2018	seg 00:00	1,70	0,70	0,62	1,90	0,90	0,79	1,88	0,88	0,77
Cil.+am. após embebição										
Peso da água absorvida										

Anel dinamométrico
DIN 001

Constante do anel
0,11900

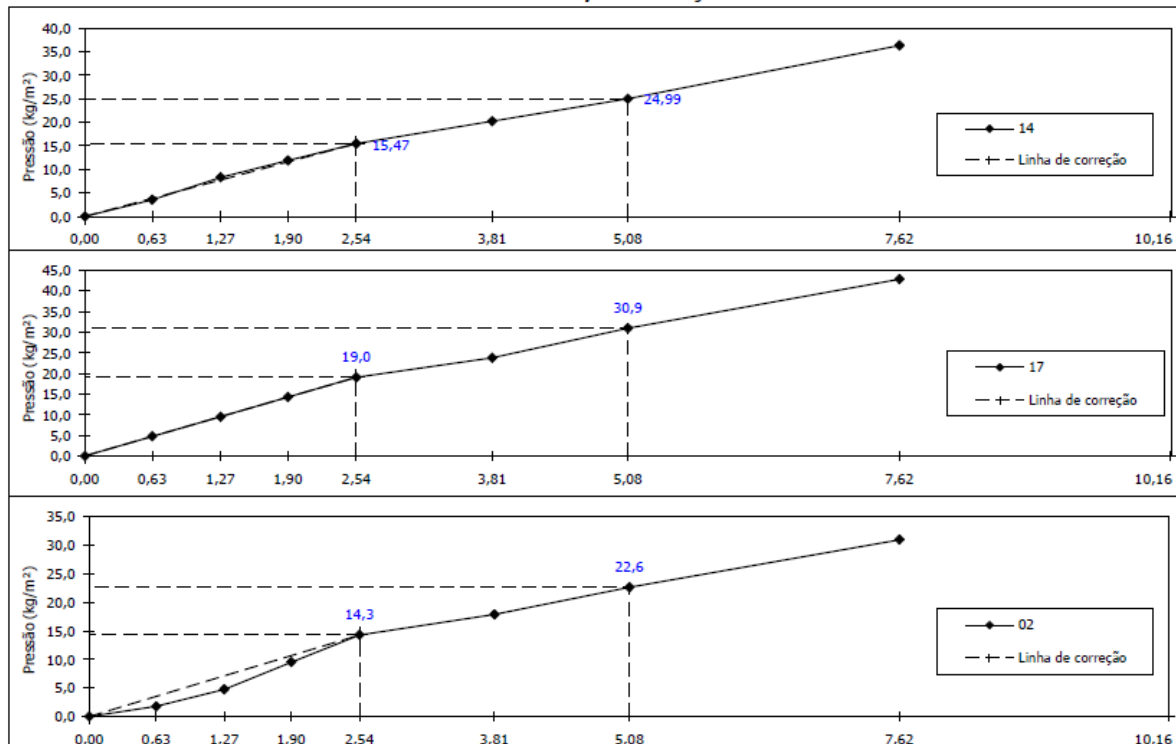
Relógio comparador
EXT 001

Área do pistão (cm²)
19,3221

PENETRAÇÃO

Tempo Min.	Penetração		Pressão Padrão	Molde 14			Molde 17			Molde 02					
	mm	Pol.		Leitura mm	Pressão Kg/m² Calcul.	ISC Corrig.	%	Leitura mm	Pressão Kg/m² Calcul.	ISC Corrig.	%	Leitura mm	Pressão Kg/m² Calcul.	ISC Corrig.	%
0,5	0,63	0,025	-	30	3,57			40	4,8			15	1,8		
1,0	1,27	0,050	-	70	8,33			80	9,5			40	4,8		
1,5	1,90	0,075	-	100	11,90			120	14,3			80	9,5		
2,0	2,54	0,100	70,31	130	15,47	15,5	22,0	160	19,0	19,0	27,1	120	14,3	14,3	20,3
3,0	3,81	0,150	-	170	20,23			200	23,8			150	17,9		
4,0	5,08	0,200	105,46	210	24,99	25,0	23,7	260	30,9	30,9	29,3	190	22,6	22,6	21,4
6,0	7,62	0,300	-	305	36,30			360	42,8			260	30,9		
8,0	10,16	0,400	-												
10,0	12,70	0,500	-												

Curvas de Pressão / Penetração do I.S.C



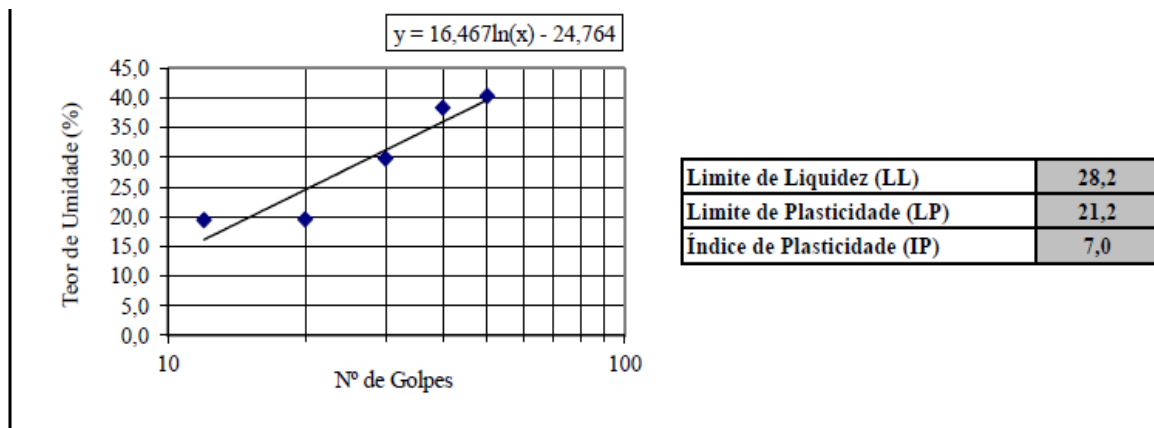
Planilha A14

Acadêmico: Evandro Pereira Silva							
Material: Subleito							
Lado: Direito							
Solo: Argila Siltosa com pedregulho							
ANÁLISE GRANULOMÉTRICA NBR 7181							
Peneiramento Grosso			PENEIRAMENTO GROSSO				
Amostra Total Úmida	2000		Amostra Total Úmida		(g)	2000,00	
Solo Seco Retido #10	510,30		Amostra Total Seca		(g)	1921,20	
Solo Úmido Passante # 10	1398,00		Peneira	Diâmetro (mm)	Peso da Amostra Seca (g)		% Passante
Solo Seco Passante #10	1410,90				Retido	Passante	
Amostra Total Seca	1921,20		2"	50,8	0,00	1921,20	100,00
			1 1/2"	38,1	0,00	1921,20	100,00
			1"	25,4	0,00	1921,20	100,00
			3/4"	19,0	0,00	1921,20	100,00
			3/8"	9,5	82,60	1838,60	95,70
			Nº 4	4,8	315,10	1523,50	79,30
			Nº 10	2,0	318,90	1204,60	62,70
			PENEIRAMENTO FINO				
			Massa Úmida		(g)	100,00	
			Massa Seca		(g)	97,40	
RESUMO GRANULOMÉTRICO			Peneira	Diâmetro (mm)	Peso da Amostra Seca (g)		% Passante
					Retido	Passante	
# 10	62,70%		Nº 16	1,19	0,00	97,40	62,70
# 40	34,44%		Nº 30	0,59	0,00	97,40	62,70
#200	22,02%		Nº 40	0,42	43,90	53,50	34,44
IG	4		Nº 50	0,25	0,00	53,50	34,44
HRB	A-4		Nº 100	0,15	0,00	53,50	34,44
LL e IP	28,2% e 7,0%		Nº 200	0,075	19,30	34,20	22,02

Planilha A15

Acadêmico: Evandro Pereira Silva
 Rodovia TO-010, Palmas-TO sentido Lajeado - TO
 Lado: Direito
 Material: Subleito

LIMITE DE LIQUIDEZ - NBR-6459						
Determinação	#	1	2	3	4	5
Cápsula	#	1	2	3	4	6
Massa Solo Úmido + Cápsula	(g)	14,80	14,95	16,05	15,12	15,90
Massa Solo Seco + Cápsula	(g)	13,80	13,90	13,49	12,12	13,60
Massa da Cápsula	(g)	8,67	8,54	4,90	4,30	7,90
Massa da Água	(g)	1,00	1,05	2,56	3,00	2,30
Massa Solo Seco	(g)	5,13	5,36	8,59	7,82	5,70
Teor de Umidade	(%)	19,49	19,59	29,80	38,36	40,35
Número de Golpes	#	12	20	30	40	50
LIMITE DE PLASTICIDADE - NBR-7180						
Determinação	#	1	2	3	4	5
Cápsula	#	7	5	12	14	13
Massa Solo Úmido + Cápsula	(g)	10,78	11,11	10,49	10,88	10,78
Massa Solo Seco + Cápsula	(g)	9,89	10,65	9,58	9,84	10,31
Massa da Cápsula	(g)	5,78	8,54	5,87	4,90	7,99
Massa da Água	(g)	0,89	0,46	0,91	1,04	0,47
Massa Solo Seco	(g)	4,11	2,11	3,71	4,94	2,32
Teor de Umidade	(%)	21,65	21,80	24,53	21,05	20,26
Pontos Aproveitados		SIM	SIM	NÃO	SIM	SIM



Planilha A16

COMPACTAÇÃO - NBR-7182						Umidade Higroscópica								
Rodovia TO-010 Material de subleito Lado direito						N° Cápsula		1	3					
						C + S + A (g)		90,0	90,7					
						C + S (g)		88,0	87,7					
						C - Cápsula (g)		2,0	1,8					
						A - Água (g)		2,0	3,0					
						S - Solo (g)		86,0	85,9					
w - Umidade (%)						2,3	3,5							
Umidade Média (%)						9,0	11,0	13,0	15,0	17,0	2,9			
Dados de Compactação dos Corpos de Prova						Material Usado em Cada CP para Homogeneização								
Agua Adic. (g)						380	500	620	740	860	M _{úmida} (g)		6000	
% Agua Adic. (%)						6,3	8,3	10,3	12,3	14,3	N°			
Umidade Calc. (%)						9,0	11,0	13,0	15,0	17,0	Peso		Volume	
N° do Molde #						15	11	6	10	14	#		g	(cm ³)
M + S + A (g)						8250	8310	8300	8370	8525	11		4190	2093
M - Molde (g)						4190	4085	3930	4075	4145	12		4085	2082
S + A (g)						4060	4225	4370	4295	4380	13		3930	2054
γ úmida (g/cm ³)						1,940	2,029	2,128	2,097	2,109	14		4075	2048
γ seca (g/cm ³)						1,780	1,828	1,883	1,824	1,802	15		4145	2077

Curva de Compactação		
<p>g aparente seca (g/cm³)</p> <p>Umidade (%)</p>	γ _{s,max} (g/cm ³)	1,883
	W _{ótima} (%)	13,0
Observações Gerais:		
Visto		

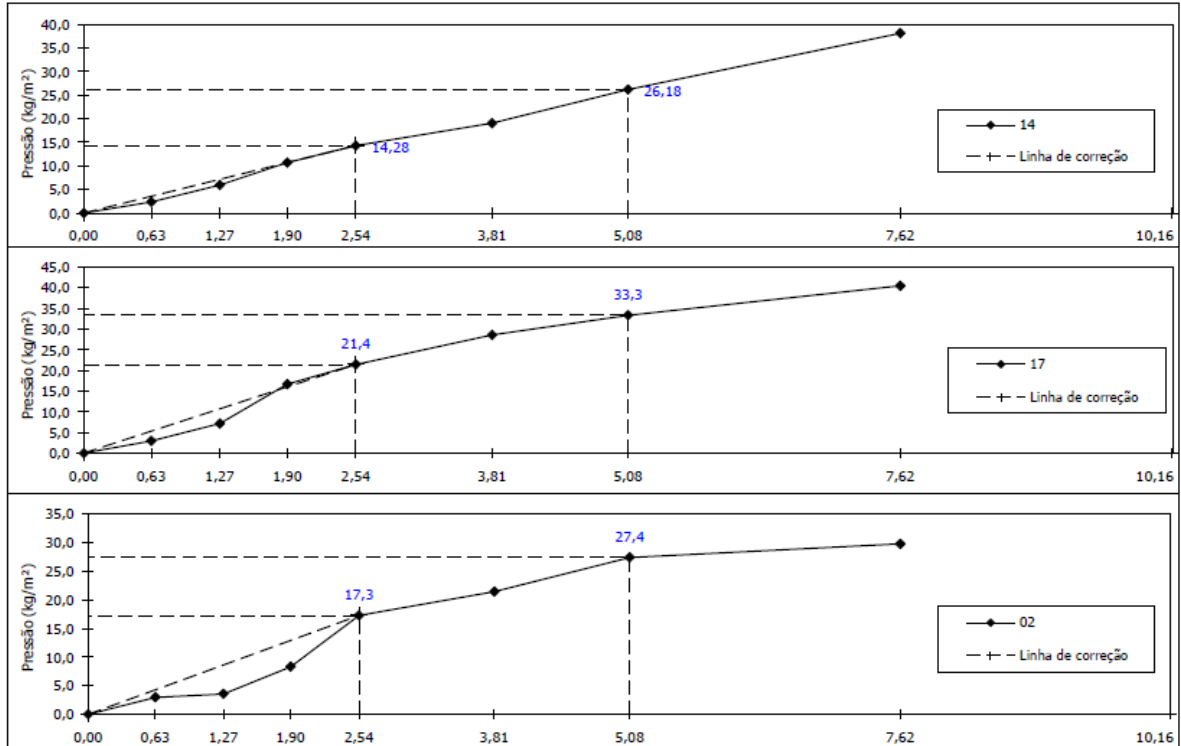
Planilha A17

Acadêmico: Evandro Pereira Silva										
Rodovia TO-010, Palmas-TO sentido Lajeado - TO										
Lado: Direito										
Material: Subleito										
Solo: Fragmentos de pedras, pedregulho fino e areia										
ÍNDICE DE SUPORTE CALIFÓRNIA										
EXPANSÃO										
Molde (Nº)		14			17			02		
Altura do molde (cm)		11,38			11,38			11,38		
-		-			-			-		
-		Leitura	Difer.	Exp.	Leitura	Difer.	Exp.	Leitura	Difer.	Exp.
Data		(mm)	(mm)	%	(mm)	(mm)	%	(mm)	(mm)	%
22/03/2018	qui	00:00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00
23/03/2018	sex	00:00	1,15	0,15	0,13	1,20	0,20	0,18	1,00	0,00
24/03/2018	sáb	00:00	1,15	0,15	0,13	1,20	0,20	0,18	1,00	0,00
25/03/2018	dom	00:00	1,15	0,15	0,13	1,20	0,20	0,18	1,15	0,15
26/03/2018	seg	00:00	1,15	0,15	0,13	1,20	0,20	0,18	1,15	0,15
Cil.+am. após embebição										
Peso da água absorvida										

Anel dinamométrico
DIN 001
Constante do anel
0,11900
Relógio comparador
EXT 001
Área do pistão (cm²)
19,3221

PENETRAÇÃO																
Tempo	Penetração			Pressão Padrão	Molde 14				Molde 17				Molde 02			
	mm	Pol.			Leitura	Pressão Kg/m²		ISC	Leitura	Pressão Kg/m²		ISC	Leitura	Pressão Kg/m²		ISC
Min.				mm	Calcul.	Corrig.	%	mm	Calcul.	Corrig.	%	mm	Calcul.	Corrig.	%	
-	-	-	-	-												
0,5	0,63	0,025	-	20	2,38			25	3,0			25	3,0			
1,0	1,27	0,050	-	50	5,95			60	7,1			30	3,6			
1,5	1,90	0,075	-	90	10,71			140	16,7			70	8,3			
2,0	2,54	0,100	70,31	120	14,28	14,3	20,3	180	21,4	21,4	30,5	145	17,3	17,3	24,5	
3,0	3,81	0,150	-	160	19,04			240	28,6			180	21,4			
4,0	5,08	0,200	105,46	220	26,18	26,2	24,8	280	33,3	33,3	31,6	230	27,4	27,4	26,0	
6,0	7,62	0,300	-	320	38,08			340	40,5			250	29,8			
8,0	10,16	0,400	-													
10,0	12,70	0,500	-													

Curvas de Pressão / Penetração do I.S.C



APÊNDICE B
(Resultados do Levantamento Visual Contínuo)

Planilha B1

Trecho: Palmas - TO sentido Lajeado - TO										Distância estudada: 15 km				
Rodovia TO- 010														
Início: Saída de Palmas														
VMD: 781,94														
Largura da faixa: 3,5 m														
Largura acostamento: 1,3 m														
Lajeado - TO sentido Palmas - TO (Lado Direito)														
FORMULÁRIO PARA LEVANTAMENTO VISUAL CONTINUO														
SEGMENTO			FREQUÊNCIA DE DEFEITOS (A, M, B, OU S)											ICPF
Nº DO SEG	ODÔMETRO/KM		Ext (km)	P	TRINCAS			R	DEFORMAÇÕES		OUTROS DEFEITOS			
	INICIO	FIM			TR	TJ	TB		AF	O	D	EX	E	
1	51151	51152	1	M	S	S	B	S	S	S	S	S	S	3
2	51152	51153	1	A	S	S	S	S	S	S	S	S	S	3
3	51153	51154	1	M	S	S	B	A	S	S	S	S	S	4
4	51154	51155	1	M	S	S	S	A	S	S	S	S	S	4
5	51155	51156	1	M	S	B	S	S	B	B	S	S	B	4
6	51156	51157	1	A	S	S	S	S	B	S	B	M	S	3
7	51157	51158	1	M	S	S	S	A	S	S	S	S	S	5
8	51158	51159	1	B	S	S	S	B	S	S	S	S	S	5
9	51159	51160	1	B	S	S	S	B	B	S	B	S	S	4
10	51160	51161	1	S	B	S	S	S	B	B	A	B	S	4
11	51161	51162	1	S	S	S	S	S	M	S	S	S	B	5
12	51162	51163	1	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	5
13	51163	51164	1	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	5
14	51164	51165	1	M	B	S	S	A	S	S	S	S	S	5
15	51165	51166	1	A	S	S	S	A	A	A	S	S	S	4

Planilha B2

Trecho: Palmas - TO sentido Lajeado - TO										Distância estudada: 15 km				
Rodovia TO- 010														
Início: Saída de Palmas														
VMD: 781,94														
Largura da faixa: 3,5 m														
Largura acostamento: 1,3 m														
Determinação do lado esquerdo da pista														
FORMULÁRIO PARA LEVANTAMENTO VISUAL CONTINUO														
SEGMENTO			FREQUÊNCIA DE DEFEITOS (A, M, B, OU S)											ICPF
Nº DO SEG	ODÔMETRO/KM		Ext (km)	P	TRINCAS			R	DEFORMAÇÕES		OUTROS DEFEITOS			
	INICIO	FIM			TR	TJ	TB		AF	O	D	EX	E	
15.1	51166	51167	1	M	S	S	S	A	A	S	S	S	S	4
14.1	51167	51168	2	B	S	S	B	S	S	S	S	S	S	3
13.1	51168	51169	3	A	S	S	S	S	S	S	S	S	S	5
12.1	51169	51170	4	S	S	B	S	S	S	S	S	S	S	4
11.1	51170	51171	5	B	S	S	S	S	S	B	B	S	S	3
10.1	51171	51172	6	S	S	B	S	S	S	S	S	S	M	4
9.1	51172	51173	7	S	S	S	S	S	S	S	M	S	S	4
8.1	51173	51174	8	S	S	S	B	S	S	S	S	B	M	2
7.1	51174	51175	9	S	S	B	S	S	S	B	S	S	S	4
6.1	51175	51176	10	M	B	S	S	A	S	A	S	S	S	4
5.1	51176	51177	11	A	S	S	S	A	S	S	S	S	B	5
4.1	51177	51178	12	S	S	S	S	B	S	S	M	B	B	4
3.1	51178	51179	13	M	S	S	S	M	S	B	S	B	S	3
2.1	51179	51180	14	M	S	S	S	M	S	S	S	S	S	4
1.1	51180	51143	15	S	S	S	S	S	S	S	S	B	S	5

Planilha B3

Trecho: Palmas - TO sentido Lajeado - TO											Distância estudada: 15 km		
Rodovia TO- 010													
Início: Saída de Palmas													
VMD: 781,94													
Largura da faixa: 3,5 m													
Largura acostamento: 1,3 m													
Determinação do lado direito da pista													
IDETERMINAÇÃO DO ÍNDICE DE GRAVIDADE GLOBAL EXPEDITO													
Segmento				Trincas			Deformações			Panela + Remendo			IGGE = (Ft x Pt) + (Foap x Poap) + (fpr + Ppr)
Nº do Seg.	Km Início	Km Final	Ext (km)	Ft %	Pt	Ft x Pt	Foap %	Poap	Foap x Poap	Fpr nº	Ppr	Fpr x Ppr	
1	0	1	1	4	0	1,2	0,0	0,0	0	3	0,8	2,4	3,60
2	1	2	1	0	0	0	0,0	0,0	0	7	1	7	7,00
3	2	3	1	3	0	0,9	0,0	0,0	0	11	1	11	11,90
4	3	4	1	0	0	0	0,0	0,0	0	8	1	8	8,00
5	4	5	1	3	0	0,9	4,0	0,6	2,4	16	1	16	19,30
6	5	6	1	0	0	0	4,0	0,6	2,4	4	0,8	3,2	5,60
7	6	7	1	4	0	1,2	0,0	0,0	0	9	1	9	10,20
8	7	8	1	7	0	2,1	0,0	0,0	0	4	0,8	3,2	5,30
9	8	9	1	4	0	1,2	5,0	0,6	3	3	0,8	2,4	6,60
10	9	10	1	0	0	0	4,0	0,6	2,4	0	0	0	2,40
11	10	11	1	0	0	0	0,0	0,0	0	0	0	0	0,00
12	11	12	1	0	0	0	0,0	0,0	0	0	0	0	0,00
13	12	13	1	0	0	0	0,0	0,0	0	0	0	0	0,00
14	13	14	1	6	0	1,8	8,0	0,6	4,8	11	1	11	17,60
15	14	15	1	0	0	0	8,0	0,6	4,8	9	1	9	13,80

Planilha B4

Trecho: Palmas - TO sentido Lajeado - TO													Distância estudada: 15 km	
Rodovia TO- 010														
Início: Saída de Palmas														
VMD: 781,94														
Largura da faixa: 3,5 m														
Largura acostamento: 1,3 m														
Determinação do lado esquerdo da pista (voltando)														
IDETERMINAÇÃO DO ÍNDICE DE GRAVIDADE GLOBAL EXPEDITO														
Segmento				Trincas			Deformações			Panela + Remendo			IGGE = (Ft x Pt) + (Foap x Poap) + (fpr + Ppr)	
Nº do Seg.	Km Início	Km Final	Ext (km)	Ft %	Pt	Ft x Pt	Foap %	Poap	Foap x Poap	Fpr nº	Ppr	Fpr x Ppr		
1	15	14	1	4	0	1,2	5,0	0,6	3,0	9	1	9,0	13,2	
2	14	13	1	0	0	0	0,0	0,0	0,0	3	0,8	2,4	2,4	
3	13	12	1	3	0	0,9	0,0	0,0	0,0	16	1	16,0	16,9	
4	12	11	1	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0	0	0,0	0,0	
5	11	10	1	0	0	0	5,0	0,6	3,0	1	0,7	0,7	3,7	
6	10	9	1	3	0	0,9	0,0	0,0	0,0	0	0	0,0	0,9	
7	9	8	1	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0	0	0,0	0,0	
8	8	7	1	4	0	1,2	0,0	0,0	0,0	5	1	5,0	6,2	
9	7	6	1	6	0	1,8	3,0	0,6	1,8	7	1	7,0	10,6	
10	6	5	1	0	0	0	3,0	0,6	1,8	2	0,7	1,4	3,2	
11	5	4	1	0	0	0	0,0	0,0	0,0	17	1	17,0	17,0	
12	4	3	1	0	0	0	0,0	0,0	0,0	2	0,7	1,4	1,4	
13	3	2	1	0	0	0	5,0	0,6	3,0	5	0,8	4,0	7,0	
14	2	1	1	6	0	1,8	0,0	0,0	0,0	4	0,8	3,2	5,0	
15	1	0	1	5	0	1,5	0,0	0,0	0,0	0	0	0,0	1,5	

Planilha B5

Trecho: Palmas - TO sentido Lajeado - TO								
Rodovia TO- 010								
Início: Saída de Palmas								
Lado direito Lado esquerdo VMD: 781,94 Largura da faixa: 3,5 m Largura acostamento: 1,3 m								
Resumo dos resultados								
Segmento				Resultados				
Nº do Seg.	Km Início	Km Final	Ext (km)	ICPF	IGGE	IES		
						Valor	Cód	Conceito
1	0	1	1	3	3,60	1	B	BOM
2	1	2	1	3	7,00	1	B	BOM
3	2	3	1	4	11,90	0	A	ÓTIMO
4	3	4	1	4	8,00	0	A	ÓTIMO
5	4	5	1	4	19,30	0	A	ÓTIMO
6	5	6	1	3	5,60	1	B	BOM
7	6	7	1	5	10,20	0	A	ÓTIMO
8	7	8	1	5	5,30	0	A	ÓTIMO
9	8	9	1	4	6,60	0	A	ÓTIMO
10	9	10	1	4	2,40	0	A	ÓTIMO
11	10	11	1	5	0,00	0	A	ÓTIMO
12	11	12	1	5	0,00	0	A	ÓTIMO
13	12	13	1	5	0,00	0	A	ÓTIMO
14	13	14	1	5	17,60	0	A	ÓTIMO
15	14	15	1	4	13,80	0	A	ÓTIMO

Planilha B6

Trecho: Palmas - TO sentido Lajeado - TO								
Rodovia TO- 010								
Início: Saída de Palmas								
Lado esquerdo VMD: 781,94 Largura da faixa: 3,5 m Largura acostamento: 1,3 m								
Resumo dos resultados (voltando)								
Segmento				Resultados				
Nº do Seg.	Km Início	Km Final	Ext (km)	ICPF	IGGE	IES		
						Valor	Cód	Conceito
1	15	14	1	4	13,20	0	A	ÓTIMO
2	14	13	1	3	2,40	1	B	BOM
3	13	12	1	5	16,90	1	B	BOM
4	12	11	1	4	0,00	0	A	ÓTIMO
5	11	10	1	3	3,70	1	B	BOM
6	10	9	1	4	0,90	0	A	ÓTIMO
7	9	8	1	4	0,00	0	A	ÓTIMO
8	8	7	1	2	6,20	1	B	BOM
9	7	5	1	4	10,60	0	A	ÓTIMO
10	6	4	1	4	3,20	0	A	ÓTIMO
11	5	3	1	5	17,00	0	A	ÓTIMO
12	4	2	1	4	1,40	0	A	ÓTIMO
13	3	1	1	3	7,00	1	B	BOM
14	2	0	1	4	5,00	0	A	ÓTIMO
15	1	0	1	5	1,50	0	A	ÓTIMO

ANEXOS

ANEXO A

Formulário para o levantamento visual contínuo

MT																Folha			
DNIT																de			
Código PNV Trecho do PNV		Ext. PNV _____		Ext. EXEC _____		UNIT _____		N° PISTA/LADO _____		MÊS/ANO _____									
		Largura da Pista: _____																	
		Largura do Acostamento: _____																	
		Início _____										MR N° _____							
Fim _____										VMD _____		MR N° _____							
SEGMENTO				FREQÜÊNCIA DE DEFEITOS (A, M, B, ou S)										INF.COMPLEMENTARES		OBSERVAÇÕES			
N° DO SEG	ODÔMETRO/KM		Ext	P	TRINCAS			R	DEFOR-MAÇÕES		OUTROS DEFEITOS			REV	ESP			IDADE	
	INÍCIO	FIM			TR	TJ	TB		AF	O	D	EX	E					ORIG	REST
P – Painela	AF – Afundamento		D – Desgaste do Pavimento				REST – Idade da última restauração				Avaliadores _____ _____								
TR – Trinca Isolada	O – Ondulações		EX – Exsudação				REV – Tipo de Revestimento												
TJ – Trinca Couro de Jacaré	E – Escorregamento do revestimento betuminoso		R – Remendo				ESP – Espessura do Revestimento												
TB – Trinca em Bloco	ICPF – Índice de Condições		MR – Marco Rodoviário				ORIG – Idade do Pav. Original												

Fonte: DNIT, 2003a (adaptado)

ANEXO B

Cálculo do IGGE

MT DNIT		PAVIMENTOS FLEXÍVEIS E SEMI-RÍGIDOS IGGE - ÍNDICE DE GRAVIDADE GLOBAL EXPEDITO (CÁLCULO)											Folha _____ de _____	
Código PNV _____		Ext. PNV _____		UNIT _____		N° PISTA/LADO _____			MÊS/ANO _____					
Largura da Pista: _____														
Largura do Acostamento: _____														
Trecho do PNV		Início _____						MR N° _____						
		Fim _____						VMD _____ MR N° _____						
SEGMENTO				TRINCAS			DEFORMAÇÕES			PANELA + REMENDO			(F _t x P _t) +	
N° do Seg	Km Início	Km Fim	Extensão	F _t %	P _t	F _t x P _t	F _{oap} %	P _{oap}	F _{oap} x P _{oap}	F _{pr} n°	P _{pr}	F _{pr} x P _{pr}	(F _{oap} x P _{oap}) +	
													(F _{pr} x P _{pr}) =	IGGE

FONTE: DNIT, 2003a (adaptado)

ANEXO C

Quadro resumo

MT DNIT	PAVIMENTOS FLEXÍVEIS E SEMI-RÍGIDOS							Folha	
	RESULTADOS DO LEVANTAMENTO VISUAL CONTÍNUO							de	
Código PNV _____		Ext. PNV _____		UNIT _____		Nº PISTALADO _____		MÊS/ANO _____	
		Início _____						MR Nº _____	
Trecho do PNV		Fim _____		VMD _____				MR Nº _____	
Nº do Seg	SEGMENTO			RESULTADOS					OBSERVAÇÕES
	Km Início	Km Fim	Extensão	ICPF	IGGE	IES			
						Valor	Cód.	Conceito	

ICPF - Índice de Condição de Pavimentos Flexíveis

IGGE - Índice de Gravidade Global Expedito

IES - Índice do Estado da Superfície

Fonte: DNIT, 2003a (adaptado)

