



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

Ronnielli Istéfani Souza Silva

ANÁLISE DO DIMENSIONAMENTO DO PAVIMENTO ASFÁLTICO DA
RODOVIA TO-080, (ENTRE A ROTATÓRIA DA AV. NS-15 E INÍCIO DA
TRAVESSIA DO LAGO DA UHE - LAJEADO).

Palmas – TO

2017

Ronnielli Istéfani Souza Silva

ANÁLISE DO DIMENSIONAMENTO DO PAVIMENTO ASFÁLTICO DA
RODOVIA TO-080, (ENTRE A ROTATÓRIA DA AV. NS-15 E INÍCIO DA
TRAVESSIA DO LAGO DA UHE - LAJEADO).

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

2017

Ronnielli Istéfani Souza Silva

ANÁLISE DO DIMENSIONAMENTO DO PAVIMENTO ASFÁLTICO DA
RODOVIA TO-080, (ENTRE A ROTATÓRIA DA AV. NS-15 E INÍCIO DA
TRAVESSIA DO LAGO DA UHE - LAJEADO).

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. Dra. Elizabeth Hernández Zubeldía
Avaliador
Centro Universitário Luterano de Palmas – CEULP

Prof. M.Sc. Edivaldo Alves dos Santos
Avaliador
Centro Universitário Luterano de Palmas – CEULP

Palmas – TO

2017

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por ter sempre me dado forças para jamais desistir diante das dificuldades.

Aos meus pais Valdeci e Sônia, por sempre estarem me apoiando e por não medirem esforços para que eu buscasse a realização dos meus sonhos.

Aos meus irmãos Joicielli e Sávlis Gabriel que sempre estiveram presentes durante toda a caminhada, se alegrando com cada conquista minha.

Ao meu esposo Getúlio Júnior por sempre me dar forças diante das dificuldades e por estar presente ao meu lado nos momentos em que tanto precisei.

A todos os professores que contribuíram para a minha formação ao longo destes cinco anos, em especial ao professor e orientador Euzir Pinto Chagas, pelo auxílio durante a realização deste trabalho.

Aos meus amigos e colegas da Secretaria Municipal de Segurança e Mobilidade Urbana, que sempre me apoiaram e compreenderam minhas ausências quando necessário ao longo desta trajetória.

Aos amigos e colegas de curso que foram presença marcante durante a caminhada, que serão para sempre lembrados com muito carinho e admiração.

A todos os órgãos e empresas particulares que forneceram informações e dados de suma importância, proporcionando assim a conclusão deste estudo.

E finalmente, a todos que de forma direta ou indireta, contribuíram para a minha formação, a vocês fica o meu sincero muito obrigada.

“Tudo o que um sonho precisa para ser realizado é
alguém que acredite que ele possa ser realizado”.

Roberto Shinyashiki

RESUMO

SILVA, Ronnielli Istéfani Souza. **Análise do dimensionamento do pavimento asfáltico da rodovia TO-080, (entre a rotatória da av. NS-15 e início da travessia do lago da UHE – Lajeado).** 2017. 110 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel) – Curso de Engenharia Civil, Centro Universitário Luterano de Palmas, Palmas/TO, 2017.

No presente trabalho desenvolve-se uma análise da estrutura do pavimento do trecho da rodovia TO - 080 entre as cidades de Palmas e Porto Nacional. Pretende-se demonstrar que o pavimento existente não consegue suportar a solicitação de cargas dos veículos que ali trafegam principalmente após a instalação da Plataforma Multimodal localizada em Luzimangues, deteriorando o revestimento e conseqüentemente as camadas inferiores. Para isto, o trabalho está constituído em três etapas. A primeira é formada por uma pesquisa bibliográfica que embasa todo o estudo, através das normas estabelecidas pelo DNIT que referenciam os procedimentos de cálculo e execução dos pavimentos no Brasil, determinando os ensaios que devem ser realizados e os resultados esperados. Na segunda etapa foram realizados os ensaios para determinação de índices físicos e mecânicos das amostras colhidas e o Índice de suporte Califórnia nos dois segmentos do trecho que tem extensão de 530 m, posteriormente foi realizado a contagem volumétrica do tráfego atual que possibilitou o cálculo do VMD e do número "N" atual e sua projeção para 15 anos, o que possibilitou o Dimensionamento do pavimento pelo Método do DNER. A terceira etapa é a conclusão do estudo através das análises dos resultados, determinando que o projeto adotado suporta a solicitação da via, onde foi determinado que através do número "N", que a estrutura da via, atende a demanda de tráfego.

Palavras-chaves: Dimensionamento de pavimento, número "N", Índice de Suporte Califórnia, Método do DNER.

ABSTRACT

SILVA, Ronnielli Istéfani Souza. **Analysis of the asphaltic pavement design of the to-080 highway (between the NS-15 road roundabout and the beginning of the crossing of the UHE-Lajeado lake)**. 2017. 110 f. Course Completion Work (Bachelor) - Civil Engineering Course, University Center Luterano de Palmas, Palmas / TO, 2017.

In the present work an analysis of the pavement structure of the stretch of the TO-080 highway between the cities of Palmas and Porto Nacional is developed. It is intended to demonstrate that the existing pavement can not withstand the load demand of the vehicles that mainly travel there after the installation of the Multimodal Platform located in Luzimangues, deteriorating the coating and consequently the lower layers. For this, the work is constituted in three stages. The first one is formed by a bibliographical research that bases the whole study, through the norms established by the DNIT that refer to the procedures of calculation and execution of pavements in Brazil, determining the tests that must be performed and the expected results. In the second stage, the tests were carried out to determine the physical and mechanical indices of the samples collected and the support index California in the two segments of the stretch that has an extension of 530 m, after which the volumetric counting of the current traffic was performed, which enabled the calculation of the VMD and the current "N" number and its projection for 15 years, which made possible the Sizing of the pavement by the DNER Method. The third step is the conclusion of the study through the analysis of the results, determining that the project adopted supports the request of the route, where it was determined that through the number "N", that the structure of the road, meets the traffic demand.

Keywords: Floor sizing, "N" number, California Support Index, DNER Method.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Trajeto I – Decreto 1.205.	19
Figura 2: Mapa da futura implantação do Anel Viário de Palmas.	19
Figura 3: Trecho de análise.	20
Figura 4: Estrutura do pavimento - tipo.	23
Figura 5: Distribuição da carga em Pavimentos Rígido e Flexível.	25
Figura 6: Terminologia das bases e sub-bases flexíveis e semirrígidas.	25
Figura 7: Terminologia dos revestimentos flexíveis.	27
Figura 8: Estados limites de consistência do solo.	30
Figura 9: Curva de distribuição granulométrica do solo.	34
Figura 10: Graduações do solo segundo a curva granulométrica.	34
Figura 11: Superfície circular de contato.	39
Figura 12: Esquema de pressão aplicada no subleito.	40
Figura 13: Determinação da espessura do pavimento.	47
Figura 14: Dimensionamento das camadas.	48
Figura 15: Trecho estudado e locais das coletas.	50
Figura 16: Revestimento do trecho estudado	51
Figura 17: Processo de retirada do material de estudo	51
Figura 18: Pavimento tipo do Trecho estudado.	52
Figura 19: Ensaio de Densidade "in situ".	53
Figura 20: Peneiramento manual.	54
Figura 21: Pesagem do material retido nas peneiras.	54
Figura 22: Ensaio de limite de liquidez	55
Figura 23: Ensaio de limite de plasticidade.	56
Figura 24: Amostra seca e saturada.	57
Figura 25: Compactação.	57
Figura 26: Ensaio de ISC.	58
Figura 27: Pavimento tipo, pelo método DNER.	64
Figura 28: Pavimento tipo do Trecho estudado.	65
Figura 29: Curva de compactação material da base e sub-base.	68
Figura 30: Curva de compactação material do subleito.	69

Figura 31: Curva CBR do material de base e sub-base.	70
Figura 32: Curva CBR do material de subleito.	70

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Valores tabelados do denominador para diversos valores de “n”.	31
Tabela 2: Classificação dos solos em função do IP.	32
Tabela 3: Classificação dos solos – TRB.	36
Tabela 4: Cargas máximas legais no Brasil.	43
Tabela 5: Fatores de equivalência de carga da AASHTO.	44
Tabela 6: Fatores de equivalência de carga da USACE.	44
Tabela 7: Coeficiente de equivalência estrutural “K”.	45
Tabela 8: Espessura mínima de revestimento betuminoso.	46
Tabela 9: Métodos manuais de contagem de tráfego.	59
Tabela 10: Planilha extraídos do OCR.	60
Tabela 11: Dados da contagem volumétrica.	60
Tabela 12: Número "N".	61
Tabela 13: Resumo do ensaio de Densidade "in situ".	66
Tabela 14: Características físicas e mecânicas do solo.	67
Tabela 15: Resultado da compactação proctor do solo.	69
Tabela 16: Resultados CBR e Expansão.	71

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação: 1 - Limite de Liquidez	31
Equação: 2 - Índice de Plasticidade	32
Equação: 3 - Índice de Grupo	38
Equação: 4 - Determinação do número	41
Equação: 5 - Volume médio diário	41
Equação: 6 - Fator de equivalência por eixo	44
Equação: 7 - Determinação da espessura de base.....	48
Equação: 8 - Determinação da espessura de sub-base.....	48
Equação: 9 - Determinação da espessura de reforço subleito	48
Equação: 10 - Índice de Suporte Califórnia	58
Equação: 11 - Determinação das camadas H20, Hn e Hm.....	60

LISTA DE ABREVIATURAS

AASHTO	American Association of State Highway and Transportation Officials
CBR	California Bearing Rating
CCP	Concreto de Cimento Portland
CNT	Confederação Nacional de Transporte
CONTRAN	Conselho Nacional de Trânsito
DNER	Departamento Nacional de Estradas e Rodagem
DNIT	Departamento nacional de infraestrutura de transporte
FC	Fator carga
FE	Fator eixo
FV	Fator veículo
IG	Índice de grupo
ISC	Índice de Suporte Califórnia
LC	Limite de contração
LL	Limite de liquidez
LP	Limite de plasticidade
OCR	Reconhecimento Óptico de Caractéres
PSI	Perda de serventia
SEINF	Secretaria da Infraestrutura, Habitação e Serviços Públicos
TRB	Transportation Research Board
TSD	Tratamento superficial duplo
TSS	Tratamento superficial simples
TST	Tratamento superficial triplo
UHE	Usina hidrelétrica de energia
USACE	United States Army Corps of Engineers
USC	Sistema Unificado de Classificação
VMD	Volume médio diário

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	15
1.1 Problema	16
1.2 Hipótese	16
1.3 Objetivos	17
1.3.1 <i>Objetivo Geral</i>	17
1.3.2 <i>Objetivo Específico</i>	17
1.4 JUSTIFICATIVA	18
2 REFERENCIAL TEÓRICO	21
2.1 Conceito de pavimento	21
2.1.1 <i>Classificação dos pavimentos</i>	22
2.1.2 <i>Camadas estruturais do pavimento</i>	22
2.1.3 <i>Pavimentos flexíveis</i>	24
2.2 Caracterização do solo	29
2.2.1 <i>Determinação da massa aparente “in situ”</i>	29
2.2.2 <i>Limites de consistência</i>	30
2.2.3 <i>Análise granulométrica</i>	33
2.2.4 <i>Ensaio de compactação</i>	34
2.2.5 <i>Índice de Suporte Califórnia - ISC</i>	35
2.2.6 <i>Classificação dos solos</i>	36
2.2.7 <i>Índice de Grupo – IG</i>	38
2.3 Dimensionamento de pavimento	39
2.3.1 <i>Determinação do número “N”</i>	41
2.3.2 <i>Dimensionamento através do método DNER</i>	45
3 METODOLOGIA	49
3.1 Definição do trecho estudado	49
3.2 Estrutura do pavimento	50
3.2.1 <i>Coleta das amostras</i>	50
3.3 Ensaio de densidade “in situ”	52
3.4 Ensaios laboratoriais	53
3.4.1 <i>Análise granulométrica</i>	54
3.4.2 <i>Limite de liquidez</i>	55
3.4.3 <i>Limite de plasticidade</i>	55
3.4.4 <i>Ensaio de compactação</i>	56
3.4.5 <i>Índice de suporte Califórnia</i>	57

3.5 Estudo do tráfego para determinação do número “n”	58
3.6 Dimensionamento do pavimento, pelo método do dner	62
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	65
4.1 Estrutura do pavimento da rodovia no trecho estudado	65
4.2 Resultados das amostras ensaiadas	65
5 CONCLUSÕES	75
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	77
ANEXO A	80
ANEXO B	86
APÊNDICE A: OFÍCIOS DE SOLICITAÇÃO E AUTORIZAÇÃO PARA RETIRADA DO MATERIAL NO TRECHO ESTUDADO	88
APÊNDICE B: ENSAIO DE DENSIDADE “IN SITU”	94
APÊNDICE C: INDÍCES FÍSICOS - GRANULOMETRIA	97
APÊNDICE D: ENSAIO DE COMPACTAÇÃO, ISC E EXPANSÃO	102

1 INTRODUÇÃO

Os meios de transporte são fundamentais à sociedade, pois são de extrema importância para que ocorra o desenvolvimento socioeconômico de uma região, através de mobilidade e acessibilidade a todas as partes de um território.

Em vista disto, os esforços oriundos do tráfego são distribuídos na pavimentação e impactam na estrutura, que é constituída de múltiplas camadas, sendo que o revestimento é a camada que se destina a receber a carga dos veículos e mais diretamente a ação climática. (BERNUCCI, et al., 2008)

A Rodovia TO-080, denominada por Neuton José de Moraes, é classificada como arterial, liga a capital Palmas ao município de Caseara, passando por 6 (seis) municípios, com aproximadamente 250 km de extensão, a rodovia exposta sofreu nos últimos anos um crescente aumento da demanda de veículos de carga, decorrente da instalação de grandes empresas no parque industrial de Porto Nacional, destacando a empresa Beneficiadora de Grãos Oleaginosos – Granol entre outras, que operam em transbordo com a Plataforma Multimodal da Ferrovia Norte Sul.

Considerando que este trecho fora projetado e executado no ano da criação da capital do Estado de Tocantins, bem como, a hipótese de não ter sido previsto no dimensionamento do pavimento, o aumento do tráfego em virtude do escoamento na plataforma ora citada, acredita-se que sua estrutura não suportará, resultando em patologias e a necessidade de intervenção.

Partindo dessa premissa, este trabalho tem por finalidade comprovar através do estudo de caso da Rodovia TO-080, no trecho Palmas/Porto Nacional (entre a Rotatória da Avenida NS-15 e o início da travessia do lago, pista duplicada, com extensão de 530 metros), as condições estruturais do pavimento, bem como analisar se o dimensionamento do projeto condiz ao tráfego solicitado.

1.1 Problema

A Rodovia TO-080 no trecho Palmas - Porto Nacional sofreu um considerável aumento de demanda de veículos de carga nos últimos anos, principalmente com a implantação do polo industrial na cidade de Porto Nacional, ressaltando a empresa Beneficiadora de Grãos Oleaginosos – Granol, que fazem o escoamento na Plataforma Multimodal da Ferrovia Norte Sul, localizada no distrito de Luzimangues. O que fazer para verificar se a estrutura do pavimento existente suportará a demanda de tráfego?

1.2 Hipótese

Considerando a via estudada, observa-se que é bem provável que a sua estrutura (base e sub-base), não suportará a demanda de veículos de carga que transportará grãos da região de Porto Nacional, Santa Rosa e Brejinho de Nazaré para a Plataforma Multimodal da Ferrovia Norte-Sul.

Estas cargas solicitadas no pavimento deformarão a estrutura existente, resultando em patologias, principalmente no período de escoamento da safra, visto que a estrutura foi projetada há 28 anos, para uma realidade não condizente com a atual.

Este estudo apresentará as condições atuais do pavimento e se necessário à intervenção para que o mesmo suporte o tráfego futuro.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo Geral

O presente trabalho tem como objetivo analisar a estrutura do pavimento asfáltico no trecho da Rodovia TO-80 entre a rotatória da Av. NS-15 e o início da travessia do Lago da UHE Lajeado, que faz a ligação dos municípios de Palmas a Porto Nacional.

1.3.2 Objetivo Específico

- Conhecer a estrutura do pavimento desta rodovia;
- Elaborar ensaios de caracterização do solo;
- Analisar o estudo de tráfego, verificando se atende à demanda de fluxo de veículos e carga solicitada no pavimento;
- Realizar o dimensionamento do pavimento pelo método DNER.

1.4 Justificativa

O transporte de carga no Brasil é intensamente dependente do modal rodoviário e o mau estado de conservação do pavimento em rodovias, impacta diretamente no custo operacional dos veículos, tanto com gastos com combustível, pneus e manutenções, bem como, nos preços de mercadorias e fretes.

Segundo a 20ª pesquisa da Confederação Nacional de Transporte (CNT), realizada em 2016, revela que 79,8% das rodovias avaliadas no Tocantins apresentam algum tipo de deficiência e foram avaliadas como regulares, ruins ou péssimas. A pesquisa avalia um investimento de R\$1,68 bilhões para a reconstrução, a restauração e a manutenção dos trechos danificados.

A TO-080 é uma importante Rodovia arterial que liga a capital Palmas ao município de Caseara, e nos últimos anos sofreu um crescente aumento da demanda de veículos de carga, decorrente da instalação de grandes empresas no Parque Industrial de Porto Nacional, entre elas destaca-se a Granol, a Bunge Alimentos e a Brasil Ecodiesel, que operam em transbordo com a Plataforma Multimodal da Ferrovia Norte Sul.

Considerando as condições estruturais da Ponte de Porto Nacional, que desde 2011, encontra-se interditada para veículos transportadores de carga superior a 30 toneladas, e até então seria a rota ideal para este transbordo, estes utilizam o acesso por Palmas, trafegando pela TO-080, por ser a opção mais econômica. De acordo com a Secretaria da Infraestrutura, Habitação e Serviços Públicos – SEINF fora aprovada a contratação de operação de crédito para a construção de uma nova ponte, a ponte atual tem extensão de 900 metros e a nova construção terá 1.488 metros.

Em virtude deste acesso a capital, a Prefeitura Municipal de Palmas, instituiu o decreto Nº 1.205, que regulamenta o trânsito de veículos de carga no município de Palmas, estabelecendo que os veículos de carga em trânsito devam circular no Município nos horários das 9h00 às 11h00 e das 22h00 às 06h00, no trecho de estudo, foi definido como trajeto I, como chegada pela rodovia TO-050 até a rodovia TO-080 conforme demonstrado na figura 1.

Figura 1: Trajeto I – Decreto 1.205.

DECRETA:

Art. 1º É regulamentado, no âmbito do município de Palmas, a circulação de veículos de carga em trânsito, que transportam mercadorias com destino final a outras localidades.

Art. 2º Para os fins deste Decreto, fica estabelecido que os veículos de carga em trânsito poderão circular no Município nos horários das 9h00 às 11h00 e das 22h00 às 06h00, nos trajetos a seguir definidos:

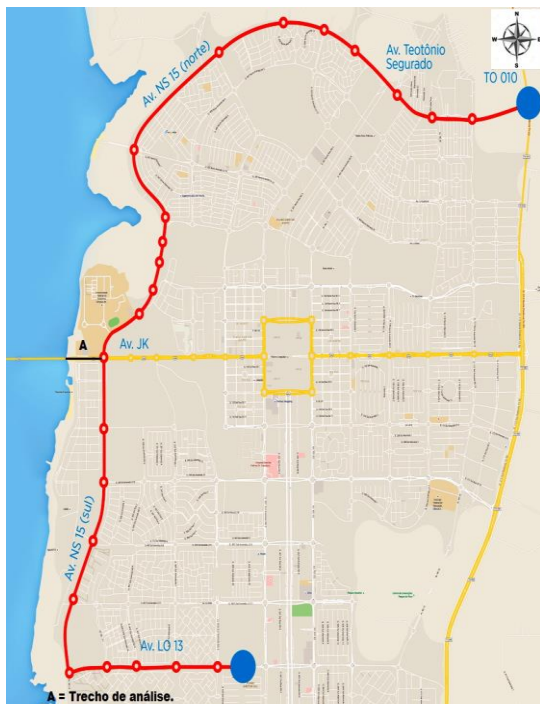
I - com chegada pela rodovia TO - 050 até a rodovia TO - 080, nas vias e seus respectivos acessos:

- a) Rodovia TO - 050;
- b) Avenida LO - 12 (entre a Rodovia TO - 010 e a Avenida NS - 10);
- c) Avenida NS - 10 (entre a Avenida LO -12 e a Avenida LO - 16);
- d) Avenida LO - 16 (entre a Avenida NS - 10 e a Avenida Teotônio Segurado);
- e) Avenida Teotônio Segurado (entre a Avenida LO - 16 e a Avenida NS -15);
- f) Avenida NS - 15 (entre a Avenida Teotônio Segurado e a Avenida LO - 8);
- g) Avenida LO - 8 (entre a Avenida NS - 15 e a Avenida NS - 3);
- h) Avenida NS - 3 (entre a Avenida NS - 15 e a Avenida JK);
- i) Avenida JK (entre a Avenida NS - 3 e a Ponte Presidente Fernando Henrique Cardoso);
- j) Ponte Presidente Fernando Henrique Cardoso (entre a Avenida JK e a Rodovia TO - 080);
- k) Rodovia TO - 080 a seguir;

Fonte: Diário oficial da Prefeitura Municipal de Palmas.

Uma outra alternativa para o desvio do tráfego das vias urbanas da capital, é a obra do Anel Viário de Palmas, que está em andamento, têm como finalidade interligar quadras das regiões norte e sul de Palmas, e as rodovias TO-010, TO-050 e TO-080, ilustrado no mapa da figura 2.

Figura 2: Mapa da futura implantação do Anel Viário de Palmas.



Fonte: Secretaria da Infraestrutura, Habitação e Serviços Públicos – SEINF.

Para tal estudo foi definido o trecho Palmas/Porto Nacional, (entre a Rotatória da Avenida NS-15 e o início da travessia do Lago, pista duplicada, com extensão de 530 metros), tendo em vista que mesmo após a implantação do Anel Viário em Palmas, esse trecho continuará sendo utilizado para o transbordo na Plataforma Multimodal da Ferrovia Norte Sul, conforme figura 3.

O que motiva a realização deste trabalho é a relevância em analisar se o aumento do tráfego de caminhões de carga comprometerá a estrutura do pavimento e quais as intervenções necessárias para que seja evitado.

Figura 3: Trecho de análise.



Fonte: Autor, 2017.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Desde o homem pré-histórico, onde vivia de forma nômade, durante sua busca diária pela sobrevivência, procurava deixar caminho entre sua moradia e os locais onde caçava, pescava e colhia frutos, já existia necessidade de melhorar esses caminhos, de modo a facilitar o transporte.

Segundo Senço (2007, p.3), “quando o homem montou o animal, deu um passo adiante dessa evolução, conseguindo maior rendimento das viagens à custa obviamente, de melhorias que teve que introduzir nos caminhos.” A partir dessas melhorias, à medida que as viagens se tornavam mais frequentes, necessitava que os caminhos fossem permissíveis de acessibilidade durante todo o ano.

A solução adotada foi revestir o leito, garantindo a ele estabilidade, mesmo nas épocas chuvosas. Esse revestimento construído sobre o leito pode então variar tanto na espessura das camadas quanto nos materiais a serem empregados na estrutura, decorrente das solicitações submetidas. Desse modo, existe atualmente um grande número de métodos para o dimensionamento da estrutura de pavimentos.

Um dos primeiros métodos de dimensionamento de pavimentos foi criado pelo engenheiro O.J.Porter, diretor da divisão de Materiais do Califórnia Highway Department, na década de 30. O método CBR leva em consideração a capacidade de suporte do subleito, determinada pelo ensaio de Índice de Suporte Califórnia (ISC) e a intensidade de tráfego para certo espaço de tempo determinado (SENÇO, 2007).

2.1 Conceito de pavimento

De acordo com as definições da ABNT NBR 7207/82 e de Senço (2007), pavimento é uma estrutura de várias camadas e espessuras, construída sobre a terraplanagem, destinada a resistir esforços verticais oriundos do tráfego, ocasionar aos usuários melhoria nas condições de rolamento, no que se refere ao conforto e segurança e suportar os esforços horizontais de modo a aumentar a durabilidade.

Pavimento de uma rodovia, é constituída por uma camada de espessuras finitas, que são assentes sobre um semi-espaço, considerado teoricamente infinito a infraestrutura ou terreno de fundação, denominado subleito (DNIT, 2006a).

2.1.1 Classificação dos pavimentos

O comportamento estrutural depende da espessura de cada uma das camadas, da rigidez destas e do subleito. A engenharia rodoviária subdivide as estruturas segundo a rigidez do conjunto, tem-se as estruturas rígidas e as flexíveis (BERNUCCI et al., 2008).

Para o DNIT (2006a, p.99) de forma geral os pavimentos podem ser classificados em flexíveis, semirrígidos e rígidos:

Flexível: são aqueles que todas as camadas sofrem deformações elásticas oriundas do carregamento aplicado, sendo que essa carga se distribui em parcelas aproximadamente equivalentes em todas as camadas.

Semirrígido: são caracterizados por uma base cimentada, por algum aglutinante com propriedades cimentícias.

Rígido: são aqueles que o revestimento apresenta elevada rigidez em relação às demais camadas e, portanto, absorve praticamente todas as tensões oriundas do carregamento aplicado.

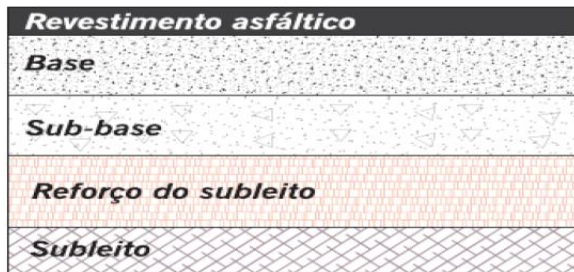
2.1.2 Camadas estruturais do pavimento

A estrutura do pavimento é compreendida, em seu sentido estrutural, para receber e transmitir os esforços de modo a aliviar pressões sobre as camadas inferiores. Uma seção transversal de um pavimento consta de uma fundação, subleito e de camadas determinadas por um método de dimensionamento (SENÇO, 2007).

Tradicionalmente os pavimentos flexíveis são aqueles em que o revestimento é composto por uma mistura constituída basicamente de agregados e ligantes asfálticos. Geralmente são formados por quatro camadas principais: revestimento asfáltico, base, sub-

base e reforço do subleito conforme mostra a figura 4, no entanto, por razões econômicas e de projeto, não serão necessárias todas as camadas (BERNUCCI et al., 2008).

Figura 4: Estrutura do pavimento - tipo.



Fonte: Bernucci (2008).

- ✓ **Subleito** é o terreno de fundação do pavimento onde será apoiado toda a estrutura do pavimento. Ele pode ser o leito de uma rodovia existente não pavimentada, que receberá serviços que a deixe em condições de receber a estrutura proposta em projeto, ou um terreno onde será implantada uma rodovia (SENÇO, 2007).
- ✓ **Reforço do subleito** é uma camada de espessura constante, aplicada por condições técnicas e econômicas, sobre o subleito regularizado, o material deve ser superior ao do subleito e inferior a camada que precede-lo. Devido ao nome reforço de subleito, às vezes, é associada com a fundação. Porém essa associação é formalidade, pois o reforço do subleito constitui o pavimento, tendo função de complemento da sub-base e de resistir e distribuir os esforços verticais (SENÇO, 2007).
- ✓ **Sub-base** é uma camada que tem por finalidade complementar a camada de base, quando por condições técnicas e econômicas não for aconselhável à execução da mesma diretamente sobre a camada de regularização ou sobre o reforço do subleito, podendo assim reduzir a espessura da base. O material empregado pode ser componente da sub-base, deverá ter características superiores ao material do reforço do subleito, e inferior ao material da base (SENÇO, 2007).
- ✓ **Base** é a camada abaixo do revestimento e tem a função de aliviar as tensões nas camadas inferiores, resistir aos esforços verticais oriundas do tráfego e permitir a drenagem das águas infiltradas pelo pavimento (por meio de drenos), Senço (2007), acrescenta que o pavimento

pode ser constituído de base e revestimento, sendo possível a não utilização de sub-base e reforço de subleito.

- ✓ **Revestimento**, também conhecido com capa de rolamento, é considerada a camada mais nobre do pavimento, recebe diretamente a ação dos veículos, é construído após a terraplenagem, designada a resistir e distribuir para o subleito os esforços originados pelo tráfego, aprimorar as condições do rolamento em relação ao conforto, comodidade e resistir aos esforços horizontais, além de impermeabilizar a pista de rolamento (DNIT, 2006a). Bernucci et al. (2006) afirmam que na maioria dos pavimentos brasileiros usa-se como revestimento uma mistura de agregados minerais, que podem variar quanto a fonte, com ligantes, que de forma adequada garanta ao serviço executado, impermeabilidade, flexibilidade, durabilidade e resistência quanto á fadiga, levando em consideração o clima local e o tráfego previsto.

2.1.3 Pavimentos flexíveis

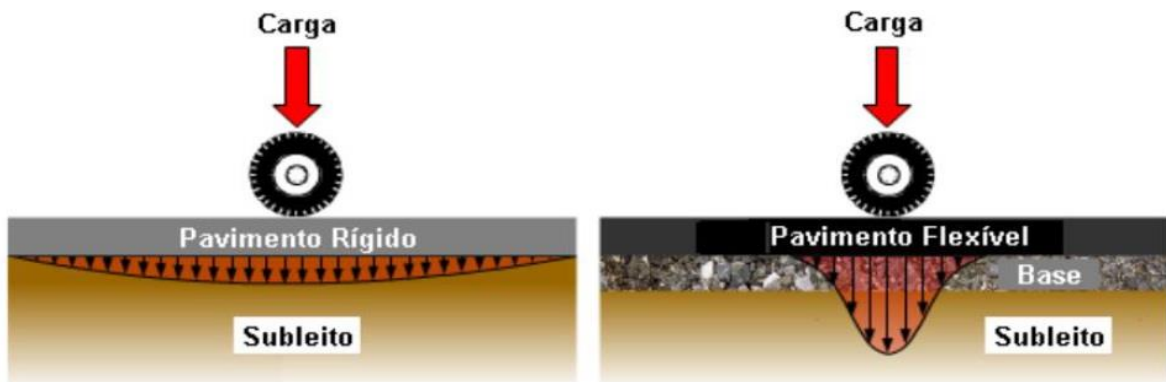
Pavimentos flexíveis são aqueles que até certo limite, não levam ao rompimento. Este tipo de pavimento é dimensionado a compressão e a tração na flexão, e os carregamentos provocados pelo tráfego originam o surgimento das bacias de deformação sob as rodas, o que leva a estrutura ao rompimento por fadiga e deformações permanentes (SENÇO, 2007).

O que divergem os pavimentos flexíveis dos rígidos não são apenas as características do revestimento, mas em especial pela forma como distribuem os esforços para as camadas inferiores.

Este tipo de pavimento é revestido com materiais betuminosos ou asfálticos, são chamados “flexíveis”, pois o pavimento “flete” devido às cargas do tráfego. Segundo o Departamento de Transportes da Universidade Federal do Paraná (DEPARTAMENTO DE TRANSPORTES DA UFPR, 2009), o pavimento flexível utiliza maior número de camadas e distribui estas cargas para uma seção mais concentrada do subleito, já o pavimento rígido é composto de um revestimento constituído por placas de Concreto de Cimento Portland CCP, e normalmente são constituídos das seguintes camadas: revestimento rígido, sub-base, reforço

do subleito, quando adotado subleitos com baixa capacidade de suporte e regularização, são significativamente “mais rígidos” do que os flexíveis, devido o elevado módulo de elasticidade do CCP, em vista disso tende a distribuir a carga sobre uma maior área do subleito, como demonstra a figura 5.

Figura 5: Distribuição da carga em Pavimentos Rígido e Flexível.

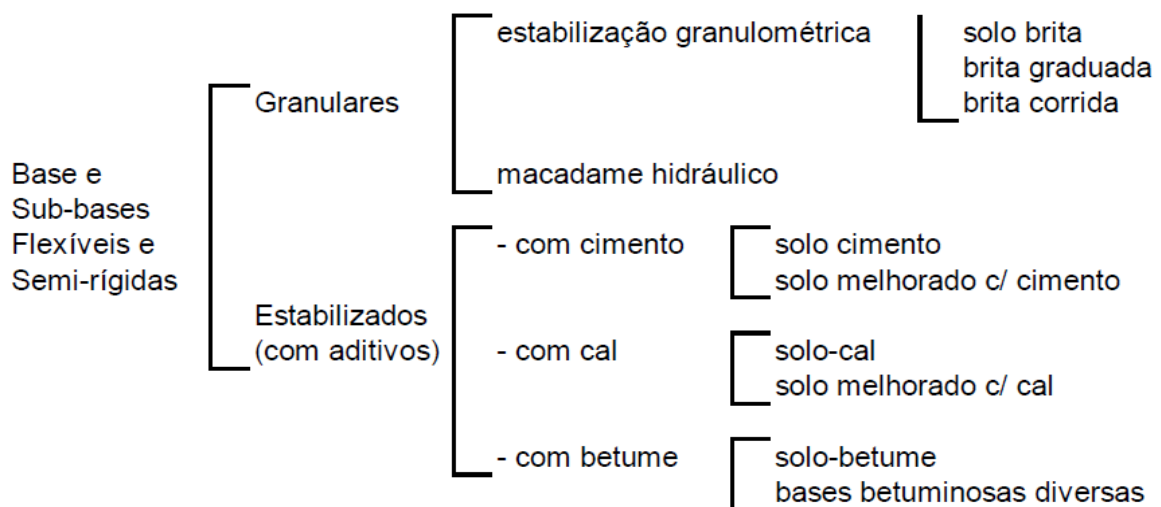


Fonte: <http://www.dtt.ufpr.br/Pavimentacao/Notas/TextoComplementar.pdf>.

2.1.3.1 Bases e sub-bases flexíveis

As bases e sub-bases dos pavimentos flexíveis são subdivididas em dois grupos, sendo granulares e estabilizados por aditivos, conforme mostra figura 6 (DNIT, 2006a).

Figura 6: Terminologia das bases e sub-bases flexíveis e semirrígidas.



Fonte: Bernucci, 2008.

a) Bases e sub-bases granulares

- Estabilização granulométrica: São camadas constituídas por solos, britas de rochas, de escória de alto forno ou pela mistura desses materiais. Essas camadas são estabilizadas granulometricamente pela compactação de um material ou pela mistura de materiais, decorrentes de jazidas (solo in natura), com a possibilidade de beneficiamento, como britagem e peneiramento. Quando utiliza mistura de materiais naturais como pedra britada tem-se solo-brita, quando se utiliza apenas material proveniente do britamento tem-se brita graduada ou brita corrida.
- Macadame hidráulico e seco: Consiste em uma camada de graduação aberta, que após a compressão tem os vazios preenchidos por material de enchimento, os finos de britagem (pó de pedra), com a função principal de travar o agregado graúdo, o enchimento é promovido pelo espalhamento na superfície da camada, seguido por varredura, compressão ou irrigação, se tratando de macadame hidráulico. O macadame seco, ao dispensar a irrigação, além de simplificar o processo, evita o encharcamento, que é sempre indesejável.

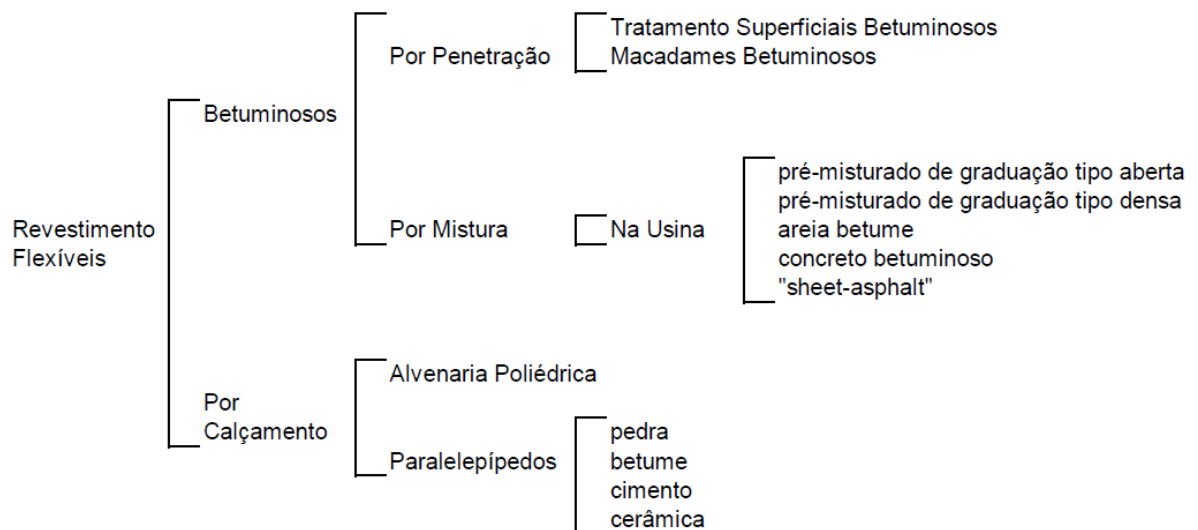
b) Bases e sub-bases estabilizadas com aditivos

- Estabilizado com cimento: Este aditivo é usado como solo-cimento, consiste na mistura de solo compactado, cimento Portland e água, resultando em material duro, cimentado e de acentuada rigidez a flexão, o teor de cimento adotado é de 6% a 10%. Quando utilizado apenas para melhorar o solo, o teor de cimento adotado fica entre 2% a 4%, modificando a plasticidade e a sensibilidade a água.
- Estabilizado com cal: utilizado para concepção do solo-cal, consiste na mistura de solo, água e cal, ou pozolana artificial. O teor de cal mais frequente varia entre 5% e 6%, esta estabilização ocorre por carbonatação que é uma cimentização fraca e por pozolanização que é uma cimentização forte. Quando o teor de cal é abaixo de 5%, denomina-se solo melhorado com cal, onde ocorre estabilização por modificação do solo, no que se refere à plasticidade e sensibilidade à água.
- Estabilizado com betume: Mistura de solo, água e material betuminoso.

2.1.3.2 Revestimento flexível

O revestimento flexível pode ser agrupado como betuminosos ou por calçamento, de acordo com a figura 7 (DNIT, 2006a).

Figura 7: Terminologia dos revestimentos flexíveis.



Fonte: Bernucci, 2008.

a) Revestimento flexível betuminoso

- Revestimento por penetração: Envolve dois tipos, por penetração invertida, que é o tratamento superficial betuminoso, que são os revestimentos executados através de uma ou mais aplicação de material betuminoso, seguido pelo mesmo número de operações de espalhamento e compactação em todas as camadas, de acordo com o número de camadas são intitulados como Tratamento Superficial Simples – TSS, como apenas uma camada, Tratamento Superficial Duplo – TSD, com duas camadas e Tratamento Superficial Triplo – TST, com três camadas, o TSD tem o objetivo principal de impermeabilização, por isso denominado como capa selante. O outro tipo é por penetração direta, onde o revestimento típico é o macadame betuminoso, são executados através do espalhamento e compactação dos agregados apropriados, após a

compressão cada camada é submetida a uma aplicação de material betuminoso, recebendo ainda uma aplicação de agregado miúdo.

- Revestimento por mistura: Neste processo o agregado é pré-envolvido com material betuminoso, se esse processo ocorrer na usina é chamada de “pré-misturados” se for no local da obra “pré-misturas na pista” (road mixes). Quando a mistura de agregados e ligantes é realizada na temperatura ambiente, é conhecido como pré-misturados a frio, quando é espalhado ainda quente é denominado pré-misturado a quente.

Em relação à graduação dos agregados pode ser de graduação densa ou aberta, onde densa geralmente não requer capa selante e já na de graduação aberta é indispensável. Quando os agregados passando na peneira nº 10 (2,0 mm), ou seja, areia, tem-se os “pré-misturados” e “road mixes” areia-betume.

Para Bernucci et al., (2008), uma vez que a distribuição granulométrica dos agregados é uma das mais importantes características físicas, estes agregados podem ser separados em grupos que auxiliem na determinação do agregado para as misturas asfálticas sendo as principais graduações:

- ✓ Graduação densa ou bem-graduada: apresenta graduação granulométrica contínua, de forma a proporcionar uma composição com poucos vazios.
- ✓ Graduação aberta: apresenta graduação granulométrica contínua, porém com pouco índice de material fino, o que implica em uma grande quantidade de vazios.
- ✓ Graduação descontínua: apresenta pequena quantidade de matérias com tamanhos intermediários, com maior porcentagem de agregados de maiores dimensões, completados por certa quantidade de finos, quando para misturas asfáltica, devem ser adequadamente trabalhados, pois apresentam muita sensibilidade a segregação.

b) Revestimento flexível por calçamento

- Alvenaria poliédrica: consiste de camada de pedras irregulares, onde são assentadas e compactadas sobre um colchão de regularização, com agregados apropriados.

- Paralelepípedo: constituídos por blocos regulares, assentes e compactadas sobre um colchão de regularização, com agregados apropriados. Podem ser constituídos de diversos materiais, sendo os mais usados de granito, gnaisse e basalto.

Outro tipo de revestimento bastante usual é o de blocos de concreto, conhecidos como “blockrets”, o método de execução é semelhante ao do paralelepípedo.

2.2 Caracterização do solo

De acordo com Senço (2007, p.42), “Solo é uma formação natural, de estrutura solta e removível e de espessura variável, resultante da transformação de uma rocha-mãe, pela influência de diversos processos físicos, físico-químico e biológicos”.

Nas obras de pavimentação considera-se solo todo tipo de material orgânico ou inorgânico, encontrado na superfície terrestre. As terminologias de Solos e Rochas TB-3 da ABNT e a TER-268/94 DNIT, estabelecem a identificação dos solos através da textura, plasticidade, compacidade dentre outras, sendo a textura a mais importante propriedade para caracterizar o comportamento do material, através de análise granulométrica (DNIT, 2006a).

Para a classificação e caracterização mecânica e física dos solos, além do comportamento tensão-deformação que contribui para o dimensionamento de obras geotécnicas, são realizados ensaios em campo ou/e em laboratórios, como: determinação dos limites de consistência e do teor de água nos solos, análise granulométrica, ensaios de compactação dentre outros. Através destes ensaios são obtidos parâmetros para identificar a natureza do solo.

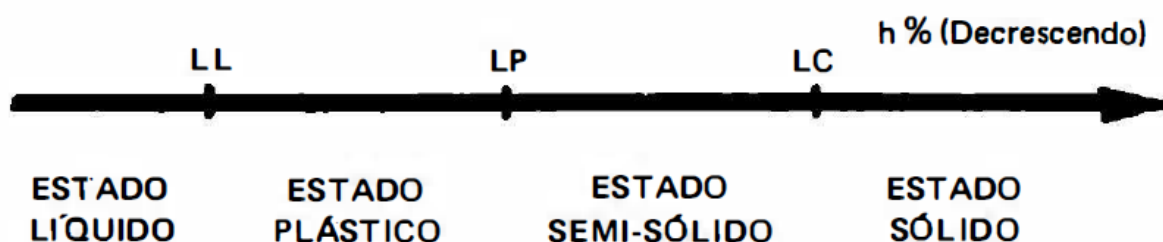
2.2.1 Determinação da massa aparente “in situ”

O método de determinação da massa aparente “in situ”, é determinado por intermédio do frasco de areia, aplicando-se sob o subleito e as diversas camadas do pavimento.

2.2.2 Limites de consistência

O solo argiloso varia em função do teor de umidade (h), passando de um estado líquido para sólido, neste intervalo são definidos estados intermediários de consistência. À medida que a água evapora e a umidade diminui, o solo endurece e passa do estado líquido para o plástico, essa umidade que corresponde ao limite entre os estados sólidos e líquidos é denominada como Limite de Liquidez – LL. Ao continuar a perder umidade, o solo passa de um estado plástico para o semi-sólido, a umidade correspondente entre estes dois estados, plástico e semi-sólido é denominado como Limite de Plasticidade - LP. Perdendo ainda mais umidade, o solo passa de um estado semi-sólido para sólido, a umidade que corresponde a este limite é Limite de Contração – LC, conforme esquematizado na figura 8 (CAPUTO, 1988).

Figura 8: Estados limites de consistência do solo.



Fonte: Caputo, 1988.

2.2.2.1 Ensaio de limite de liquidez (LL)

O ensaio de limite de liquidez é realizado com uma fração da amostra de solo, cerca de 70g, passante na peneira 0,42 mm. A realização do ensaio é feita com um aparelho normalizado Casagrande, que tem uma concha metálica, acionada por uma manivela, que golpeia o solo colocado na base do aparelho (DNER, 1994a).

Por definição o limite de liquidez (LL) do solo é o limite onde o sulco se fecha com 25 golpes regularmente e até que os bordos inferiores da canaleta se unam em um comprimento de 1 cm, para este ensaio recomenda-se a determinação de pelo menos 6 pontos para melhor definição da reta. De acordo com estudos do Federal Highway Administration, o LL poderá

ser determinado conhecendo-se apenas um ponto, pela seguinte fórmula e tabela 1 (CAPUTO, 1988).

$$LL = \frac{h}{1,419 - 0,3 \log n}$$

1

Onde:

(LL) Limite de liquidez

(h) Umidade

(n) N° de golpes

Tabela 1: Valores tabelados do denominador para diversos valores de “n”.

<i>n</i>	1,419 – 0,3 log <i>n</i>	<i>n</i>	1,419 – 0,3 log <i>n</i>
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, p. 55.

2.2.2.2 Ensaio de limite de plasticidade (LP)

O ensaio de limite de plasticidade é realizado com fração da amostra do solo, certa de 50g, passante na peneira 0,42 mm. O ensaio consiste em formar inicialmente uma pequena

bola de massa de solo, que será rolada com as mãos sobre uma placa de vidro, resultando em um formato cilíndrico (DNER, 1994b).

O limite de plasticidade é a transição do estado de consistência semi-sólida para o estado de consistência plástica (umidade crescente), este limite é expresso pelo menor teor de umidade, de uma porção de solo que será rolada até atingir forma cilíndrica, com cerca de 10 cm de comprimento, rompe-se ao atingir 3 mm de diâmetro (SENÇO, 2007).

A diferença numérica entre o estado limite de liquidez (LL) e o estado limite de plasticidade (LP), resulta no Índice de Plasticidade – IP, conforme fórmula 2.

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

Onde:

(IP) Índice de plasticidade

(LL) Limite de liquidez

(LP) Limite de plasticidade

De acordo com Caputo (1988), esse índice é maior na argila e nulo para a areia, assim quanto maior o IP, mais plástico será o solo. Em função do IP os solos são classificados conforme tabela 2.

Tabela 2: Classificação dos solos em função do IP.

IP	Denominação
$1 < IP < 7$	fracamente plásticos
$7 < IP < 15$	mediamente plásticos
$> IP 15$	altamente plásticos

Fonte: CAPUTO, 1988, p. 56.

2.2.3 Análise granulométrica

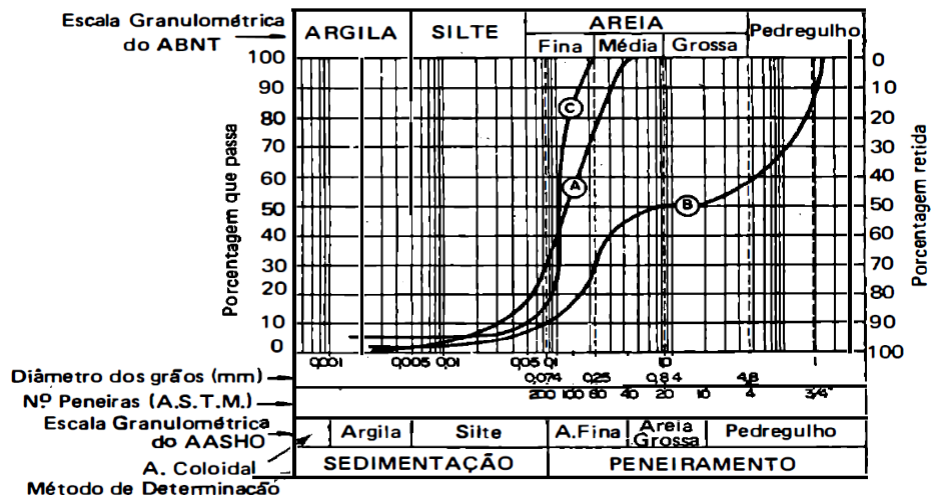
O ensaio para análise granulométrica é realizado com uma amostra de 1500 g de solo, devidamente pesada. O ensaio consiste em determinar a porcentagem de material passante nas peneiras, possibilitando o dimensionamento das partículas do agregado e de suas respectivas porcentagens de ocorrência. Os materiais mais graúdos com partículas de até 0,075 mm (peneira nº200) podem ter uma perfeita classificação, quando passados pelas aberturas das peneiras. Já as partículas menores que 0,075 usa-se o método de sedimentação contínua em meio líquido. Utilizando o auxílio de lavagem para serem peneirados, e os siltes e argilas exigem processos indiretos de sedimentação para determinação da porcentagem constituinte da amostra total (CAPUTO, 1988).

Considerando as frações dos solos, o DNIT adota as seguintes escala granulométrica:

- Pedregulho: é a fração passante na peneira de 3” e retida na de 2,00 mm;
- Areias: é a fração passante na peneira de 2,00 mm e retida na de 0,075 mm;
- Areia grossa: é a fração passante na peneira de 2,00 mm e retida na de 0,42 mm;
- Areia fina: é a fração passante na peneira de 0,42 mm e retida na de 0,075 mm;
- Silte: é a fração passante na peneira de 0,075 mm e retida na de 0,005 mm;
- Argila: é a fração passante na peneira de 0,005 mm e retida na de 0,001 mm.

A análise granulométrica é representada em duas escalas granulométricas, a da ABNT e a da AASHO usada para projetos rodoviários. Esta curva é traçada por pontos em um diagrama, onde no eixo das abscissas as dimensões das partículas e no eixo das ordenadas as porcentagens (peso) de material com dimensão média menor que a considerada, conforme ilustrada na figura 9 (CAPUTO, 1988).

Figura 9: Curva de distribuição granulométrica do solo.



Fonte: CAPUTO, 1988, p. 25.

Segundo o mesmo autor, através da forma da curva é possível distinguir os diferentes tipos de granulometria: contínua para solo bem graduado (A), descontínua para solo mal graduado (B) e uniforme para solo uniforme (C), ilustrada na figura 10.

Figura 10: Graduações do solo segundo a curva granulométrica.



Fonte: CAPUTO, 1988, p. 26.

2.2.4 Ensaio de compactação

Segundo Senço (2007, p 131), entende-se como compactação de um solo:

[...] a operação de reduzir os vazios desse solo comprimindo-o por meios mecânicos. A compactação, feita de maneira empírica e sem uma base técnica a orientar os meios e os resultados, ainda teve seu campo de

aplicação no início de nosso século, quando as primeiras estradas para automóvel começaram a ser construídas em substituição aos velhos caminhos das diligências.

O ensaio de Compactação consiste em compactar o solo com percentagens crescentes de umidade, em três camadas, num molde cilíndrico de dimensões específicas, sendo que cada camada deve receber um total de 25 golpes de um soquete padrão com peso de 2,5 kg, tendo como altura de queda 30,5 cm (SENÇO, 1997).

Ainda de acordo com o mesmo autor, o ensaio tem por objetivo determinar para uma energia de compactação específica, qual o teor de umidade ótima necessário para a obtenção da massa específica aparente máxima após a compactação, que resultará em um aumento na resistência deste solo.

Durante a execução das diversas camadas do pavimento, os processos de compactação têm fundamental importância, uma vez que contribuem de forma significativa em um aumento na resistência e na estabilidade da estrutura. A compactação permite uma redução na permeabilidade do solo o que reduz por sua vez a percolação de água entre os grãos, diminui a compressibilidade e a variação volumétrica e ainda aumenta a tensão efetiva do solo.

2.2.5 Índice de Suporte Califórnia - ISC

O ensaio de Índice de Suporte Califórnia, também conhecido como ensaio de CBR, consiste na determinação da relação percentual entre a pressão necessária para se penetrar um pistão padronizado, em uma amostra de solo devidamente preparada e a pressão para que o mesmo pistão penetre a mesma profundidade, em uma amostra padrão de pedra britada (DNER, 1994c).

A determinação da capacidade de suporte do subleito e dos materiais granulares constitutivos dos pavimentos é feita pelo California Bearing Rating (CBR), que fornece o Índice de Suporte Califórnia (ISC), em corpos de prova indeformados ou moldados em laboratório, nas condições de massa específica e umidade especificada para o serviço no campo e submetida à embebição durante quatro dias. Neste ensaio é determinado valor relativo do suporte de solos, utilizado para dimensionar pavimentos flexíveis de rodovias que possibilita obter a espessura do pavimento necessário para suportar a carência do subleito considerando sua capacidade portante. Desta maneira, determina-se a espessura das camadas

do pavimento para que as tensões geradas pelo tráfego sejam transmitidas para o subleito sem deformações excessivas e ruptura (SENÇO, 1997).

2.2.6 Classificação dos solos

O sistema de classificação baseia-se nas características dos grãos que constituem os solos e geralmente são utilizados os índices de composição granulométrica e os índices de Atterberg. Os dois principais sistemas de classificação são: o Sistema Unificado de Classificação (USC) e a Classificação do Transportation Research Board (TRB), antigo HBR. O sistema USC, atualmente é utilizado principalmente pelos geotécnicos e engenheiros que trabalham com barragens de terra, já o TRB é o mais empregado na engenharia rodoviária (CAPUTO, 1988).

Na classificação TRB, os solos são reunidos em grupos e subgrupos, em função da sua granulometria, limites de consistência e do índice de grupo, conforme detalhado na tabela 3 (DNIT, 2006a).

Tabela 3: Classificação dos solos – TRB.

CLASSIFICAÇÃO GERAL	MATERIAIS GRANULARES 35% (ou menos) passando na peneira Nº 200							MATERIAIS SILTO - ARGILOSOS			
	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 siltsos ou argilosos				Solos siltsos		Solos argilosos		
Comportamento como subleito	Excelente a bom							Sofrível a mau			

Fonte: DNIT (2006a, p.56)

De acordo com o DNIT (2006a), os solos granulares ou solos grossos compreendem os grupos A-1, A-2 e A-3 onde 35% ou menos de material passa na peneira n° 200, ao contrário dos solos finos onde 35% ou mais de material passante na peneira n°200 formam os grupos A-4, A-5, A-6 e A-7, a seguir são listados os grupos e subgrupos deste sistema de classificação.

- Grupo A-1: é constituído de mistura bem graduada de pedregulhos, areia grossa e fina e um aglutinante de solo não plástico ou fracamente plástico. Este grupo subdivide-se em:
 - ✓ Subgrupo A-1-a: solos grossos (fragmento de pedra ou pedregulho) com menos de 50% passando na peneira n° 10, menos de 30% passando na peneira n°40, menos de 15% passando na peneira n°200 e o IP dos finos devem ser menores que 6%;
 - ✓ Subgrupo A-1-b: areia grossa com menos de 30% passando na peneira n°40, menos de 25% passando na peneira n°200 e IP menor que 6%.
- Grupo A-2: incluem os solos com 35% ou menos passando na peneira n° 200, mas não podem ser do grupo A-1 e A-3 devido ao teor de finos existente a IP acima do máximo destes grupos.
 - ✓ Subgrupo A-2-4 e A-2-5: solo com 35% ou menos passando na peneira n°200 e pequena porção retida na peneira n°40 abrangem os materiais como pedregulho e areia grossa em que o teor de silte e IP ultrapassa o grupo A-1 e areia fina com silte excede o limite do grupo A-3.
 - ✓ Subgrupo A-2-6 e A-2-7: solos semelhantes no subgrupo anterior com exceção na porção de finos que contem argila plástica. IP maior que 10% e 15% ou mais passando na peneira n°200, refletem no IG entre 0 a 4.
- Grupo A-3: incluem areias finas de praia ou deserto, sem silte ou argila, podendo encontrar também areia fina mal graduada e pouca quantidade de areia grossa e pedregulhos.
- Grupo A-4: constitui-se de solo siltoso não plástico com geralmente 5% ou mais passando na peneira n°200 e IG de 1 a 8.

- Grupo A-5: possui solos semelhantes ao grupo anterior, exceto que é altamente plástico com alto LL e IG de 1 a 12.
- Grupo A-6: encontram-se solos argilosos e plásticos passando 75% ou mais de material na peneira n°200, que sofrem elevada mudança de volume. Isto reflete em IG de 1 a 16 e o crescente LL e IP, bem com baixa quantidade de solos grossos
- Grupo A-7: contém solos com semelhanças do A-6, exceto pela característica do LL do A-5, seu IG varia de 1 a 20.
 - ✓ Subgrupo A-7-5: encerram materiais com IP moderado em relação ao LL, podendo ser altamente elástico e com elevadas mudanças de volume.
 - ✓ Subgrupo A-7-6: incluem materiais com IP moderado em relação ao LL, podendo ser altamente elástico e com elevadas mudanças de volume.

2.2.7 Índice de Grupo – IG

O índice de grupo é um parâmetro adicionado à classificação TRB, sendo que o mesmo é expresso por um número variando de 0 a 20. É através do índice de grupo que se define a capacidade de suporte de um terreno para pavimentação. Quanto menor o valor do índice de grupo, melhor é o solo, sendo que o pior solo apresenta o maior “IG” (BRASIL, 2006a).

Esse parâmetro é baseado nos limites de liquidez e plasticidade dos solos, e no percentual de material passante na peneira 0,075 mm. Para obtenção do seu valor utiliza-se a fórmula 3.

$$IG = 0,2.a + 0,005 .a.c + 0,01.b.d \quad 3$$

Onde:

a = porcentagem de solo passante na peneira 0,075 mm menos 35%. Se o valor de “a” for negativo, adota-se zero, se for superior a 40, adota-se 40.

b = porcentagem de solo passante na peneira 0,075 mm menos 15%. Se o valor de “b” for negativo, adota-se zero, se for superior a 40, adota-se 40.

c = valor do limite de liquidez menos 40%. Se o valor de “c” for negativo, adota-se zero, se for superior a 20, adota-se 20.

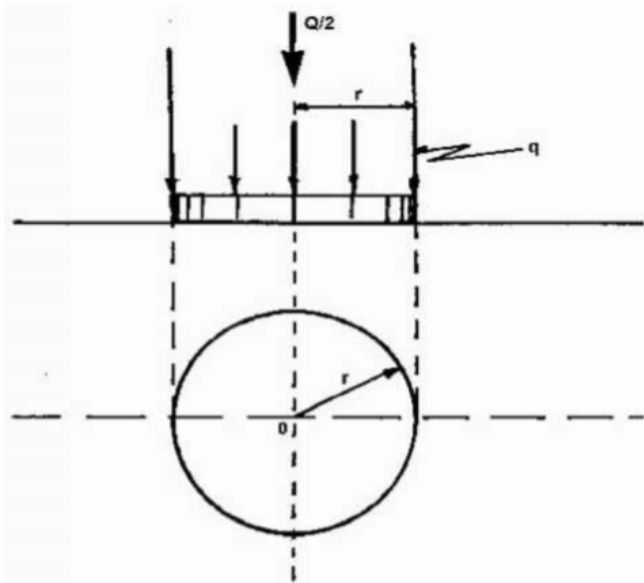
d = valor do índice de plasticidade menos 10%. Se o valor de “ d ” for negativo, adota-se zero, se for superior a 20, adota-se 20.

2.3 Dimensionamento de pavimento

O dimensionamento do pavimento pode partir da consideração de que as cargas aplicadas são estáticas, no entanto, ele é submetido a cargas repetidas, sofrendo, devido a essa repetição, deformações permanentes e elásticas, que serão maiores quanto maior for o número de solicitações. A carga de roda, embora resulte numa superfície de contato com o pavimento, é aproximadamente elíptica, porém essa superfície pode ser considerada circular (SENÇO, 2007).

Essa carga de roda provoca uma distribuição de pressões sob o pneu, de configuração circular, resultante da pressão P na superfície de contato da roda com o pavimento. Pode-se considerar a pressão da roda sobre o pavimento uniformemente distribuída na superfície de contato, demonstrado na figura 11.

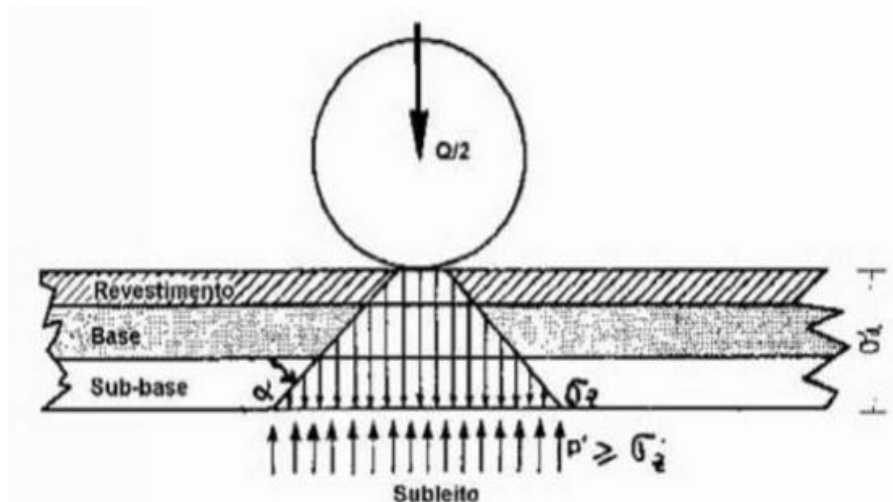
Figura 11: Superfície circular de contato.



Fonte: SENÇO, 2007, p. 417.

Ainda de acordo com as colocações de Senço (2007), as variadas camadas componentes da estrutura do pavimento também terão a função de diluir a tensão vertical aplicada na superfície, de tal forma que o subleito receba uma parcela bem menor desta tensão superficial. O subleito recebe, na interface com o pavimento, uma pressão inferior à pressão de contato e tanto menor quanto mais espesso o pavimento e quanto mais nobres os materiais componentes das camadas desse pavimento, conforme figura 12.

Figura 12: Esquema de pressão aplicada no subleito.



Fonte: SENÇO, 2007, p. 417.

Para a realização do dimensionamento do pavimento, torna-se necessário o conhecimento de parâmetros, como a obtenção do tráfego (contagem) conforme demonstrado no anexo B, onde determinando o volume de veículos por dia e as características do material do subleito, principalmente a obtenção de dados de capacidade de suporte e expansão, para isso são realizados estudos específicos nas jazidas da região próxima a construção da rodovia que serão analisadas para o possível uso deste nas camadas do pavimento.

O Manual de Estudo de Tráfego (DNIT), determina que a velocidade, o volume e a densidade são três propriedades essenciais dos aspectos dinâmicos do tráfego, pois a partir destes elementos permite a avaliação global da fluidez do movimento geral de veículos. Para análise do tráfego são necessários os seguintes elementos relativos ao tráfego: Volume médio diário anual – VMDA, Classificação da frota, Carregamento da frota, Fator de equivalência de carga (FC) e Número equivalente “N”.

2.3.1 Determinação do número “N”

O número “N” representa o número de repetições de carga equivalente ao eixo padrão rodoviário. Este é o parâmetro de grande importância na maioria dos métodos e processos de dimensionamento de pavimentos, é representado pela fórmula 4 (DNIT, 2006b).

$$N = 365 \times VMD \times P \times (FV) \quad 4$$

Onde: N = número equivalente de operações de eixo padrão;

VMD = volume médio de tráfego no sentido mais solicitado, no ano médio do período de projeto;

P = período de projeto ou vida útil;

FV = Fator veículo (FC x FE) (DNIT, 2006b).

2.3.1.1 Volume médio diário – VMD

É a média dos volumes de veículos que circulam durante 24 horas em um trecho de via por um tempo representativo, comumente de um ano, usado para indicar a necessidade de vias novas ou intervenção para melhoria das existentes dentre outros. O DNIT determina que se faça uma análise do tráfego que atua sobre o pavimento, baseado nas contagens efetuadas, além da estimativa do tráfego futuro, fundamentado em taxas de crescimento do tráfego, levando em consideração dados socioeconômicos regionais, fórmula 5 (DNIT, 2006b).

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

Onde: VMD = Volume médio diário;

VMD1 = Volume médio diário no ano da abertura;

P = Período em anos;

t = Taxa de crescimento anual (DNIT, 2006b).

As contagens para determinação do VMD são realizadas com auxílio de fichas e contadores manuais ou eletrônicos, onde as instruções básicas são estabelecidas na Metodologia de Contagem Volumétrica de Tráfego, DNIT.

As taxas de crescimento do tráfego poderão basear-se tanto nas eventuais séries históricas como na associação a dados socioeconômicos regionais, tais como a evolução da população e o aumento do poder econômico estão vinculados com o crescimento da frota de automóveis, já na produção agropecuária e industrial podem-se associar ao crescimento da frota de carga (DNIT, 2006b).

2.3.1.2 Classificação da frota

Devido à grande diversidade de efeitos gerados sobre o pavimento e os vários tipos de veículos rodoviários o DNIT criou uma classificação de frota, referente aos veículos de carga. Esta classificação mínima útil à avaliação do tráfego compreende as seguintes subclasses de veículos de carga: caminhão leve, médio, pesado, reboque/semirreboque, apresentados no anexo A (DNIT, 2006b).

Portanto, de acordo com o autor é preferível que essa classificação seja mais detalhada, devido à ocorrência de expressivas variações na capacidade de carga de uma determinada subclasse, em função do tipo de veículo e de sua rodagem. Assim, os semirreboques são classificados em: 2S1; 2S2; 3S2, 2S3; etc. Na condição adotada, o primeiro algarismo representa o número de eixos do cavalo mecânico e o segundo, o número de eixos do semirreboque.

2.3.1.3 Carregamento da frota

Assim como a classificação da frota, os pesos por eixo de cada um dos tipos de veículos de carga é igualmente importante. Se a distribuição da carga por eixo não for corretamente considerada, as previsões da solicitação futura do tráfego serão certamente imprecisas (DNIT, 2006b).

No Brasil os veículos comerciais devem obedecer a certos limites e as cargas por eixo não podem ser superiores a determinados valores, segundo a legislação em vigor. O Código de Trânsito Brasileiro através da Lei Nº 9.043 de 23/09/97 e da Resolução Nº12 de 6/12/98 do CONTRAN regulamentou as seguintes cargas máximas legais no Brasil, conforme a tabela 4.

Tabela 4: Cargas máximas legais no Brasil.

EIXO / CONJUNTO DE EIXOS	RODAGEM	SUSPENSÃO	ENTRE-EIXOS (m)	CARGA (kg)	TOLERÂNCIA (7,5%)
Isolado	simples	-	-	⁽¹⁾ 6.000	6.450
Isolado	simples	-	-	⁽²⁾ 6.000	6.450
Isolado	dupla	-	-	10.000	10.750
Duplo	simples	direcional	-	12.000	12.900
Duplo	dupla	tandem	>1,20 ou 2,40	17.000	18.280
Duplo	dupla	não em tandem	>1,20 ou 2,40	15.000	16.130
Duplo	simples+dupla	especial	1,20	9.000	9.680
Duplo	simples+dupla	especial	>1,20 ou 2,40	13.500	14.520
Duplo	Extralarga ⁽⁴⁾	pneumática	>1,20 ou 2,40	17.000	18.280
Triplo ⁽³⁾	dupla	tandem	>1,20 ou 2,40	25.500	27.420
Triplo ⁽³⁾	Extralarga ⁽⁴⁾	pneumática	>1,20 ou 2,40	25.500	27.420

⁽¹⁾ Para rodas com diâmetro inferior ou igual a 830 mm.

⁽²⁾ observada a capacidade e os limites de peso indicados pelo fabricante dos pneumáticos e diâmetro superior a 830 mm.

⁽³⁾ aplicável somente a semi-reboques.

⁽⁴⁾ pneu single (385/65 R 22,5) aplicável somente a semi-reboques e reboques conforme a Resolução nº 62 de 22/05/98 do CONTRAN. A utilização de outros tipos de pneumáticos "single" estará sujeita à Autorização Provisória Experimental - APEX (art. 2º da Resolução Nº 62).

Fonte: <http://www1.dnit.gov.br/Pesagem/pdf>.

2.3.1.4 Fator de Equivalência de carga (FC)

A conversão do tráfego misto em um número equivalente considerado padrão é realizada através do Fator de Equivalência de Carga, onde este deve converter a aplicação de um eixo solicitado por uma carga em um número de aplicações do eixo-padrão que deverá produzir um efeito equivalente. De acordo com o Método de Projeto do DNIT, adota-se um eixo-padrão de 8,2 t, porém os fatores de equivalência considerados são os da AASHTO.

Os trechos experimentais da AASHTO e do USACE (Corpo de Engenheiros do Exército Norte-americano) dispuseram de subsídios para o desenvolvimento de fatores de equivalência de carga por eixo. Os fatores de equivalência da AASHTO baseiam-se na perda de serventia (PSI) e variam de acordo com o tipo de pavimento flexível ou rígido, índice de serventia terminal e resistência do pavimento (número estrutural – SN), já os fatores de equivalência obtidos pela USACE, avaliam os efeitos do carregamento na deformação permanente (afundamento nas trilhas de roda), conforme tabelas 5 e 6 (DNIT, 2006b).

Tabela 5: Fatores de equivalência de carga da AASHTO.

Tipos de eixo	Equações (P em tf)
Simple de rodagem simple	$FC = (P / 7,77)^{4,32}$
Simple de rodagem dupla	$FC = (P / 8,17)^{4,32}$
Tandem duplo (rodagem dupla)	$FC = (P / 15,08)^{4,14}$
Tandem triplo (rodagem dupla)	$FC = (P / 22,95)^{4,22}$

P = Peso bruto total sobre o eixo

Fonte: DNIT, 2006b, p. 244.

Tabela 6: Fatores de equivalência de carga da USACE.

Tipos de eixo	Faixas de Cargas (t)	Equações (P em tf)
Dianteiro simple e traseiro simple	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	$FC = 1,3229 \times 10^{-7} \times P^{5,5789}$

P = peso bruto total sobre o eixo

Fonte: DNIT, 2006b, p. 244.

2.3.1.5 Fator de equivalência por eixo (FE)

É um fator de eixo, isto é um número, que multiplicado pelo número de veículos dá o número de eixos correspondentes, conforme fórmula 6 (DNIT, 2006a).

$$FE = \frac{\sum(\text{quant. de eixos} \times n^2 \text{ de passagem})}{\sum(n^2 \text{ de passagem})}$$

6

2.3.2 Dimensionamento através do método DNER

A capacidade de suporte do subleito e dos materiais constituintes do pavimento é feita pelo CBR através de métodos de ensaios adotados pelo DNIT. Para isto, o subleito e as demais camadas devem ser compactados de acordo com os valores fixados nas "Especificações Gerais". Os materiais do subleito devem apresentar uma expansão, menor ou igual a 2%, classificando-se em: (DNIT, 2006a).

- a) Materiais para reforço do subleito: C.B.R. maior que o do subleito e expansão $\leq 2\%$ (medida com sobrecarga de 10 lbs)
- b) Materiais para sub-base: C.B.R. $\geq 20\%$, IG igual a zero e expansão $\leq 1\%$ (medida com sobrecarga de 10 lbs)
- c) Materiais para base: C.B.R. $\geq 80\%$, expansão $\leq 0,5\%$ (medida com sobrecarga de 10 lbs), LL $\leq 25\%$ e IP $\leq 6\%$, sendo que durante um período de projeto com $N \leq 5 \times 10^6$ pode-se empregar material com C.B.R. $\geq 60\%$.

Para dimensionar a espessura de cada camada faz-se necessário o uso do Coeficiente Estrutural de Equivalência "K" (tabela 7), que utiliza a seguinte nomenclatura para as camadas do pavimento: revestimento (KR), base (KB), sub-base (KS) e reforço (KRef).

Tabela 7: Coeficiente de equivalência estrutural "K".

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 45kg/cm ²	1,70
Idem, com resistência à compressão a 7 dias, entre 45kg/cm ² a 28kg/cm ²	1,40
Idem, com resistência à compressão a 7 dias, entre 28kg/cm ² a 21kg/cm ²	1,20

Fonte: DNIT, 2006a, p. 146.

O dimensionamento do revestimento é fixado pela espessura mínima a ser adotada pelo revestimento betuminoso. O DNIT recomenda o uso dos parâmetros em relação ao número "N" (tabela 8), especialmente em bases granulares.

Tabela 8: Espessura mínima de revestimento betuminoso.

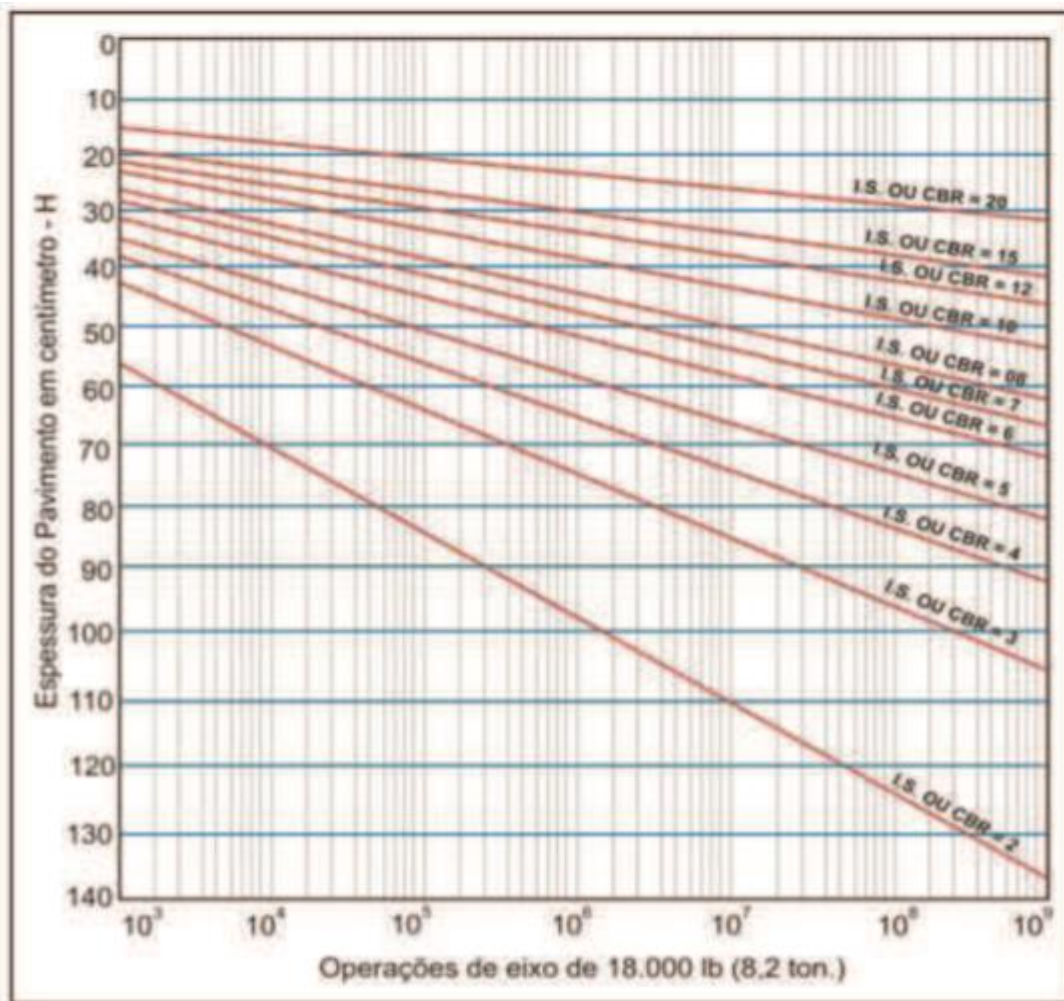
N	Espessura mínima de Revestimento Betuminoso
$N \leq 10^6$	Tratamentos superficiais betuminosos
$10^6 < N \leq 5 \times 10^6$	Revestimentos betuminosos com 5,0cm de espessura
$5 \times 10^6 < N \leq 10^7$	Concreto betuminoso com 7,5cm de espessura
$10^7 < N \leq 5 \times 10^7$	Concreto betuminoso com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

Fonte: DNIT, 2006a, p. 147.

De acordo com DNIT, o dimensionamento do pavimento flexível utiliza os valores de "N" e do CBR, ambos expressos em um gráfico, figura 13, que apresenta a espessura final do pavimento, sendo que a espessura fornecida em relação a uma base granular com $K = 1,00$ m. Na abscissa o valor de N, procede-se verticalmente até encontrar a reta representativa da capacidade de suporte (CBR) em causa e procedendo-se horizontalmente, então se encontra, em ordenadas, a espessura total do pavimento. Caso o solo apresente um CBR inferior a 2 faz-se necessário a substituição deste material na espessura de mínimo 1,00 m, por material de CBR superior a 2.

Segundo DNIT, a espessura mínima a adotar para compactação de camadas granulares é 10 cm e a espessura total mínima para esta camada, quando utilizadas será 15 cm e a espessura máxima de compactação 20 cm.

Figura 13: Determinação da espessura do pavimento.



Fonte: DNIT, 2006a, p. 149.

Mesmo que o CBR ou IS da sub-base seja superior a 20, a espessura de pavimento necessário para protegê-la é determinada como se este valor fosse 20 e, por esta razão, usam-se sempre, os símbolos H20 e h20 para designar as espessuras de pavimento sobre a sub-base e da sub-base, respectivamente. Os símbolos B e R designam, respectivamente, as espessuras da base e do revestimento (DNIT, 2006a).

A simbologia utilizada no dimensionamento do pavimento, Hm designa, de modo geral, a espessura total de pavimento necessário para proteger um material com CBR ou IS = m etc.; hn designa, de modo geral, a espessura de camada de pavimento, com CBR ou IS = n, conforme figura 14.

Figura 14: Dimensionamento das camadas.



Fonte: DNIT, 2006a, p. 149.

Determinadas a espessura total do pavimento e do revestimento, é obtida a espessura da base (B), sub-base (h20) e reforço do subleito (hn) através das equações 7, 8 e 9.

$$R * KR + B * KB \geq H20 \quad 7$$

$$R * KR + B * KB + h20 * KS \geq Hn \quad 8$$

$$R * KR + B * KB + h20 * KS + hn * Kref \geq Hm \quad 9$$

O dimensionamento do acostamento está intimamente ligado à espessura das camadas da pista de rolamento, mas isto não significa que devam ter as mesmas espessuras, assim, podendo ser feitas reduções apenas na camada de revestimento substituindo por um de categoria inferior a da pista de rolamento (DNIT, 2006a).

Quando o material utilizado na camada de base for de custo elevado, pode-se utilizar uma solução de menor custo para não elevar o preço final do pavimento.

3 METODOLOGIA

A pesquisa trata-se de um estudo de caso, onde foi avaliado se o dimensionamento realizado no trecho de Palmas/Porto Nacional (entre a Rotatória da Avenida NS-15 e o início da travessia do Lago, pista duplicada, com extensão de 530 metros), suporta a demanda de carga e veículos.

Para tal estudo a pesquisa iniciou-se por uma revisão bibliográfica dos itens relacionados à pavimentação, bem como o conceito de pavimento, as camadas estruturais que o compõem e a caracterização do solo.

Para o estudo, a pesquisa foi dividida da seguinte forma:

- Definição dos trechos da rodovia adotados para efeito de estudo, bem como os pontos de coleta de amostras caracterização do solo;
- Definição da estrutura do pavimento através dos horizontes do solo;
- Realização dos ensaios Densidade “in situ”, Limite de liquidez, Limite de plasticidade, Granulométrica por Peneiramento e por Sedimentação, Compactação, CBR e Expansão;
- Estudo do tráfego para determinação do número “N”;
- Dimensionamento da estrutura do pavimento pelo Método do DNER.

3.1 Definição do trecho estudado.

A definição do trecho a ser estudo levou em consideração o único trecho da TO-080, em que todos os veículos de carga trafegam para realizarem o transbordo na Plataforma Multimodal de Luzimangues distrito de Porto Nacional, por isso foi definido o trecho entre a rotatória da TO-080 até o início do aterro da Ponte Fernando Henrique Cardoso, conforme demonstrado na figura 15.

As características da rodovia no trecho estudado podem ser observadas abaixo:

- Largura da plataforma: 13,50m
- Largura da pista: 10,5m

- Pavimentação: CBUQ na pista e TSD nos acostamentos.

Figura 15: Trecho estudado e locais das coletas.



Fonte: Google Earth

3.2 Estrutura do Pavimento

Para determinação da estrutura do Pavimento foi realizado a coleta do material e observado os diferentes horizontes das camadas do solo.

3.2.1 Coleta das amostras

Para realizar a coleta do material de base, sub-base e subleito do trecho estudado, inicialmente foi feito uma solicitação de autorização, nos dias 26 e 30 de junho, via ofício, a Secretaria de Infraestrutura e Serviço Públicos do Estado de Tocantins, onde fora explicado os procedimentos de retirada e reposição do material. A autorização foi concedida no dia 03 de julho de 2017, via ofício conforme Apêndice A.

A retirada da amostra do material que compõem a base, sub-base e subleito do trecho estudado, aconteceu no dia 08 de julho de 2017, no período matutino, foi retirado cerca de 7,0 kg de material em cada camada, dos dois lados da rodovia e encaminhado para o laboratório

de solos da empresa LBS, que foi contratada para a realização do serviço de retirada e ensaios conforme as metodologias exigidas pelo DNIT. Foi realizado um furo no pavimento de 40x40 e retirada á uma profundidade de 0,85 m e uma distância de 0,60 m do acostamento para a pista, foi realizado manualmente com o uso de uma pá, picareta e cavadeira (Fig. 16 e 17).

Figura 16: Revestimento do trecho estudado



Fonte: Autora, 2017.

Figura 17: Processo de retirada do material de estudo

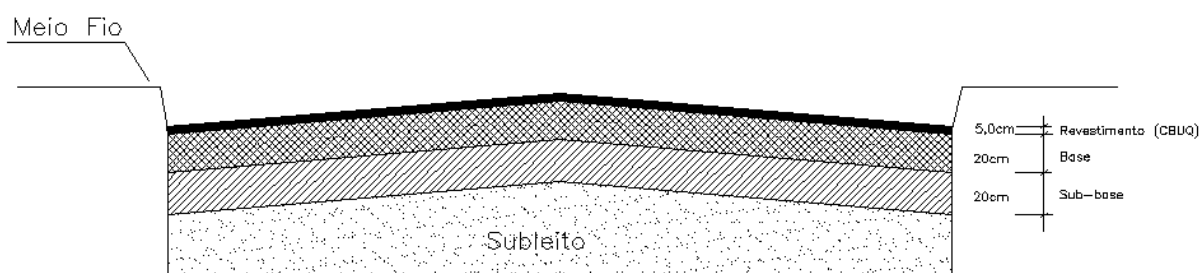


Fonte: Autora, 2017.

Durante a retirada do material foi observado que até uma profundidade de 0,45 m que o material mantinha o mesmo horizonte. A profundidade citada, foi notado a mudança do horizonte e escavado mais 0,40 m, determinando como material do subleito.

Como não foi possível ter acesso ao projeto da Rodovia no trecho estudado, a conclusão através dos horizontes foi conforme demonstrado na figura 18.

Figura 18: Pavimento tipo do Trecho estudado.



Fonte: Autora, 2017.

3.3 Ensaio de Densidade “in situ”

O Ensaio para determinação da massa específica aparente “in situ” com emprego do frasco de areia foi realizado seguindo as diretrizes do método de ensaio: DNER – 092/94. No ensaio, primeiramente foi necessário que se pesasse o frasco com areia de densidade conhecida em seu interior, com massa aproximadamente de 7000 g, em seguida posicionou-se a bandeja com orifício no centro no solo e a limpou. Com a marreta e a talhadeira, fez-se um furo no solo com mesmo diâmetro e profundidade de aproximadamente 15cm, recolhendo-se o solo retirado na escavação do furo, pesando-o e determinando seu teor de umidade com o aparelho Speedy.

Após o furo feito, o frasco de areia foi posicionado de cabeça para baixo encaixando na bandeja metálica e o registro que permite a passagem de areia foi aberto. Após a passagem de toda a areia, fechou-se o registro e pesou-se novamente o frasco de areia. Foi encontrada uma massa menor que a anterior e com a diferença de massas e a densidade da areia conhecida, foi possível calcular o volume do furo feito no solo. Tendo posse dos valores da massa do solo seco e o volume do furo, foi possível calcular a massa específica seca do solo,

o que nos permitiu fazer a comparação com os resultados obtidos em laboratório e o grau de compactação do solo, os resultados obtidos estão apresentados no Apêndice B.

O ensaio foi realizado no sentido Palmas/Porto Nacional e Porto Nacional/Palmas (Fig. 19).

Figura 19: Ensaio de Densidade "in situ".

a) Sentido Palmas/Porto Nacional.



b) Sentido Porto Nacional/Palmas.



Fonte: Autora, 2017.

3.4 Ensaios laboratoriais

Inicialmente foram seguidas as diretrizes do método de ensaio: DNER - ME 041/94 para a preparação das amostras de solos para análise granulométrica, determinação dos limites de liquidez e plasticidade, compactação do solo e ISC e expansão. As amostras passaram nas peneiras com abertura 25,4 - 19,1 - e 4,75 mm.

Estas amostras serão repartidas em quatro amostras representativas do solo de 5,0 kg para o ensaio de compactação e 1,5 kg para os demais ensaios. Como a camada de base e sub-base demonstraram o mesmo horizonte, ficou caracterizado como sendo o mesmo material.

3.4.1 Análise granulométrica

A Classificação granulométrica das amostras foi realizada através do ensaio de Granulometria por Peneiramento seguindo as recomendações do Método de ensaio DNER ME 051/94. O ensaio foi realizado para cada camada coletada com o objetivo de posteriormente enquadrar o material de acordo com a Classificação TRB. Em uma amostra de 1,5 kg de cada camada, após a secagem na estufa, foi realizado o peneiramento grosso e fino do material nas peneiras 10 mm e 200 mm por meio de peneiramento e lavagem, o resultado é obtido a partir do somatório das massas retidas em cada peneira, desde que não exceda 5% da amostra inicial seca, caso ultrapassasse seria necessário refazer o ensaio. Foi realizado a pesagem de cada peneira para obter o material retido, e para obtenção do material passante é só subtrair de 100% do acumulado em cada peneira (Fig. 20 e 21).

Figura 20: Peneiramento manual.



Fonte: Autora, 2017.

Figura 21: Pesagem do material retido nas peneiras.



Fonte: Autora, 2017.

Os resultados obtidos estão apresentados no Apêndice C.

3.4.2 Limite de liquidez

O ensaio de limite de liquidez foi realizado com uma fração da amostra de solo, do subleito, visto que o solo da base e sub-base deram N.P, foi utilizado cerca de 70 g, passante na peneira 0,42 mm, foi adicionada água até que se obteve um material plástico, e uma parcela dessa massa fora transferida para o aparelho normalizado Casagrande, que consiste essencialmente de uma concha metálica que acionada por uma manivela, golpeia a base do aparelho, o material foi espalhado de modo que ocupasse aproximadamente 2/3 da superfície da concha, em seguida foi produzido uma canelura na massa do solo, com o uso do cinzel, de modo que a espessura da massa na parte central fosse de 1 cm, após esse processo, foi feito o golpear da concha até que as duas bordas inferiores da canelura se uniram na extensão de 1 cm, o material da junção das bordas foi retirado e disposto em estufa a 105 °C – 110°C, para a determinação da umidade. Os critérios desse ensaio serão extraídos do Método de Ensaio: DNER - ME 122/94, conforme a figura 22.

Figura 22: Ensaio de limite de liquidez



Fonte: Autora, 2017.

3.4.3 Limite de plasticidade

Com o remanescente da amostra de solo passante na peneira 0,42 mm utilizado no ensaio do Limite de liquidez, que já estava homogeneizada com adição de água aos poucos, até resultar uma massa plástica. Com esta massa foi feito uma pequena bola que rolada com a mão em uma placa de vidro até que formou um cilindro com 3 mm de diâmetro, verificando com o cilindro metálico para comparação, após esse processo foi transferido parte desse cilindro fragmentado para um recipiente metálico e levado a estufa. Para cada amostra foi

realizado três vezes o ensaio, que resultou em valores que não diferiram da média de mais de 5%, possibilitando determinar a umidade. Os critérios desse ensaio foram extraídos do Método de Ensaio: DNER - ME 082/94, conforme figura 23.

Figura 23: Ensaio de limite de plasticidade.



Fonte: Autora, 2017.

3.4.4 Ensaio de compactação

Para o ensaio de compactação, o solo foi destorrado no almofariz pela mão de gral, homogeneizado e reduzido até que se obteve uma amostra representativa de aproximadamente 6 kg de solo, seguindo as diretrizes do Método de ensaio DNIT - ME 164/2013, que determina que seja feito o peneiramento do material nas peneiras 19 mm e 4,8 mm, sendo utilizado para o ensaio o material passante na peneira 19 mm e a mesma fração em peso do material retido na peneira 19 mm de material passante na peneira 19 mm e retido na 4,8 mm.

O material foi compactado nas energias de compactação intermediária, cada amostra foi distribuída em um molde cilíndrico metálico em três camadas iguais e aplicada 26 golpes por camadas com um soquete metálico caindo a uma altura de aproximadamente 45 cm. Os corpos de prova foram classificadas em umidade seca, ótima e saturada (Fig. 24 e 25).

Figura 24: Amostra seca e saturada.



Fonte: Autora, 2017.

Figura 25: Compactação.



Fonte: Autora, 2017.

Os resultados obtidos estão apresentados no Apêndice D.

3.4.5 Índice de suporte Califórnia

Após a realização do ensaio de compactação, nos corpos de provas foram colocados hastes de expansão com extensômetro, destinado a medir as expansões ocorridas, que foram anotadas de 24 em 24 horas, os corpos de provas ficaram submergidos durante quatro dias em um tanque de água, terminado o período de embebição, cada molde com o corpo de prova foi retirado da imersão e deixou-os escoando a água durante 15 minutos. Findo esse tempo, o corpo de prova estava preparado para a penetração. Procedeu-se o cálculo da expansão durante a embebição, após foi realizado o ensaio de penetração em uma prensa, para este ensaio foram colocadas no topo de cada corpo de prova, dentro do molde cilíndrico, levou-se

o conjunto ao prato da prensa e foi realizado o assentamento do pistão de penetração do solo, por meio de uma aplicação de uma carga de aproximadamente 45 N, conforme figura 26.

Figura 26: Ensaio de ISC.



Fonte: Autora, 2017.

O Valor de ISC foi obtido através da fórmula 10, para o cálculo de projeto do suporte do pavimento, o CBR a ser adotado foi o valor mais frequente em todas as amostras. Os critérios desse ensaio foram extraídos do Método de Ensaio: DNIT 172/2006 – ME.

$$ISC = \frac{\text{Pressão calculada ou pressão corrigida} \times 100}{\text{pressão padrão}}$$

10

Os resultados obtidos estão apresentados no Apêndice E.

3.5 Estudo do tráfego para determinação do número “N”

No caso do projeto que é de reabilitação foi realizado uma contagem manual classificatória de sete dias, durante 24 horas por dia, no seguimento do trecho de estudo, com nível de precisão C, onde é interpretado como suficiente com estimativa grosseira, método 4, conforme tabela 9.

Tabela 9: Métodos manuais de contagem de tráfego.

I – 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		
(5) - Métodos (1) a (4) em 4 vezes (6) - em intervalos de 3 meses (7) - (usando para (1) e (2) diferentes horas (8) - e dias)	C C B B	O número de vezes pode ser 2,3 ou 6 em vez de 4, alterando de forma semelhante o espaçamento	Calcule os totais de cada semana e então a média das 4 semanas
(9) - Contagem das 6 am às 10 pm de 52 em 52 dias durante 1 ano (7 contagens)	B		Estes métodos são de grande utilidade quando se tem que contar em vários pontos de uma mesma área. Podem ser feitas variações para atender a condições especiais
(10) - Contagem das 6 am às 10 pm de 26 em 26 dias durante 1 ano (14 contagens)	A ou B		
(11) - Contagem das 6 am às 10 pm de 13 em 13 dias durante 1 ano (28 contagens)	A		
(12) - Como em (9), mas divida o trecho do dia de interesse em 7 partes iguais (p. ex 2 horas. Em cada uma das 7 contagens conte uma parte, na ordem 1,4,7,3,6,2,5	C	Pode variar a parte em que inicia a contagem, mantendo a ordem, como 4,7,3,6,6,5,1, ou 3,6,2,5,1,4,7	
(13) - Como em (10) mas divida o trecho do dia de interesse em 14 partes iguais (por ex. 14 partes de 1 hora) e conte sucessivamente as partes 1,4,7,10,13,2,5,8,11,14,3,6,9,12	C		
(14) - Como em (11) divida o trecho do dia de interesse em 14 partes iguais e conte sucessivamente as partes 1,6,11,2,7,12,3,8,13,4,9,14, e então repita este ciclo	B		

Fonte: DNIT, 2006a, p. 120.

A contagem foi realizada com o auxílio de dados fornecidos pelo OCR da câmara de fiscalização do radar fixo, situada no Km 5, na Porte Fernando Henrique Cardoso, sentido Palmas/Porto Nacional. Os dias que foram realizados as contagens foram de 23/08/2017 á 29/08/2017, durante 24 horas por dia, nos dois sentidos da via. Com os dados dos veículos, oferecidos pelo OCR foi possível fazer o tratamento dos dados e determinar a quantidade de veículos que trafegaram durante os 7 dias. Foram seguidas instruções básicas estabelecidas na Metodologia de Contagem Volumétrica de Tráfego – DNIT, bem como sua classificação de frota referentes aos veículos de carga, conforme aspectos mostrados nas tabelas 10 e 11.

Tabela 10: Planilha extraídos do OCR.

	A	B	C	D	E	F	G
1	Data/Hora	Equipament	Endereço	Placa	Marca/Modelo	Cor	Ano
2	2017-08-23 00:00:10.410	SMTT4865	Rod. TO-080 km 2.0 Ponte FHC	EZQ9964	CHEVROLET/PRISMA 1.4L LT	PRATA	2012
3	2017-08-23 00:00:12.240	SMTT4867	Rod. TO-080 km 5.0 Ponte FHC	OYA8950	MMC/L200 TRITON GL D	PRATA	2015
4	2017-08-23 00:01:51.760	SMTT4867	Rod. TO-080 km 5.0 Ponte FHC	QKB0482	YAMAHA/YS150 FAZER ED	VERMELHA	2015
5	2017-08-23 00:02:10.130	SMTT4865	Rod. TO-080 km 2.0 Ponte FHC	QKL0909	PEUGEOT/208 ACTIVE	BRANCA	2015
6	2017-08-23 00:02:11.930	SMTT4867	Rod. TO-080 km 5.0 Ponte FHC	EZQ9964	CHEVROLET/PRISMA 1.4L LT	PRATA	2012
7	2017-08-23 00:02:26.860	SMTT4865	Rod. TO-080 km 2.0 Ponte FHC	OYA8950	MMC/L200 TRITON GL D	PRATA	2015
8	2017-08-23 00:02:32.640	SMTT4865	Rod. TO-080 km 2.0 Ponte FHC	HJF2033	FIAT/STRADA FIRE FLEX	BRANCA	2009
9	2017-08-23 00:02:43.740	SMTT4867	Rod. TO-080 km 5.0 Ponte FHC	MWK9516	I/HYUNDAI I30 2.0	PRETA	2012
10	2017-08-23 00:02:45.540	SMTT4867	Rod. TO-080 km 5.0 Ponte FHC	MWK9516	I/HYUNDAI I30 2.0	PRETA	2012
11	2017-08-23 00:03:41.550	SMTT4865	Rod. TO-080 km 2.0 Ponte FHC	QKB0482	YAMAHA/YS150 FAZER ED	VERMELHA	2015
12	2017-08-23 00:04:13.380	SMTT4867	Rod. TO-080 km 5.0 Ponte FHC	QKL0909	PEUGEOT/208 ACTIVE	BRANCA	2015
13	2017-08-23 00:04:22.080	SMTT4867	Rod. TO-080 km 5.0 Ponte FHC	QK16732	TOYOTA/COROLLA XE120FLEX	PRATA	2018
14	2017-08-23 00:04:53.810	SMTT4865	Rod. TO-080 km 2.0 Ponte FHC	QKD8038	CHEVROLET/ONIX 10MT JOYE	BRANCA	2017
15	2017-08-23 00:05:15.290	SMTT4865	Rod. TO-080 km 2.0 Ponte FHC	MWK9516	I/HYUNDAI I30 2.0	PRETA	2012
16	2017-08-23 00:05:32.260	SMTT4867	Rod. TO-080 km 5.0 Ponte FHC	HJF2033	FIAT/STRADA FIRE FLEX	BRANCA	2009

Fonte: Excel, 2017.

Tabela 11: Dados da contagem volumétrica.

Sentido: PALMAS/PORTO											
DIA	Carro	Moto	Ônibus	Veículos de carga							Σ
				Nº DE EIXOS							
				2	3	4	5	6	7	9	
23/ago	4134	732	15	61	47	55	24	31	21	17	5137
24/ago	4286	701	21	52	40	59	21	22	17	12	5231
25/ago	4094	697	21	78	47	65	27	26	25	16	5096
26/ago	1982	578	19	34	26	31	14	9	9	7	2709
27/ago	1777	495	14	39	27	25	9	11	14	9	2420
28/ago	4326	709	19	72	51	48	26	21	20	12	5304
29/ago	4189	721	22	58	59	56	31	23	17	13	5189
Σ	24788	4633	131	394	297	339	152	143	123	86	

Sentido: PORTO/PALMAS											
DIA	Carro	Moto	Ônibus	Veículos de carga							Σ
				Nº DE EIXOS							
				2	3	4	5	6	7	9	
23/ago	4358	785	24	73	56	53	33	32	20	12	5446
24/ago	4689	722	29	64	49	47	34	21	22	18	5695
25/ago	4135	711	27	96	56	59	37	26	24	11	5182
26/ago	2191	535	19	33	24	33	19	8	5	3	2870
27/ago	1956	552	17	41	21	34	10	6	4	4	2645
28/ago	4735	736	28	81	61	65	41	22	19	11	5799
29/ago	4226	789	26	74	67	60	34	13	15	9	5313
Σ	26290	4830	170	462	334	351	208	128	109	68	

Fonte: Excel, 2017.

Através da contagem, foi possível conhecer a composição do tráfego. Levando em consideração que nos dias 26 e 27 de agosto, sábado e domingo respectivamente, tiveram um volume de tráfego bem inferior aos demais dias da semana, para a determinação do número “N”, foi usado os dados da contagem dos dias 23, 25 e 28 de agosto, quarta-feira, sexta-feira e segunda-feira respectivamente.

A projeção de tráfego futuro até a final da vida útil da rodovia e o valor de número “N”, foi calculada segundo a metodologia de USACE e AASTHO, sendo o maior valor o da USAC, conforme tabela 12.

Tabela 12: Número "N".

PROJEÇÃO DO VMDAT E DOS VALORES DO NÚMERO "N"								
RODOVIA	: TO-080							
TRECHO	: PALMAS / PORTO NACIONAL							
ANO DA PESQUISA	ANO DE CRESCIMENTO DO TRÁFEGO			PERÍODO DE PROJETO (ANOS)	FATORES DE VEÍCULO		FATOR CLIMÁTICO REGIONAL	FATOR DE PISTA
	PASSEIO	COLETIVO	CARGA		MÉTODO USACE	MÉTODO AASHTO		
2017	3%	3%	3%	15	7,1678	2,4625	1,000	50%
VMD	COMPOSIÇÃO DA FROTA			ANO DE ABERTURA DO TRÁFEGO	NÚMERO "N" CALCULADO (COLETIVO E CARGA)		OBSERVAÇÕES	
	PASSEIO	COLETIVO	CARGA		MÉTODO USACE	MÉTODO AASHTO		
10.685	94,07%	0,38%	5,55%	2017				
ANO	VEÍCULO TIPO			VMDAT (Total)	MÉTODO USACE	MÉTODO AASHTO		
	PASSEIO	COLETIVO	CARGA					
	2017	10051	41	593	10685	8,29E+05	2,85E+05	
1	2018	10.353	42	611	11006	8,54E+05	2,93E+05	
2	2019	10.664	43	629	11336	8,79E+05	3,02E+05	
3	2020	10.984	44	648	11676	9,05E+05	3,11E+05	
4	2021	11.314	45	667	12026	9,31E+05	3,20E+05	
5	2022	11.653	46	687	12386	9,59E+05	3,29E+05	
6	2023	12.003	47	708	12758	9,88E+05	3,39E+05	
7	2024	12.363	48	729	13140	1,02E+06	3,49E+05	
8	2025	12.734	49	751	13534	1,05E+06	3,60E+05	
9	2026	13.116	50	774	13940	1,08E+06	3,70E+05	
10	2027	13.509	52	797	14358	1,11E+06	3,82E+05	
11	2028	13.914	54	821	14789	1,14E+06	3,93E+05	
12	2029	14.331	56	846	15233	1,18E+06	4,05E+05	
13	2030	14.761	58	871	15690	1,22E+06	4,18E+05	
14	2031	15.204	60	897	16161	1,25E+06	4,30E+05	
15	2032	15.660	62	924	16646	1,29E+06	4,43E+05	
	USACE	1,29E+06	Número "N"			USACE	1,29E+06	
	AASHTO	4,43E+05						

Fonte: Excel, 2017.

Portanto, o valor do número de operações de um eixo padrão de 8,2t utilizado nos diversos dimensionamentos constantes neste estudo foi o seguinte:

$$N = 1,29 \times 10^6$$

3.6 Dimensionamento do pavimento, pelo método do DNER

Em função do número de repetições de eixo padrão adotado anteriormente ($N = 1,29 \times 10^6$), foi possível determinar a espessura e o tipo de revestimento a ser adotado., obteve-se uma espessura de 5,0 cm de revestimento em revestimento betuminoso.

Espessura mínima de revestimento betuminoso.

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

Fonte: DNIT, 2006a, p. 147.

Posteriormente, foram determinados os coeficientes estruturas para os materiais destinados as camadas de revestimento, base e sub-base. As camadas de base e sub-base foram dimensionadas como sendo camadas granulares. Os coeficientes estruturais obtidos foram baseados na tabela abaixo.

Coeficiente de equivalência estrutural “K”.

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 45kg/cm ²	1,70
Idem, com resistência à compressão a 7 dias, entre 45kg/cm ² a 28kg/cm ²	1,40
Idem, com resistência à compressão a 7 dias, entre 28kg/cm ² a 21kg/cm ²	1,20

Fonte: DNIT, 2006a, p. 146.

Portanto, os coeficientes estruturais adotados nos dimensionamentos, pelo Método do DNER, foram os seguintes:

Revestimento Betuminoso $\rightarrow K_R = 2,00$

Base Granular $\rightarrow K_B = 1,00$

Sub-base Granular $\rightarrow K_{SB} = 1,00$

Posteriormente, foram calculadas as espessuras das demais camadas que constituem o pavimento, foi considerado para o dimensionamento o CBR de subleito encontrado no trecho de Porto Nacional/Palmas, devido ser a pior situação.

➤ ***Sentido: Porto Nacional/Palmas***

Os dados referentes ao trecho em estudo foram os seguintes:

Subleito $\rightarrow CBR = 17,00\%$

Base $\rightarrow CBR = 60\%$

Sub-base $\rightarrow CBR = 20\%$

➤ ***Espessura do Revestimento (R) - Betuminoso.***

$$R = 5,00 \text{ cm}$$

➤ ***Espessura da Camada de Base (B).***

$$H_t = 77,67 \times N^{0,0482} \times CBR^{-0,598}$$
$$H_{20} = 77,67 \times (1,29 \times 10^6)^{0,0482} \times 20^{-0,598}$$
$$H_{20} = 25,51 \text{ cm}$$

$$(R \times K_R) + (B \times K_B) \geq H_{20}$$
$$(5 \times 2,00) + (B \times 1) \geq 25,51$$

$$B = \frac{25,51 - 10}{1}$$

$$B = 15,51 \text{ cm}$$

Adotado \rightarrow = 20,00 cm

➤ **Espessura da Camada de Sub-base (h_{20}).**

$$H_t = 77,67 \times N^{0,0482} \times CBR^{-0,598}$$

$$H_m = 77,67 \times (1,29 \times 10^6)^{0,0482} \times 17,00^{-0,598}$$

$$H_m = 28,12 \text{ cm}$$

$$(R \times K_R) + (B \times K_B) + (h_{20} \times K_S) \geq H_m$$

$$(5 \times 1,20) + (20 \times 1) + (h_{20} \times 1) \geq 28,12$$

$$h_{20} = \frac{28,12 - 26}{1}$$

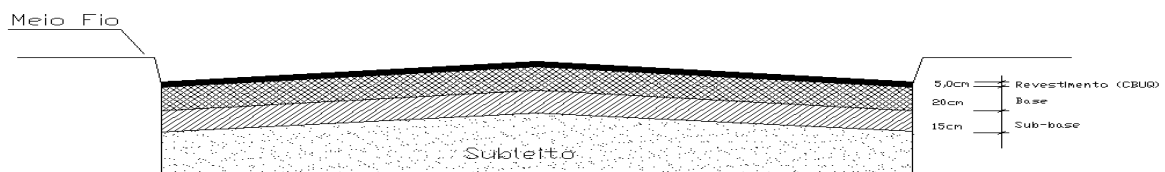
$$h_{20} = - 1,88 \text{ cm}$$

Segundo o Método do DNER, a espessura mínima a se adotada para camadas granulares deve ser de 15 cm

Adotado \rightarrow $h_{20} = 15,00 \text{ cm}$

Espessura Total do Pavimento = 5,00 + 20,00 + 15,00 = 40,00 cm
--

Figura 27: Pavimento tipo, pelo método DNER.



Fonte: Autora,2017.

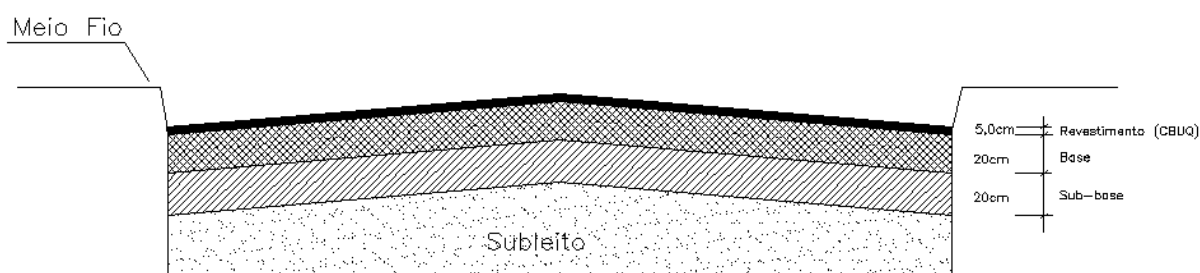
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Estrutura do pavimento da Rodovia no trecho estudado

Devido não ser possível ter acesso ao projeto da Rodovia no trecho de estudo, foram estimadas espessuras, conforme os horizontes. Com a retirada do material pôde-se observar as mudanças nos horizontes do solo e determinar as espessuras das camadas, foi feita uma escavação até 0,40 m do material, apresentando o mesmo horizonte, o que leva a considerar que para a base e sub-base foram utilizados o mesmo material.

Contudo, a estrutura do pavimento foi determinada conforme demonstrado na figura 28.

Figura 28: Pavimento tipo do Trecho estudado.



Fonte: Autora,2017.

4.2 Resultados das amostras ensaiadas

➤ Densidade “in situ”

O ensaio de densidade “in situ” com frasco de areia, foi realizado na camada de base e sub-base, os resultados obtidos em campo ao serem comparados com os obtidos em laboratório, foram satisfatórios, considerando que para as camadas de sub-base e base o grau mínimo de compactação e de 100% da energia especificada podendo variar em $\pm 2\%$, bem como a variação de umidade, conforme demonstrado no tabela 13.

Tabela 13: Resumo do ensaio de Densidade "in situ"

Parâmetro	Und.	Lado direito	Lado esquerdo
Profundidade	DE	0,05	0,05
	A	0,25	0,25
Estaca		L/D	L/E
Massa inicial	g	7000	7000
Massa final	g	3615	3550
Massa no furo + funil	g	3385	3450
Funil	Nº	1	1
Massa da areia no funil	g	585	585
Massa de areia no furo	g	2800	2865
Massa unitária da areia	g/cm ³	1370	1370
Volume do furo	cm ³	2044	2091
Umidade	%	11,7	12,3
Massa do solo úmido	g	4726	4851
Densidade do solo úmido	g	2313	2320
Massa específica aparente seca do solo natural	g/cm ³	2071	2066
Massa específica compactada seca	g/cm ³	2080	2096
Umidade ótima	%	8,9	8,24
Grau de compactação	%	99,6	98,6

Fonte: Autora, 2017.

➤ Índices físicos – Granulometria, Limite de Liquidez e Limite de Plasticidade

A caracterização física do solo compreendeu os ensaios de granulometria, LL e LP, os cálculos do IP, IG e a classificação segundo a tabela HRB. Para a caracterização mecânica do solo foi feito o ensaio de compactação para se obter a densidade seca máxima e a umidade ótima. Os resultados obtidos nos ensaios de caracterização física e mecânica estão representados na tabela 14.

Tabela 14: Características físicas e mecânicas do solo.

Características	Base e Sub-base (LD)	Base e Sub-base (LE)	Subleito (LD)	Subleito (LE)
Passante na peneira nº 4 em (%)	67,0	65,8	83,2	83,8
Passante na peneira nº 10 em (%)	49,9	48,6	75,3	76,7
Passante na peneira nº 40 em (%)	66,6	68,1	92,8	94,4
Passante na peneira nº 200 em (%)	44,3	43,8	63,3	65,8
Limite de liquidez - LL (%)	N.P	N.P	34,2	29,6
Limite de plasticidade - LP (%)	N.P	N.P	28,6	20,5
Índice de plasticidade - IP (%)	N.P	N.P	5,6	9,1
IG	0	0	0	1
Classificação TRB	A-1-B	A-1-B	A-4	A-4
$\gamma_{\text{máx}}$ (g/cm ³)	2,080	2,096	1,909	1,715
Hót (umidade ótima) %	8,9	8,24	18,26	16,63

Fonte: Autora, 2017.

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, N.P e IG = 0, solo este recomendado para o emprego como subleito, o solo do subleito é do tipo A-4, material silteoso, IP variando entre 5 e 9,5, no lado direito e esquerdo da rodovia, respectivamente, e IG 0 e 1, este solo não é recomendado para o emprego como subleito.

➤ Compactação

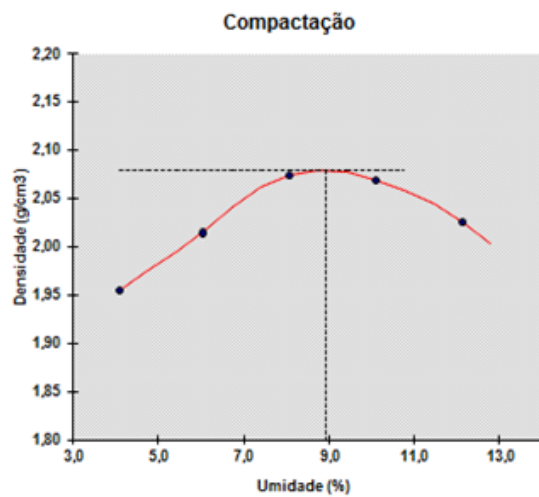
O DNIT (2006) define a compactação como a operação da qual resulta o aumento da massa específica aparente de um solo pela aplicação de pressão, impacto ou vibração, fazendo as partículas entrarem em contato mais íntimo, com diminuição do volume do solo. O método visa determinar a densidade máxima do solo atingida sob dada energia de compactação.

Para a realização do ensaio, uma porção do material foi seco e compactado em um cilindro com volume conhecido, variando a umidade de forma a obter-se a umidade ótima do solo. Para o solo foi realizado o ensaio nas energias normal para o material do subleito e intermediária para o material de base e sub-base, com um cilindro grande.

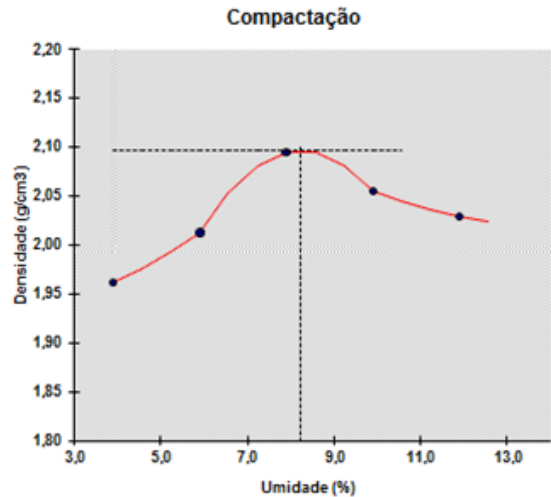
Para o material de base e sub-base o ensaio foi inicializado com umidade de 4,1 e 3,9%, no lado direito e esquerdo respectivamente, ocorrendo um acréscimo de umidade de 2% até se atingir uma umidade de 12,1 e 11,9%, respectivamente, os resultados permitiram plotar as curvas de compactação, assim mostrado na figura 29.

Figura 29: Curva de compactação material da base e sub-base.

a) Curva de compactação de base e sub-base (LD)



b) Curva de compactação de base e sub-base (LE)

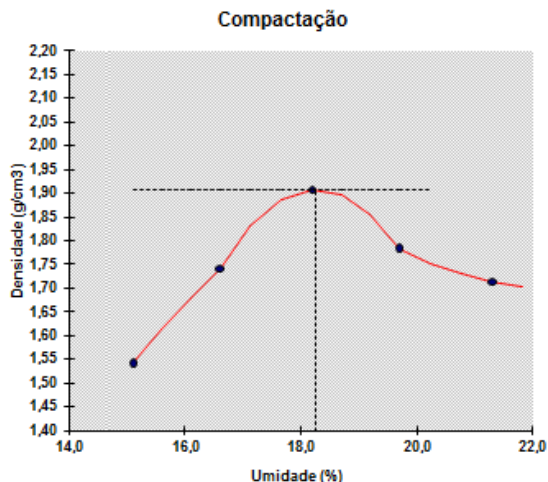


Fonte: Autora, 2017.

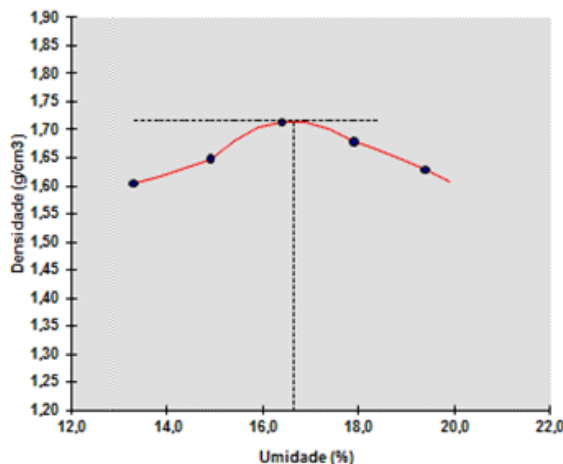
Para o material de subleito o ensaio foi inicializado com umidade de 15,1 e 13,3%, no lado direito e esquerdo respectivamente, ocorrendo um acréscimo de umidade até se atingir uma umidade de 21,3 e 19,4%, respectivamente, os resultados permitiram plotar as curvas de compactação, assim mostrado na figura 29.

Figura 30: Curva de compactação material do subleito.

a) Curva de compactação do subleito (LD)



b) Curva de compactação do subleito (LE)



Fonte: Autora, 2017.

O resultado do método está apresentado na tabela 15.

Tabela 15: Resultado da compactação proctor do solo.

Parâmetro	Base e Sub-base (LD)	Base e Sub-base (LE)	Subleito (LD)	Subleito (LE)
Energia	Intermediária	Intermediária	Normal	Normal
Nº de golpes	26	26	12	13
$\gamma_{m\acute{a}x}$ (g/cm³)	2,080	2,096	1,909	1,715
Hót. (umidade ótima) %	8,9	8,24	18,26	16,63

Fonte: Autora, 2017.

➤ ISC e Expansão

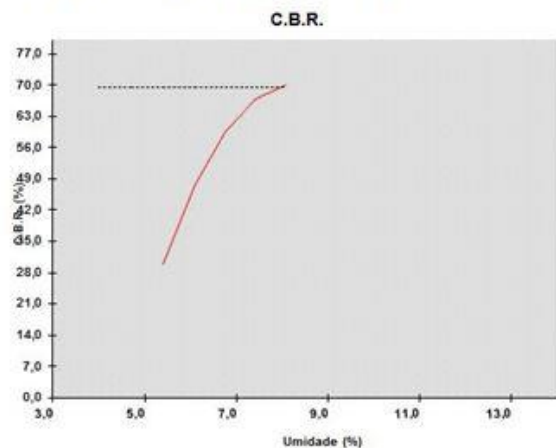
O índice de suporte Califórnia, utilizado em larga escala no Brasil, é um dos ensaios mais utilizados para caracterização do solo e dimensionamento de pavimentos, devido principalmente à sua facilidade de execução e ao baixo custo.

Para o material de base e sub-base o CBR encontrado através do ensaio, no lado direito e esquerdo da rodovia foram de 67, 0 e 70,5 %, respectivamente, o que apresenta um bom resultado visto, que devido o número “N” ser de $1,29 \times 10^6$, adota para dimensionamento

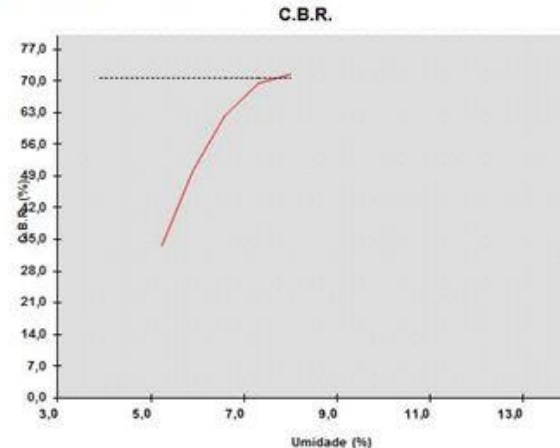
o CBR de 60 e 20% para base e sub-base respectivamente, o resultado mostra a curva característica do material na figura 31 .

Figura 31: Curva CBR do material de base e sub-base.

a) Curva CBR da base e sub-base (LD)



b) Curva CBR da base e sub-base (LE)

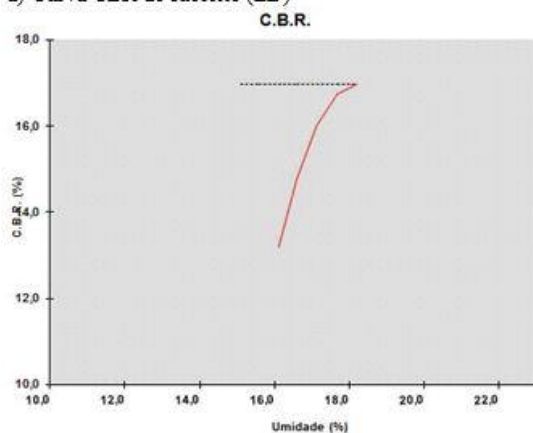


Fonte: Autora, 2017.

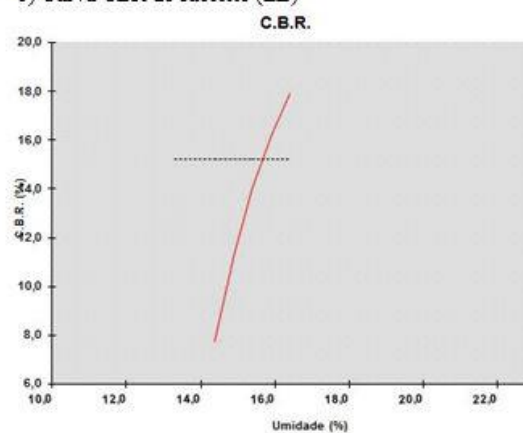
Para o material do subleito o CBR encontrado através do ensaio, no lado direito e esquerdo da rodovia foram de 16,9 e 15,2 %, respectivamente, o que apresenta um bom resultado visto, que devido o CBR mínimo a ser adotado em subleito corresponde a 2%, o resultado mostra a curva característica do material na figura 32.

Figura 32: Curva CBR do material de subleito.

a) Curva CBR do subleito (LD)



b) Curva CBR do subleito (LE)



Fonte: Autora, 2017.

O resultado do método está apresentado na tabela 16.

Tabela 16: Resultados CBR e Expansão.

Parâmetro	Base e Sub-base (LD)	Base e Sub-base (LE)	Subleito (LD)	Subleito (LE)
Extensão	0,02	0,03	0,03	0,02
CBR	67	70,5	17,0	18,5
$\gamma_{\text{máx}}$ (g/cm ³)	2,080	2,096	1,909	1,715
Hót. (umidade ótima) %	8,9	8,24	18,26	16,63

Fonte: Autora, 2017.

➤ Estudo do tráfego

O estudo de tráfego tem como principal objetivo estimar o volume e o tipo de tráfego a que estará submetido o trecho em questão. É a partir dele que os estudos referentes à geometria do projeto, a seção tipo transversal e a estrutura do pavimento são desenvolvidos.

Este estudo considerou para abertura do tráfego o ano de 2017, adotando-se a contagem do tráfego realizada entre os dias 23 á 29 de agosto de 2017, com taxa de crescimento anual de 3,00%, foi adotado uma projeção de tráfego futuro de 15 anos, após a abertura da Rodovia. Para determinação do número “N” foi seguindo a metodologia de USACE, para o trecho em estudo conforme apresentados na tabela 12.

Determinação número “N”.

PROJEÇÃO DO VMDAT E DOS VALORES DO NÚMERO "N"								
RODOVIA	: TO-080							
TRECHO	: PALMAS / PORTO NACIONAL							
ANO DA PESQUISA	ANO DE CRESCIMENTO DO TRÁFEGO			PERÍODO DE PROJETO (ANOS)	FATORES DE VEÍCULO		FATOR CLIMÁTICO REGIONAL	FATOR DE PISTA
	PASSEIO	COLETIVO	CARGA		MÉTODO USACE	MÉTODO AASHTO		
2017	3%	3%	3%	15	7,1678	2,4625	1,000	50%
VMD	COMPOSIÇÃO DA FROTA			ANO DE ABERTURA DO TRÁFEGO	NÚMERO "N" CALCULADO (COLETIVO E CARGA)		OBSERVAÇÕES	
	PASSEIO	COLETIVO	CARGA		MÉTODO USACE	MÉTODO AASHTO		
10.685	94,07%	0,38%	5,55%	2017				
ANO	VEÍCULO TIPO			VMDAT (Total)				
		PASSEIO	COLETIVO	CARGA				
	2017	10051	41	593	10685	8,29E+05	2,85E+05	
1	2018	10.353	42	611	11006	8,54E+05	2,93E+05	
2	2019	10.664	43	629	11336	8,79E+05	3,02E+05	
3	2020	10.984	44	648	11676	9,05E+05	3,11E+05	
4	2021	11.314	45	667	12026	9,31E+05	3,20E+05	
5	2022	11.653	46	687	12386	9,59E+05	3,29E+05	
6	2023	12.003	47	708	12758	9,88E+05	3,39E+05	
7	2024	12.363	48	729	13140	1,02E+06	3,49E+05	
8	2025	12.734	49	751	13534	1,05E+06	3,60E+05	
9	2026	13.116	50	774	13940	1,08E+06	3,70E+05	
10	2027	13.509	52	797	14358	1,11E+06	3,82E+05	
11	2028	13.914	54	821	14789	1,14E+06	3,93E+05	
12	2029	14.331	56	846	15233	1,18E+06	4,05E+05	
13	2030	14.761	58	871	15690	1,22E+06	4,18E+05	
14	2031	15.204	60	897	16161	1,25E+06	4,30E+05	
15	2032	15.660	62	924	16646	1,29E+06	4,43E+05	
	USACE	1,29E+06	Número "N"			USACE	1,29E+06	
	AASHTO	4,43E+05						

Portanto, o valor do número de operações de um eixo padrão de 8,2t utilizado no dimensionamento constante neste estudo foi o seguinte:

$$N = 1,29 \times 10^6$$

➤ **Dimensionamento pelo método DNER**

Em função do número de repetições de eixo padrão adotado anteriormente ($N = 1,29 \times 10^6$), foi possível determinar a espessura e o tipo de revestimento a ser adotado, conforme apresentados na tabela 08 anteriormente.

Revestimento betuminoso → com 5 cm de espessura

As camadas de base e sub-base foram dimensionadas como camadas granulares, com coeficientes estruturais conforme demonstrados na tabela 07 anteriormente.

Revestimento Betuminoso \rightarrow KR = 2,00

Base Granular \rightarrow KB = 1,00

Sub-base Granular \rightarrow KSB = 1,00

Com a obtenção do CBR do subleito da rodovia no trecho de estudo, posteriormente, foram calculadas as espessuras das demais camadas que constituem o pavimento. Considerando que os CBRs determinados através do ensaio de ISC, foram encontrados os valores de 17,0% e 18,5% para o lado direito e esquerdo, respectivamente. Para o dimensionamento foi considerado a pior situação.

Subleito (LD) \rightarrow CBR = 17,0 %

Subleito (LE) \rightarrow CBR = 18,5 %

Por se tratar de um número “N” $< 5 \times 10^6$, para a camada da base foi utilizado o CBR de 60%, e sub-base 20%.

Subleito \rightarrow CBR = 17,0%

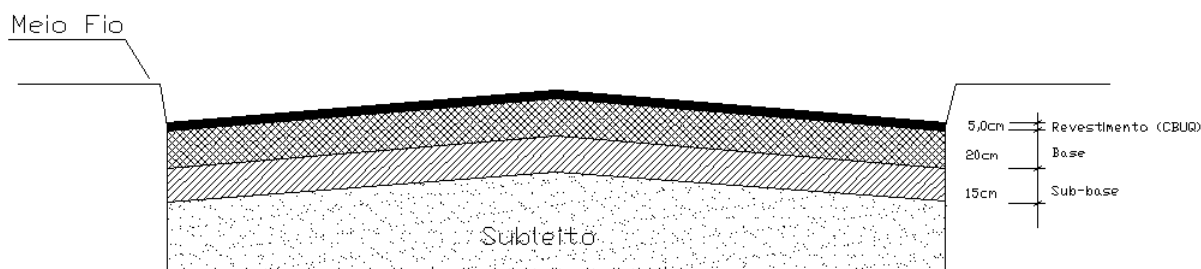
Base \rightarrow CBR = 60%

Sub-base \rightarrow CBR = 20%

Com estes valores foi possível determinar a base e sub-base com respectivas espessuras de 15 e 20 cm cada e o revestimento CBUQ com 5 cm.

$\text{Espessura Total do Pavimento} = 5,00 + 20,00 + 15,00 = 40,00 \text{ cm}$

Figura 28: Pavimento tipo do Trecho estudado.



Como a estrutura do pavimento é superior ao dimensionamento proposto considerando o número “N” e o CBR do subleito, convém dizer que apesar de certamente o projeto não ter considerado a implantação da Plataforma Multimodal do Distrito de Luzimangues, certamente já havia previsão de que lá se tornasse um polo industrial, visto que foi dimensionado com camadas espessas e com solo reforçado.

Outra análise importante a ser discutida nesse trecho é a necessidade de alternativas para que os caminhões de carga cheguem a Plataforma Multimodal, visto que durante as filmagens para a contagem foi observado que nos horários de pico devido à baixa velocidade dos caminhões carregados já está causando lentidão na Ponte Fernando Henrique Cardoso, devido ser mão única, estudo a ser discutido em trabalhos futuros.

Outro fato importante a ser discutido é que devemos pensar no melhoramento da malha urbana da cidade de Palmas e Luzimangues que serão afetadas pelo aumento do tráfego de carga gerando um transtorno neste, pois infraestrutura existente das malhas urbanas não atenderá a essa demanda futura tanto a estrutura do pavimento como projeto geométrico adotado, com a presença de diversas rotatórias dificultando as manobras dos caminhões. Desta maneira, uma alternativa que solucione este problema seria a construção de uma via expressa em ambos os municípios que atendam a essa necessidade futura, estudo a ser discutido em trabalhos futuros.

5 CONCLUSÕES

O presente estudo teve como objetivo principal analisar a estrutura do pavimento asfáltico no trecho da Rodovia TO-80 entre a rotatória da Av. NS-15 e o início da travessia do Lago da UHE Lajeado, que faz a ligação dos municípios de Palmas a Porto Nacional, e verificar através do estudo de tráfego e ensaios laboratoriais se essa estrutura atende as necessidades da via.

Tendo como hipótese o fato que é bem provável que a sua estrutura (base e sub-base), não suportará a demanda de veículos de carga que transportará grãos da região de Porto Nacional, Santa Rosa e Brejinho de Nazaré para a Plataforma Multimodal da Ferrovia Norte-Sul, considerando um tráfego futuro.

Convêm, desde logo ressaltar que este trabalho possui fins acadêmicos, os resultados encontrados através das amostras coletadas indicam valores representativos, pois para uma determinação real da estrutura os materiais amostrais devem ser de todo o trecho como especificado nas instruções de serviço do DNIT.

De acordo com o desenvolvimento do estudo através da leitura do material de apoio e da análise dos dados apurados, pode-se constatar que o projeto adotado para o trecho em questão atende a necessidade da via, mesmo com uma projeção de 15 anos, ultrapassando até a vida útil de projeto, hoje com 28 anos de uso.

Analisando o resultado do dimensionamento do DNER com um projeção de 15 anos ser inferior á estrutura da via, pode-se levantar algumas hipóteses:

- ✓ O projeto foi realizado com camadas tão expeças devido se tratar no local estudado, de um trecho antes de um aterro de uma ponte com grande extensão;
- ✓ Pode ter sido considerado um número “N” de uma rodovia próxima com muito movimento, para o cálculo do projeto da via estudada;

Ainda dentro do escopo deste trabalho, existem algumas sugestões de temas que podem ser abordados em novas pesquisas. Desta forma como complemento deste trabalho são sugeridos os seguintes aspectos:

- ✓ Realizar o teste com a Viga Benkelman para determinar as deflexões do pavimento causados pelos caminhões de carga;
- ✓ Quais seriam as intervenções urbanísticas na malha urbana em Porto Nacional e Palmas para atender a demanda futura da TO-080?
- ✓ Alternativas de projetos que interligue o parque industrial de Porto Nacional ao Pátio de Integração Multimodal da Ferrovia Norte-Sul em Luzimangues.
- ✓ Efetuar um estudo semelhante a este apresentado neste trabalho para outros segmentos críticos da Rodovia TO-080.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICA (ABNT). **Terminologia e Classificação de Pavimentação - NBR 7207/82**, Rio de Janeiro, 1982.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICA (ABNT). **Determinação da composição granulométrica - NBR NM 248/03**, Rio de Janeiro, 2003.

BERNUCCI, L.B., MOTTA LMG, CERATTI JAP, SOARES JB. **Pavimentação asfáltica: formação básica para engenheiros**. Rio de Janeiro: PETROBRAS: ABEDA, 2008.

BRASIL. Conselho Nacional de Trânsito. Lei Nº 9.043 de 23 de setembro de 1997, Resolução Nº12 de 6 de dezembro de 1998.

CAPUTO, Homero Pinto. **Mecânica dos Solos e suas aplicações - fundamentos**. Vol. 1. 6ª ed. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos Editora, 1988.

CNT – Confederação Nacional de Transporte, **Pesquisa CNT de rodovias 2016: relatório gerencial**. – 20.ed. – Brasília: CNT: SEST: SENAT, 2016. Disponível em: <<http://pesquisarodovias.cnt.org.br>> Acesso em: 23 fevereiro 2017.

DEPARTAMENTO DE TRANSPORTES DA UFPR. **Transportes B – Tipos de pavimentos**. 2009. Disponível em: <<http://www.dtt.ufpr.br/Pavimentação/Notas/TextoComplementar.pdf>> Acesso em 28/02/2017.

DNER - DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS E RODAGENS. **Método de Ensaio: Determinação do limite de liquidez**. DNER - ME: 122/94. Rio de Janeiro, 1994a.

DNER - DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS E RODAGENS. **Método de ensaio: Determinação do limite de plasticidade**. DNER ME 082/94. Rio de Janeiro, 1994b.

DNER - DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS E RODAGENS. **Método de ensaio: Determinação do índice de suporte Califórnia**. DNER ME 049/94. Rio de Janeiro, 1994c.

DNER - DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS E RODAGENS. **Método de Ensaio: Preparação de amostras para ensaio de caracterização**. DNER - ME: 041/94. Rio de Janeiro, 1994d.

DNIT - DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **Método de Ensaio: Preparação de amostras para ensaio de caracterização**. DNIT - ME 164/2013. Rio de Janeiro, 2013.

DNIT - DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **Manual de Pavimentação**, IPR-719 – Rio de Janeiro, 2006a.

DNIT - DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES.
Manual de Estudo de Tráfego, IPR-723 – Rio de Janeiro, 2006b.

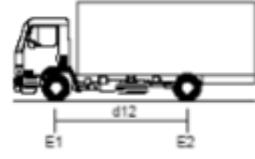




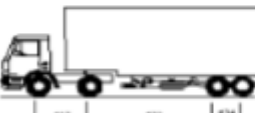

PALMAS. Prefeitura Municipal de Palmas. Decreto Nº 1.205, de 15 de março de 2016.


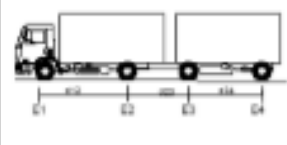

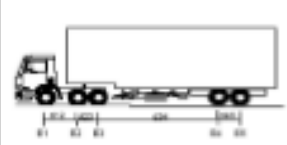

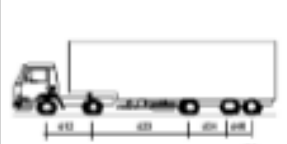

PALMAS. Secretaria da Infraestrutura, Habitação e Serviços Públicos – SEINF. Disponível em: < <http://seinf.to.gov.br/>> Acesso em: 23 fevereiro 2017.


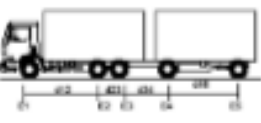

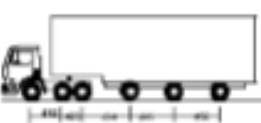
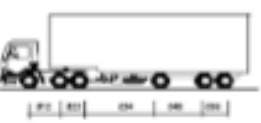


SENÇO, Wlastermiler de. **Manual de técnicas de pavimentação, volume I** – 2ª ed.- São Paulo: Pini, 2007.

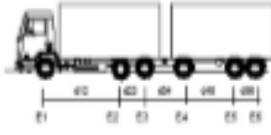
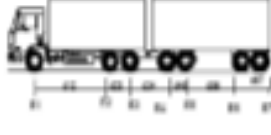
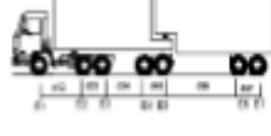


ANEXOS


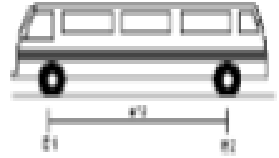
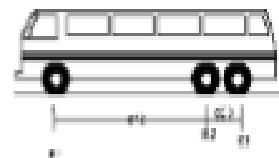
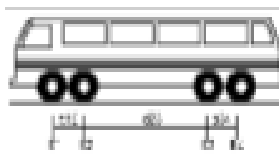
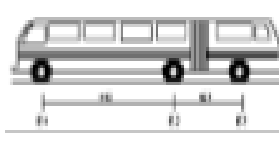
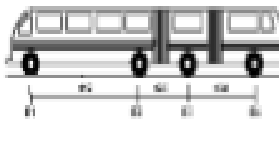
ANEXO A
Veículos adotados na classificação do DNIT

SILHUETA	Nº DE EIXOS	PBT/CMT MÁX.(t)	CARACTERIZAÇÃO	CLASSE
	2	16(16,8)	CAMINHÃO E1 = eixo simples (ES), rodagem simples (RS), carga máxima (CM) = 6t ou capacidade declarada pelo fabricante do pneumático E2 = ES, rodagem dupla (RD), CM = 10t $d12 \leq 3,50m$	2C
	3	23(24,2)	CAMINHÃO TRUCADO E1 = ES, RS, CM = 6t E2E3 = ES, conjunto de eixos em tandem duplo TD, CM = 17t $d12 > 2,40m$ $1,20m < d23 \leq 2,40m$	3C
	3	26(27,3)	CAMINHÃO TRATOR + SEMI REBOQUE E1 = ES, RS, CM = 6t E2 = ED, RD, CM = 10t E3 = ED, RD, CM = 10t $d12, d23 > 2,40m$	2S1
	4	31,5(33,1)	CAMINHÃO SIMPLES E1 = ES, RS, CM 6t E2E3E4 = conjunto de eixos em tandem triplo TT; CM = 25,5t $d12 > 2,40$ $1,20m < d23, d34 \leq 2,40m$	4C
	4	29(30,5)	CAMINHÃO DUPLO DIRECIONAL TRUCADO E1E2 = conjunto de eixos direcionais CED, CM = 12t E3E4 = TD, CM = 17t $1,20m < d34 \leq 2,40m$	4CD
	4	33(34,7)	CAMINHÃO TRATOR + SEMI REBOQUE E1 = ES, RS, CM 6t E2 = ED, RD, CM 10t E3E4 = TD, CM = 17t $d12, d23 > 2,40m$ $1,20m < d34 \leq 2,40m$	2S2
	4	36(37,8)	CAMINHÃO TRATOR + SEMI REBOQUE E1 = ES, RS, CM 6t E2 = ED, RD, CM 10t E3 = ED, RD, CM 10t E4 = ED, RD, CM 10t $d12, d23, d34 > 2,40m$	2I2

SILHUETA	Nº DE EIXOS	PBT/CMT MÁX.(t)	CARACTERIZAÇÃO	CLASSE
	4	33(34,7)	CAMINHÃO TRATOR TRUCADO + SEMI REBOQUE E1 = ES, RS, CM 6t E2E3 = TD, CM 17t E4 = ED, RD, CM 10t d12, d34 > 2,40m 1,20 < d23 ≤ 2,40	3S1
	4	36(37,8)	CAMINHÃO + REBOQUE E1 = ES, RS, CM 6t E2 = ED, RD, CM 10t E3 = ED, RD, CM 10t E4 = ED, RD, CM 10m d12, d23, d34 > 2,40m	2C2
	5	41,5(43,8)	CAMINHÃO TRATOR + SEMI REBOQUE E1 = ES, RS, CM 6t E2 = ED, RD CM10t E3E4E5 = TT, CM 25,5t d12, d23 > 2,40m 1,20m d34, d45 ≤ 2,40m	2S3
	5	40(42)	CAMINHÃO TRATOR TRUCADO + SEMI REBOQUE E1 = ES, RS, CM 6t E2E3 = TD, CM17t E4E5 = TD, CM 17t d12, d34 > 2,40m 1,20m < d23, d45 ≤ 2,40m	3S2
	5	45(47,3)	CAMINHÃO TRATOR + SEMI REBOQUE E1 = ES, RS, CM 6t E2 = ED, RD, CM 10t E3 = ED, RD, CM 10t E4 = ED, RD, CM 10t E5 = ED, RD, CM 10t d12, d23, d34, d45 > 2,40m	2I3
	5	43(45,2)	CAMINHÃO TRATOR + SEMI REBOQUE E1 = ES, RS, CM 6t E2 = ED, RD, CM 10t E3 = ED, RD, CM 10t E4E5 = TD, CM 17t d12, d23, d34 > 2,40m 1,20m < d45 ≤ 2,40m	2J3
	5	43(45,2)	CAMINHÃO TRATOR TRUCADO + SEMI REBOQUE E1 = ES, RS, CM 6t E2E3 = TD, CM 17t E4 = ED, RD, CM 10t E5 = ED, RD, CM 10t d12, d34, d45 > 2,40m 1,20m < d23 ≤ 2,40m	3I2

SILHUETA	Nº DE EIXOS	PBT/CMT MÁX.(t)	CARACTERIZAÇÃO	CLASSE
	5	43(45,2)	CAMINHÃO + REBOQUE E1 = ES, RS, CM 8t E2 = ED, RD, CM 10t E3 = ED, RD, CM 10t E4E5 = TD, CM 17t d12, d23, d34 > 2,40m 1,20m < d45 ≤ 2,40m	2C3
	5	43(45,2)	CAMINHÃO TRUCADO + REBOQUE E1 = ES, RS, CM 8t E2E3 = TD, CM 17t E4 = ED, RD, CM 10t E5 = ED, RD, CM 10t d12, d34, d45 > 2,40m 1,20m < d23 ≤ 2,40m	3C2
	6	45(47,3)	CAMINHÃO TRATOR TRUCADO + SEMI REBOQUE E1 = ES, RS, CM 8t E2E3 = TD, CM 17t E4E5E6 = TT, CM 25,5t d12, d34, > 2,40m 1,20m < d23, d45, d56 ≤ 2,40m	3S3
	6	45(47,3)	CAMINHÃO TRATOR TRUCADO + SEMI REBOQUE E1 = ES, RS, CM 8t E2E3 = TD, CM 17t E4 = ED, RD, CM 10t E5 = ED, RD, CM 10t E6 = ED, RD, CM 10t d12, d34, d45, d56 > 2,40m 1,20m < d23 ≤ 2,40m	3I3
	6	45(47,3)	CAMINHÃO TRATOR TRUCADO + SEMI REBOQUE E1 = ES, RS, CM 8t E2E3 = TD, CM 17t E4 = ED, RD, CM 10t E5E6 = TD, CM 17t d12, d34, d45 > 2,40m 1,20m < d23, d56 ≤ 2,40m	3J3
	6	45(47,3)	CAMINHÃO TRUCADO + REBOQUE E1 = ES, RS, CM 8t E2E3 = TD, CM 17t E4 = ED, RD, CM 10t E5E6 = TD, CM 17t d12, d34, d45 > 2,40m 1,20m < d23, d56 ≤ 2,40m	3C3
	6	19,5(20,5)	CAMINHÃO TRATOR E1 = ES, RS, CM 8t E2E3 = TD(6 pneus), CM 13,5t 1,20m < d23 ≤ 2,40m A CMT do conjunto vai variar conforme a capacidade do semi-reboque, no mínimo 10 ton até, no máximo o limite legal de 4r ton.	X

SILHUETA	Nº DE EIXOS	PBT/CMT MÁX.(t)	CARACTERIZAÇÃO	CLASSE
	6	50(52,5)	ROMEU E JULIETA(caminhão trucado + reboque) E1 = ES, RS, CM 8t E2E3 = TD, CM 17t E4 = ED, RD, CM 10t E5E6 = TD, CM 17t d12, d34, d45 > 2,40m 1,20m < d23, d56 ≤ 2,40m	3D3
	7	57(59,9)	ROMEU E JULIETA(caminhão trucado + reboque) E1 = ES, RS, CM 8t E2E3 = TD, CM 17t E4E5 = TD, CM 17t E6E7 = TD, CM 17t d12, d34, d56 > 2,40m 1,20m < d23, d45, d67 ≤ 2,40m	3D4
	7	57(59,9)	BI TREM ARTICULADO(caminhão trator trucado + dois semi reboques) E1 = ES, RS, CM 8t E2E3 = TD, CM 17t E4E5 = TD, CM 17t E6E7 = TD, CM 17t d12, d34, d56 > 2,40m 1,20m < d23, d45, d67 ≤ 2,40m	3D4
	7	63(66,2)	TREMINHÃO(caminhão trucado + dois reboques) E1 = ES, RS, CM 8t E2E3 = TD, CM 17t E4 = ED, RD, CM 10t E5 = ED, RD, CM 10t E6 = ED, RD, CM 10t E7 = ED, RD, CM 10t d12, d34, d56, d67 > 2,40m 1,20m < d23 ≤ 2,40m	3Q4
	9	74(77,7)	TRI TREM(caminhão trator trucado + três semi reboques) E1 = ES, RS, CM 8t E2E3 = TD, CM 17t E4E5 = TD, CM 17t E6E7 = TD, CM 17t E8E9 = TD, CM 17t d12, d34, d56, d78 > 2,40m 1,20m < d23, d45, d67, d89 ≤ 2,40m	3T6

SILHUETA	Nº DE EIXOS	PBT/CMT MÁX.(t)	CARACTERIZAÇÃO	CLASSE
	9	74(77,7)	RODOTREM (caminhão trator trucado + dois semi reboques dom dolly) E1 = ES, RS, CM 6t E2E3 = TD, CM 17t E4E5 = TD, CM 17t E6E7 = TD, CM 17t E8E9 = TD, CM 17t d12, d34, d56, d78 > 2,40m 1,20m < d23, d45, d67, d89 ≤ 2,40m	3T6
	2	16(16,8)	ÔNIBUS E1 = ES, RS, CM 6t ou a capacidade declarada pelo fabricante do pneumático E2 = ED, RD, CM 10t d12 ≤ 3,50m	2CB
	3	19,5(20,5)	ÔNIBUS TRUCADO E1 = ES, RS, CM 6t E2E3 = conjunto de eixos em tandem duplo com 6 pneumáticos, carga máxima 13,5t d12 > 2,40m 1,20 < d23 ≤ 2,40m	3CB
	4	25,5(26,8)	ÔNIBUS DUPLO DIRECIONAL TRUCADO E1E2 = conjunto de eixos direcionais, carga máxima 12 ton E3E4 = conjunto de eixos em tandem duplo com 6 pneumáticos, carga máxima 13,5t 1,20 < d34 ≤ 2,40m	4CB
	3	26(27,3)	ÔNIBUS URBANO ARTICULADO E1 = ES, RS, CM 6t E2 = ED, RD, CM 10t E3 = ED, RD, CM 10t d12, d23 > 2,40m	2SB1
	4	36(37,8)	ÔNIBUS URBANO BI-ARTICULADO E1 = ES, RS, CM 6t E2 = ED, RD, CM 10t E3 = ED, RD, CM 10t E4 = ED, RD, CM 10t d12, d23, d34 > 2,40m	2IB2

APÊNDICES

**APÊNDICE A: OFÍCIOS DE SOLICITAÇÃO E AUTORIZAÇÃO
PARA RETIRADA DO MATERIAL NO TRECHO ESTUDADO**

Ofício de solicitação de autorização para retirada de material.



CENTRO UNIVERSITÁRIO LUTERANO DE PALMAS

Recredenciado pelo Portaria Ministerial nº 3.607, de 17/10/05, D.O.U. nº 202, de 20/10/2005
ASSOCIAÇÃO EDUCACIONAL LUTERANA DO BRASIL

Ofício nº 01/2017

Palmas, 26 de junho de 2017.

Ao Senhor
Sergio Leão
Secretário de Infraestrutura e Serviços Públicos do Estado de Tocantins
Presidente da Agência Tocantinense de Transportes e Obras
Rodovia TO - 010, Km 1
Lote 11 Setor Leste
CEP: 77000-000, Palmas - TO

ASSUNTO: Autorização para retirada de material de base e sub-base do trecho da Rodovia TO-80 entre a rotatória da Av. NS-15 e o início da travessia do Lago da UHE Lajeado.

Senhor Secretário,

Após cumprimentá-lo cordialmente, sirvo-me do presente para solicitar a autorização de retirada do material de base e sub-base, do trecho da Rodovia TO-80 entre a rotatória da Av. NS-15 e o início da travessia do Lago da UHE Lajeado. Essa retirada será em apenas um lado da via e será realizada no acostamento da pista.

Está retirada se dá para fins de estudo do material de base e sub-base e do dimensionamento do pavimento, para elaboração do Trabalho de Conclusão de Curso de Engenharia Civil, da universidade Ceulp Ulbra, sob orientação do Professor Especialista Euzir Pinto Chagas.

O tema do Projeto de Pesquisa será: Análise do dimensionamento do pavimento asfáltico da rodovia TO-080, (entre a rotatória da av. NS-15 e início da travessia do lago da UHE - Lajeado), onde os objetivos são:

- Analisar a estrutura da base e sub-base;
- Elaborar ensaios de caracterização do solo;
- Analisar o estudo de tráfego, verificando se atende à demanda de fluxo de veículos e carga solicitada no pavimento;
- Realizar o dimensionamento do pavimento.

Convém ressaltar que será realizado a reposição do material retirado.



CENTRO UNIVERSITÁRIO LUTERANO DE PALMAS

Reconhecido pelo Portaria Ministerial nº 3.607, de 17/10/05, D.O.U. nº 202, de 20/10/2005

Imagem: Local de Retirada do material.



Fonte: Google Earth, 2017.

Certa de contar com vossa colaboração para este Projeto, agradeço desde já.

Atenciosamente,

RONNIELLI ISTÉFANI SOUZA SILVA

Acadêmica do Curso de Engenharia Civil do CEULP ULBRA.

Dados para resposta:

Ronnielli Istéfani Souza Silva

E-mail: ronnielli.istefani@gmail.com

Telefone: (63) 99238-1717



CENTRO UNIVERSITÁRIO LUTERANO DE PALMAS

Reconhecido pelo Portaria Ministerial nº 3.607, de 17/10/05, D.O.U. nº 202, de 20/10/2005
ASSOCIAÇÃO EDUCACIONAL LUTERANA DO BRASIL

Ofício nº 02/2017

Palmas, 30 de junho de 2017.

Ao Senhor

Sergio Leão

Secretário de Infraestrutura e Serviços Públicos do Estado de Tocantins

Presidente da Agência Tocantinense de Transportes e Obras

Rodovia TO - 010, Km 1

Lote 11 Setor Leste

CEP: 77000-000, Palmas – TO

Cc: Diretoria de Conservação Rodoviária

ASSUNTO: Autorização para retirada de material de base e sub-base do trecho da Rodovia TO-80 entre a rotatória da Av. NS-15 e o início da travessia do Lago da UHE Lajeado.

Senhor Secretário,

Após cumprimentá-lo cordialmente, sirvo-me do presente para explicar o procedimento da retirada do material de base e sub-base, do trecho da Rodovia TO-80 entre a rotatória da Av. NS-15 e o início da travessia do Lago da UHE Lajeado, conforme fora solicitado no Ofício nº01/2017.

A coleta do material será realizada pela empresa L B Santana Representações LTDA, CNPJ: 00.665.168/0001-16, que se encontra no endereço: Q 706 Sul Al. 15 Lote 07, S/N, Plano Diretor Sul, a coleta do material está prevista para acontecer no dia 08/07/2017, a partir das 07:00hs e será de acordo com os seguintes passos:

1. Com auxílio de uma picareta com alavanca e pá, será realizada uma espécie de "janela" no acostamento, com dimensões de 40x40cm e profundidade até alcançar o final da camada de sub-base;
2. A retirada do material será feito com a pá e depositada em uma caixa de madeira para ser encaminhado ao laboratório de solos da empresa;
3. Após a retirada será feito a reposição do material, material este homogeneizado já utilizado no laboratório da empresa contratada,
4. Após a reposição será realizado a compactação manual com socador manual conhecido como "picolé";



CENTRO UNIVERSITÁRIO LUTERANO DE PALMAS

Reconhecido pelo Portaria Ministerial nº 3.607, de 17/10/05, D.O.U. nº 202, de 20/10/2005
ASSOCIAÇÃO EDUCACIONAL LUTERANA DO BRASIL

5. Após a compactação do material reposto será imprimado com uma camada de CBUQ, que a empresa contratada será responsável de levar no dia da retirada.

Convém ressaltar que a reposição será feita no mesmo dia e horário da retirada, não deixando assim o acostamento com uma janela aberta e nem causando prejuízos à via pública, todo o procedimento será acompanhado pelo professor e Orientador do Trabalho de Conclusão de Curso, Euzir Pinto Chagas.

Certa de contar com vossa colaboração para com este Projeto, agradeço desde já.

RONNIELLI ISTÉFANI SOUZA SILVA

Acadêmica do Curso de Engenharia Civil do CEULP ULBRA.

Dados para resposta:

Ronnielli Istéfani Souza Silva

E-mail: ronnielli.istefani@gmail.com

Telefone: (63) 99238-1717

Ofício de autorização para retirada do material.



OFÍCIO/AGETO/GABPRES Nº 0805/2017

SGD: 2017/38969/006857

Palmas - TO, 03 de julho de 2017.

A Sua Senhoria a Senhora

RONNIELLI ISTÉFANI SOUZA SILVA

Acadêmica do Curso de Engenharia Civil do CEULP/ULBRA

Palmas - TO

Assunto: Respostas aos Ofícios 01/2017 e 02/2017.

Prezada Senhora,

Em resposta aos ofícios em epígrafe, informamos que autorizamos a retirada do material do trecho da Rodovia TO-080, entre a rotatória da av. NS-15 e o início da travessia do lado da UHE Lajeado, obedecendo os trâmites descritos na solicitação.

Atenciosamente,


SÉRGIO LEÃO
Presidente

APÊNDICE B: ENSAIO DE DENSIDADE “IN SITU”



Controle de Compactação
Método Frasco de Areia
DNER - 092/94

OBRA: TO 080 PALMAS	TRECHO: ROTATORIA NS 15	ESTUDO: BASE
MATERIAL: CASALHO LATERITICO	ESTACA: LE - SENTIDO PORTO/PALMAS	EXTENÇÃO:
DATA: 08/07/2017	OPERADOR: DANIEL	RG: 002

Controle de Compactação (Método Frasco de Areia) Obra: TO 080 Estudo Base Rotatoria NS 15

Furo (Na estaca)	FURO-2									
Loção	L-E									
Peso do Frasco Antes	7000									
peso do Frasco Depois	3550									
Peso da Areia	3450									
Constante do Furo	585									
Peso da Areia no Furo	2865									
Densidade Esp. Da Areia	1370									
Volume do Furo	2091									
Profundidade do Furo	0,20									
Recipiente Na	2									
Peso do Solo + Recipiente	4865									
Peso do Recipiente	14,09									
Peso do Solo Úmido	4851									
Densidade do Solo Úmido	2320									
Úmidade do Speedy	12,3									
Densidade do Solo SECO	2066									
Cápsula Na										
Peso do Solo Úmido + Cápsula										
Peso do Solo Seco + Cápsula										
Peso da Água										
Peso da Cápsula										
Úmidade										
Densidade do Solo Seco										
Padão Na	1									
Densidade Maxima Lab.	2096									
Úmidade Ótima Lab.	8,31									
Grau de Compactação (%)	98,6									

Encarregado Laboratorio: _____
 Engenheiro: _____
 Fiscalização: _____

APÊNDICE C: INDÍCES FÍSICOS - GRANULOMETRIA



ÍNDICES FÍSICOS-GRANULOMETRIA

DNER ME 051/94

OBRA TO 080	ROTATORIA N S 15 C/PONTE FHC	DATA 08/07/2017
ESPESURA 0,5 a 45 cm	CAMADA BASE E SUB-BASE	LABORATORISTA DANIEL
ESTACA / LOCAL LBS	POS. LD - Sent. PALMAS /PORTO	REGISTRO 1
MATERIAL Cascalho Latentico		
OBSERVAÇÕES		

LIMITE DE LIQUIDEZ

CAPSULA No.	Peso da capsula e solo umido	Peso da capsula e solo seco	Peso da capsula	Peso da agua	Peso do solo seco	Porcentagem de agua	Numero de golpes
-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-

LIMITE DE PLASTICIDADE

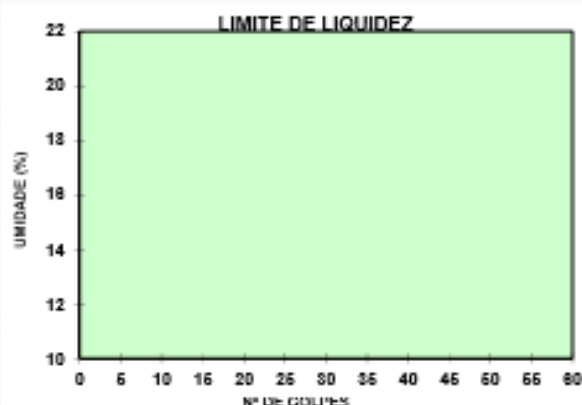
CAPSULA No.	Peso da capsula e solo umido	Peso da capsula e solo seco	Peso da capsula	Peso da agua	Peso do solo seco	Porcentagem de agua	LIMITE de Plasticidade
-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	N.P
-	-	-	-	-	-	-	-

GRANULOMETRIA

PREPARAÇÃO DO MATERIAL			PENEIRAMENTO				
UMIDADE			PENEIRA	PESO DA AMOSTRA		% PASSANDO	
Capsula nº		1		RETIDO	PASSADO	PARCIAL	TOTAL
Amostra + tara + água (g)		95,00	3"				
Amostra + tara (g)		94,00	2"	0,00	1987,6	100,0	
Tara (g)		13,71	1"	18,70	1968,9	99,1	
Umidade (%)		1,25	3/4"	25,70	1943,2	97,8	
PENEIRAMENTO GROSSO			3/8"	91,30	1851,9	93,2	
Amostra total úmida (g)		2000,00	4	520,00	1331,9	67,0	
Solo seco ret # 10 (g)		995,70	10	340,00	991,9	49,9	49,9
Solo úmido passado # 10 (g)		1004,30	40	33,00	65,77	66,6	33,2
Solo seco pass. # 10 (g)		991,95	200	22,00	43,77	44,3	22,1
Amostra total Seca (g)		1987,65					
PENEIRAMENTO FINO							
Peso da amostra úmida (g)		100,00					
Peso da amostra seca (g)		98,77					

RESULTADOS

ÍNDICES FÍSICOS	
LL	N.P
LP	N.P
IP	N.P
GRANULOMETRIA	
# 10	49,9
# 40	33,2
# 200	22,1
IG	0
HRB	A-1-B



QUALIDADE PARA BASE E SUB-BASE

DE EXCELENTE A BOA



ÍNDICES FÍSICOS-GRANULOMETRIA

DNER ME 051/94

OBRA		DATA
T0 080	ROTATORIA N° 15 C/PONTE FHC	08/07/2017
ESPESSURA	CAMADA	LABORATORISTA
0,5 a 45 cm	BASE E SUB-BASE	DANIEL
ESTACA / LOCAL	POS.	REGISTRO
LBS	LE - Sent. PORTO/PALMAS	1
MATERIAL		
Cascalho Laterítico		
OBSERVAÇÕES		

LIMITE DE LIQUIDEZ

CAPSULA No.	Peso da capsula e solo umido	Peso da capsula e solo seco	Peso da capsula	Peso da agua	Peso do solo seco	Porcentagem de agua	Numero de golpes
-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-

LIMITE DE PLASTICIDADE

CAPSULA No.	Peso da capsula e solo umido	Peso da capsula e solo seco	Peso da capsula	Peso da agua	Peso do solo seco	Porcentagem de agua	LIMITE DE Plasticidade
-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	N.P
-	-	-	-	-	-	-	-

PREPARAÇÃO DO MATERIAL

UMIDADE	Capsula nº	1
Amostra + tara + água	(g)	95,00
Amostra + tara	(g)	94,00
Tara	(g)	13,71
Umidade	(%)	1,25

PENEIRAMENTO

UMIDADE	PENEIRA	PESO DA AMOSTRA		% PASSANDO			
		RETIDO	PASSADO	PARCIAL	TOTAL		
	3"						
	2"	0,00	1987,7	100,0			
	1"	19,10	1968,6	99,0			
	3/4"	25,70	1942,9	97,7			
	3/8"	92,10	1850,8	93,1			
Amostra total úmida	(g)	2000,00	4	543,00	1307,8	65,8	
Solo seco ret # 10	(g)	1021,90	10	342,00	965,8	48,8	48,8
Solo úmido passado # 10	(g)	978,10	40	31,00	67,25	68,1	33,1
Solo seco pass. # 10	(g)	966,07	200	24,00	43,25	43,8	21,3
Amostra total Seca	(g)	1987,97					

PENEIRAMENTO GROSSO

PENEIRAMENTO FINO

Peso da amostra úmida	(g)	100,00
Peso da amostra seca	(g)	98,77

RESULTADOS

ÍNDICES FÍSICOS	
LL	N.P
LP	N.P
IP	N.P
GRANULOMETRIA	
# 10	48,6
# 40	33,1
# 200	21,3
IG	0
HRB	A-1-B



QUALIDADE PARA BASE E SUB-BASE

DE EXCELENTE A BOA



ÍNDICES FÍSICOS-GRANULOMETRIA

DNER ME 051/94

CERA T0 080	ROTATORIA N° 15 C/PONTE FHC	DATA 08/07/2017
ESPESURA 0,45 a 0,85 m		CAMADA SUBLEITO
ESTACA / LOCAL LBS	POB. LD - Sent. PALMAS /PORTO	LABORATORISTA DANIEL
		REGISTRO 1
OBSERVAÇÕES		

LIMITE DE LIQUEDEZ

CAPSULA No.	Peso da capsula e solo umido	Peso da capsula e solo seco	Peso da capsula	Peso da agua	Peso do solo seco	Porcentagem de agua	Numero de golpes
15	25,60	21,33	10,86	4,27	10,47	40,8	8
16	30,65	25,12	10,74	5,53	14,38	38,5	15
33	22,80	19,71	10,56	3,09	9,15	33,8	21
30	23,78	20,36	10,44	3,42	9,92	34,5	30
22	28,71	24,42	10,52	4,29	13,90	30,9	39
Constante	Média						
LL Calculado %	33,60						

LIMITE DE PLASTICIDADE

CAPSULA No.	Peso da capsula e solo umido	Peso da capsula e solo seco	Peso da capsula	Peso da agua	Peso do solo seco	Porcentagem de agua	LIMITE de Plasticidade
9	14,22	13,49	10,91	0,73	2,58	28,3	SIM
13	13,72	13,00	10,40	0,72	2,60	27,7	SIM
14	13,72	13,05	10,80	0,67	2,25	29,8	SIM
20	13,70	13,01	10,76	0,69	2,25	30,7	NAO
26	17,06	15,79	10,72	1,27	5,07	25,1	NAO

Numero de Pontos Aproveitados: 3
 Limite de Plasticidade Media: 28,6

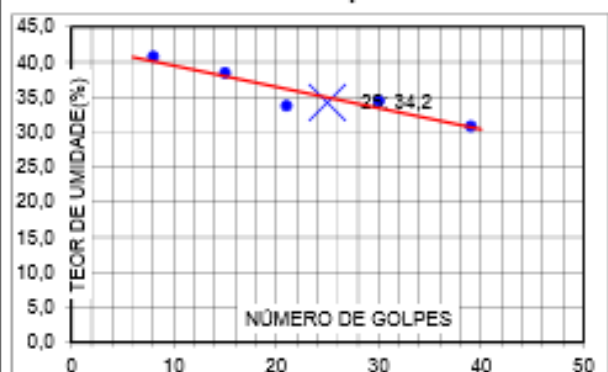
PREPARAÇÃO DO MATERIAL

UMIDADE	1	
Capsula nº		
Amostra + tara + água (g)	95,00	
Amostra + tara (g)	94,00	
Tara (g)	13,71	
Umidade (%)	1,25	
PENEIRAMENTO GROSSO		
Amostra total úmida (g)	2000,00	
Solo seco ret # 10 (g)	483,30	
Solo úmido passado # 10 (g)	1516,70	
Solo seco pass. # 10 (g)	1488,04	
Amostra total Seca (g)	1956,10	
PENEIRAMENTO FINO		
Peso da amostra úmida (g)	200,00	
Peso da amostra seca (g)	194,20	

PENEIRAMENTO

PENEIRA	PESO DA AMOSTRA		% PASSANDO	
	RETIDO	PASSADO	PARCIAL	TOTAL
3"				
2"	0,00	1956,1	100,0	
1"	0,00	1956,1	100,0	
3/4"	0,00	1956,1	100,0	
3/8"	174,10	1782,0	91,1	
4	155,00	1627,0	83,2	
10	154,20	1472,8	75,3	75,3
40	14,00	180,22	92,8	69,9
200	57,30	122,92	63,3	47,7

Limite de liquidez



RESULTADOS	
ÍNDICES FÍSICOS	
LL	34,2
LP	28,6
IP	5,6
GRANULOMETRIA	
# 10	75,3
# 40	69,9
# 200	47,7
I G	0
HRB	A-4

QUALIDADE PARA SUBLEITO

SOFRÍVEL A MAL



ÍNDICES FÍSICOS-GRANULOMETRIA

DNER ME 051/94

OBRA T0 080	ROTATORIA N° 15 C/PONTE FHC	DATA 08/07/2017
ESPESURA 0,45 a 0,85 m	CAMADA SUBLEITO	LABORATORISTA DANIEL
ESTACA / LOCAL	POS.	REGISTRO 1
LBS	LE - Senf. PORTO/PALMAS	MATERIAL Cascalho Laterítico

LIMITE DE LIQUEDEZ

CAPSULA No.	Peso da capsula e solo umido	Peso da capsula e solo seco	Peso da capsula	Peso da agua	Peso do solo seco	Porcentagem de agua	Numero de golpes
2	28,01	23,55	10,51	4,46	13,04	34,2	32
3	26,30	22,30	10,00	4,00	12,3	32,5	15
4	30,00	25,45	10,90	4,55	14,55	31,3	21
5	25,60	22,40	10,78	3,20	11,62	27,5	30
6	29,30	25,60	10,99	3,70	14,61	25,3	39
Constante	Média						
LL Calculado %	27,20						

LIMITE DE PLASTICIDADE

CAPSULA No.	Peso da capsula e solo umido	Peso da capsula e solo seco	Peso da capsula	Peso da agua	Peso do solo seco	Porcentagem de agua	LIMITE de Plasticidade
8	14,20	13,52	10,27	0,68	3,25	20,9	SIM
11	13,76	13,29	10,91	0,47	2,38	19,7	SIM
10	12,58	12,22	10,69	0,36	1,53	23,5	NÃO
12	15,61	14,81	10,98	0,80	3,83	20,9	SIM
13	15,45	14,59	10,40	0,86	4,19	20,5	SIM

Numero de Pontos Aproveitados

4

Limite de Plasticidade Média

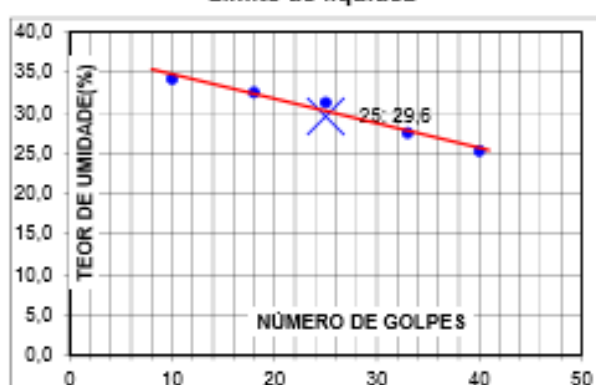
20,5

PREPARAÇÃO DO MATERIAL

PENEIRAMENTO

UMIDADE	PENEIRA	PESO DA AMOSTRA		% PASSANDO	
Capsula nº		RETIDO	PASSADO	PARCIAL	TOTAL
	1				
Amostra + tara + água (g)	95,00	3"			
Amostra + tara (g)	94,00	2"	0,00	1989,6	100,0
Tara (g)	13,71	1"	0,00	1989,6	100,0
Umidade (%)	1,25	3/4"	0,00	1989,6	100,0
PENEIRAMENTO GROSSO		3/8"	170,20	1799,4	91,4
Amostra total úmida (g)	2000,00	4	149,00	1650,4	83,8
Solo seco ret # 10 (g)	458,60	10	139,40	1511,0	76,7
Solo úmido passado # 10 (g)	1541,40	40	11,00	185,70	94,4
Solo seco pass. # 10 (g)	1522,44	200	56,30	129,40	65,8
Amostra total Seca (g)	1989,60				

Limite de liquidez



RESULTADOS

ÍNDICES FÍSICOS	
LL	29,6
LP	20,5
IP	9,1
GRANULOMETRIA	
# 10	76,7
# 40	72,4
# 200	50,5
I G	1
HRB	A-4

QUALIDADE PARA SUBLEITO

SOFRÍVEL A MAL

APÊNDICE D: ENSAIO DE COMPACTAÇÃO, ISC E EXPANSÃO



ENSAIO DE COMPACTAÇÃO

DNIT - ME 164/2013

OBRA:	TO 080	FRECHO	ROTATORIA N 8 16 C/PONTE FHC			Local:	Sentido Palmas/Porto N.		DATA:	08/07/2017
EMPRESA	LADO	FURO	PROFUNDIDADE	GOLPES	ESTUDO			REGISTRO Nº:		
LB 8	LD		0,06 ± 0,046	28	BASE E SUB-BASE			1		
MATERIAL RETIDO PEN. 04	PROCTOR			MATERIAL			LABORATORISTA			
81,0	Intermediário			Cascalho Laterítico			DANIEL			

UMIDADE CALC.	4,1	6,1	8,1	10,1	12,1	HIGROSCÓPICA			P. UM. UM.	6,000
% ÁGUA ADICIONADA	2,70	4,70	6,70	8,70	10,70	CAR. Nº.	1	2	P. UM. 2.	5,924
CILINDRO Nº.	12	38	32	14	17	CAR. + S. UM.	95,00	90,00	CONDIÇÕES DO ENSAIO	
CILINDRO + SOLO UMIDO	8,264	8,475	9,545	9,165	9,667	CAR. + S. S.	94,00	89,00		
PESO DO CILINDRO	4,035	4,285	4,950	4,475	5,030	R. DA ÁGUA	1,00	1,00	N. CAM.	5
SOLO UMIDO	4,229	4,190	4,595	4,690	4,637	T. DA CAR.	13,71	14,09	H. INDIC.	11,45
VOLUME DO CILINDRO	2,078	1,961	2,050	2,059	2,041	R. DO S. S.	80,29	74,91	SOLUITE	GRANDE
DENSIDADE UMIDA	2,035	2,137	2,241	2,278	2,272	TEOR DE UM.	1,25	1,33	DISCO	2 1/2"
CAPSULA Nº.						TEOR DE UM. MÉDIA	1,29			

ÁGUA ADICIONADA	160	280	400	520	640
CAPSULA + SOLO SECO					
PESO DA ÁGUA					
TARA DA CAPSULA					
PESO DO SOLO SECO					
TEOR DE UMIDADE	4,1	6,1	8,1	10,1	12,1
DENSIDADE SECA	1,955	2,015	2,074	2,069	2,026

DATA	TEMPO	MOLDE: 38	MOLDE: 32	MOLDE: 14
		LEITURA	LEITURA	LEITURA
08/07/2017	0 h	1,00	1,00	1,00
09/07/2017	24 h	1,02	1,03	1,00
10/07/2017	48 h	1,02	1,03	1,00
11/07/2017	72 h	1,02	1,03	1,00
		0,02	0,03	
% de Expansão		0,02	0,03	

RESULTADOS

Hot 8,90 %

D.max 2,080 g/cm³

I.S.C 67,0 %

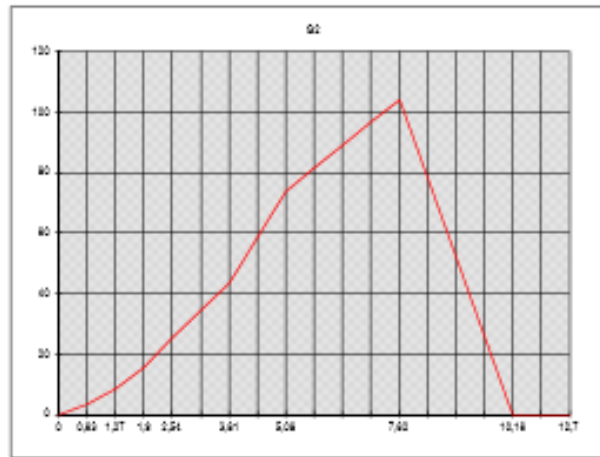
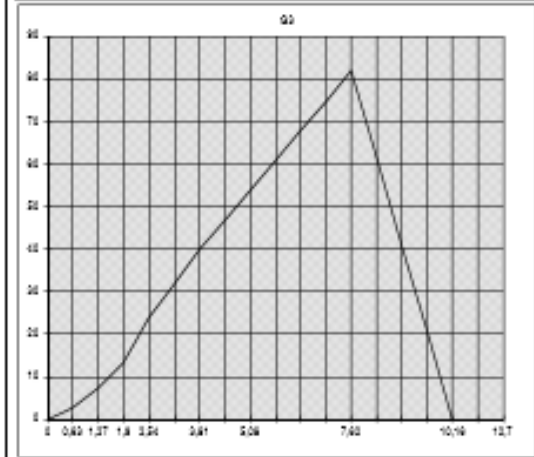
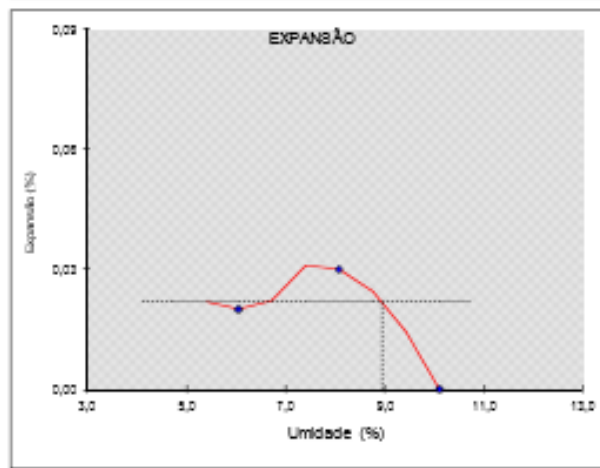
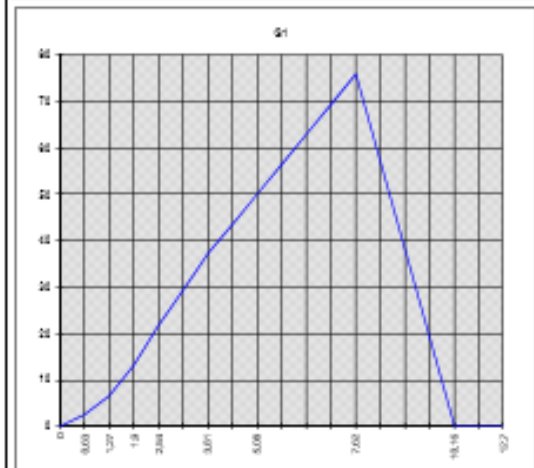
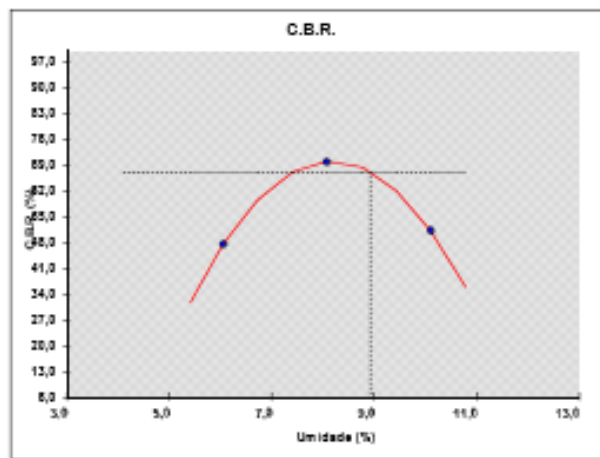
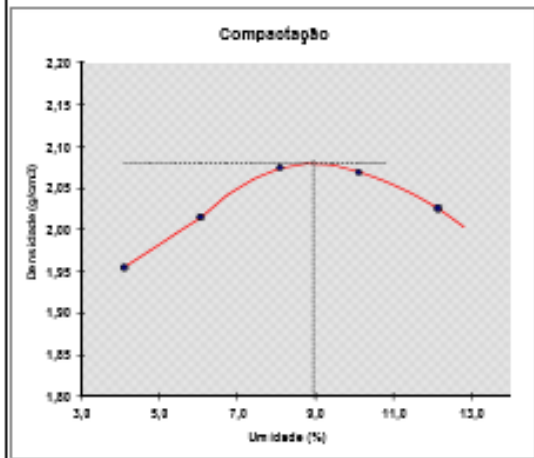
EXP. 0,02 %

ENSAIO DE PENETRAÇÃO						No. PRENSA				K = 0,109				
PROF.	TEMPO	LEITURA	PRESSÃO	PROF. Ref.	ISC	LEITURA	PRESSÃO	PROF. Ref.	ISC	LEITURA	PRESSÃO	PROF. Ref.	ISC	
mm	min	EXTENSOM.	kg/Cmf	kg/Cmf	%	EXTENSOM.	kg/Cmf	kg/Cmf	%	EXTENSOM.	kg/Cmf	kg/Cmf	%	
0,63	0,5	24	2,60			30	3,3			26	2,8			
1,27	1,0	60	6,50			77	8,3			69	7,5			
1,90	1,5	121	13,20			143	15,6			120	13,1			
2,54	2,0	199	21,70	70	81,00	232	25,3	70	88,10	219	23,9	70	84,10	
3,81	3,0	340	37,10			399	43,5			367	40,0			
5,08	4,0	460	50,10	105	47,70	677	73,7	105	70,20	495	53,9	105	61,80	
6,35	5,0	585	63,80	132	48,30	844	92,0	132	89,70	640	69,8	132	62,80	
7,62	6,0	695	75,80	161	47,10	954	104,0	161	84,80	750	81,8	161	60,80	
8,89	7,0													
10,16	8,0													
12,70	10,0													
PRESSÃO	P/ 2,54 mm	PC=	21,7			PC=	25,3			PC=	23,9			
CORRIG.	P/ 5,08 mm	PC'=	50,1			PC'=	73,7			PC'=	53,9			
	PC/0,7031	ISC=	30,9			ISC=	36,0			ISC=	34,0			
I.S.C.	PC/1,0546	ISC'=	47,5			ISC'=	69,9			ISC'=	51,1			
ADOTADO			47,5				69,9				51,1			

Enc. Laboratório:

Engenheiro

GRÁFICOS



DATA	03/07/2017	LADO	Hot	8,90	%		L.S.C.	87,0	%
ESTACA	LB 3	LD	Dmax	2,080	g/cm³		Exp.	0,0	%
CAMADA	BASE E SUB-BASE		MATERIAL		Cascalho Laterítico				



ENSAIO DE COMPACTAÇÃO

DNIT - ME 164/2013

OBRA:	TO 080	TRECHO:	ROTATORIA N 8 16 CIPONTE FHC			Local:	Sentido Porto/Palmas		DATA:	08/07/2017
EMPRESA:	LADO	FURO:	PROFUNDIDADE	GOLPES	ESTUDO			REGISTRO Nº:		
LB 8	LE		0,06 e 0,046	28	BASE E SUB-BASE			2		
MATERIAL RETIDO PEN. 04	PROCTOR			MATERIAL			LABORATORISTA			
81,0	intermediário			Casalho Laterítico			DANIEL			

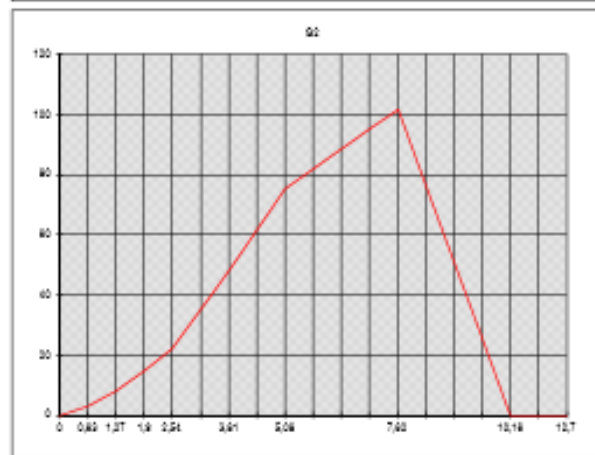
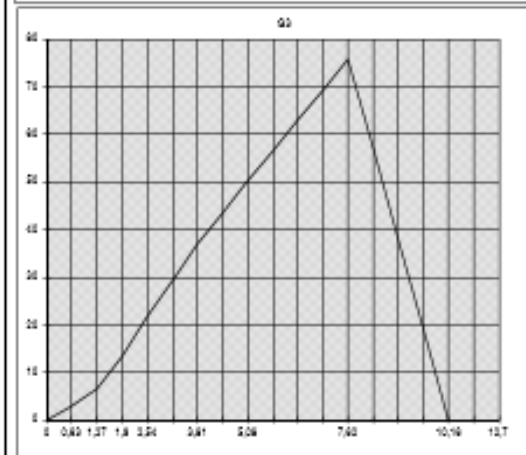
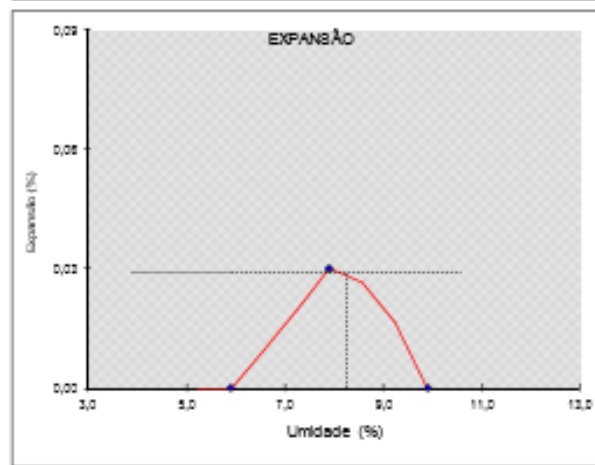
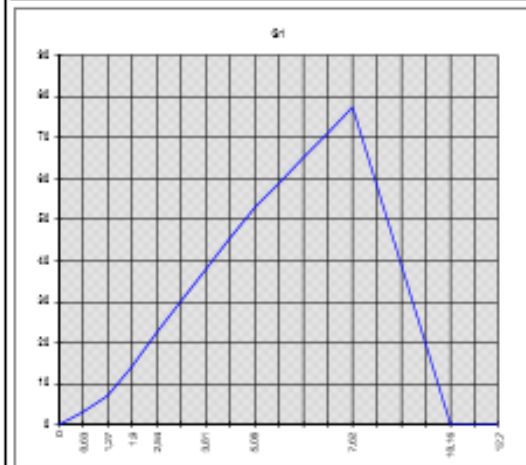
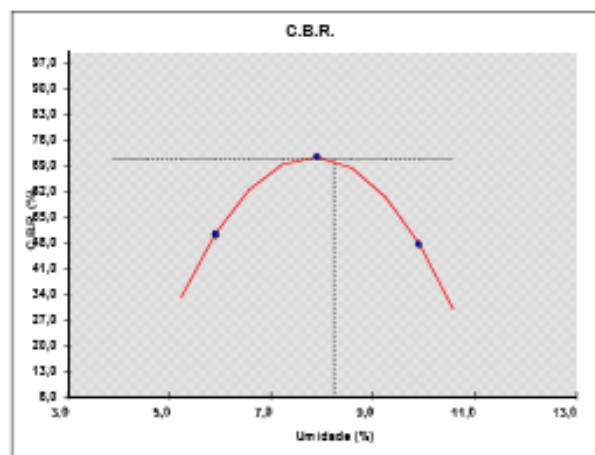
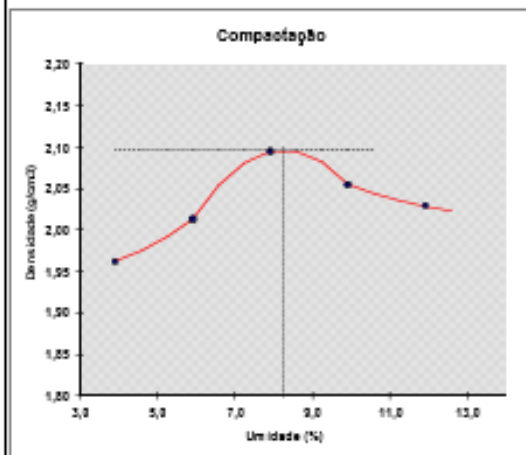
UMIDADE CALC.	3,9	5,9	7,9	9,9	11,9	HIGROSCÓPICA			P. UM. UM.	6,000
% ÁGUA ADICIONADA	2,70	4,70	6,70	8,70	10,70	CAR. Nº:	1	2	P. UM. S.	5,924
CILINDRO No.	24	28	29	31	32	CAR + S. UM.	95,00	90,00	CONDIÇÕES DO ENSAIO	
CILINDRO + SOLO UMIDO	8,835	9,035	9,279	9,390	9,605	CAR + S. S.	94,00	89,00		
PESO DO CILINDRO	4,620	4,595	4,595	4,739	4,950	R. DA ÁGUA	1,00	1,00	N. CAM.	5
SOLO UMIDO	4,215	4,440	4,684	4,651	4,655	T. DA CAR.	13,71	14,09	H. FINAL	11,45
VOLUME DO CILINDRO	2,067	2,083	2,072	2,060	2,060	R. DO S. S.	80,29	74,91	SOLISTE	GRANDE
DENSIDADE UMIDA	2,039	2,132	2,261	2,258	2,271	TEOR DE UM.	1,25	1,33	DISCO	2 1/2"
CAPSULA No.						TEOR DE UM. MÉDIA	1,29			
ÁGUA ADICIONADA	160	280	400	520	640	<p align="center">RESULTADOS</p> <p>Hot 8,24 %</p> <p>D.max 2,097 g/cm3</p> <p>I.S.C 70,5 %</p> <p>EXP. 0,03 %</p>				
CAPSULA + SOLO SECO										
PESO DA ÁGUA										
TARA DA CAPSULA										
PESO DO SOLO SECO										
TEOR DE UMIDADE	3,9	5,9	7,9	9,9	11,9					
DENSIDADE SECA	1,962	2,013	2,095	2,055	2,029					
DATA	TEMPO	MOLDE	38	MOLDE	32	MOLDE	14			
		LEITURA		LEITURA		LEITURA				
08/07/2017	0 h	1,00		1,00		1,00				
09/07/2017	24 h	1,00		1,03		1,00				
10/07/2017	48 h	1,00		1,03		1,00				
11/07/2017	72 h	1,00		1,03		1,00				
				0,03						
% de Expansão				0,03						

ENSAIO DE PENETRAÇÃO						No. PRENSA				K = 0,109				
PROF.	TEMPO	LEITURA	PRESSÃO	PRES. Ref.	ISC	LEITURA	PRESSÃO	PRES. Ref.	ISC	LEITURA	PRESSÃO	PRES. Ref.	ISC	
mm	mm	EXTENSOM.	kg/Cmf	kg/Cmf	%	EXTENSOM.	kg/Cmf	kg/Cmf	%	EXTENSOM.	kg/Cmf	kg/Cmf	%	
0,63	0,5	28	3,10			28	3,1			26	2,8			
1,27	1,0	65	7,10			73	8,0			60	6,6			
1,90	1,5	132	14,40			136	14,8			121	13,2			
2,54	2,0	206	22,50	70	32,10	202	22,1	70	31,60	199	21,7	70	31,10	
3,81	3,0	349	38,00			442	48,1			340	37,0			
5,08	4,0	485	52,90	105	60,40	690	75,3	105	71,70	460	50,2	105	47,80	
6,35	5,0	590	64,30	132	48,70	801	87,3	132	88,10	585	63,8	132	48,30	
7,62	6,0	710	77,40	161	48,10	932	101,6	161	83,10	695	75,8	161	47,10	
8,89	7,0													
10,16	8,0													
12,70	10,0													
PRESSÃO	PI 2,54 mm	PC=	22,5			PC=	22,1			PC=	21,7			
CORRIG.	PI 5,08 mm	PC'=	52,9			PC'=	75,3			PC'=	50,2			
	PC/0.7031	IBC=	32,0			IBC=	31,4			IBC=	30,9			
I.S.C.	PC/1.0546	IBC'=	50,2			IBC'=	71,4			IBC'=	47,6			
ADOTADO			50,2				71,4				47,6			

Enc. Laboratório:

Engenheiro

GRÁFICOS



DATA	08/07/2017	LADO	Hot	3,24	%		L.S.C.	70,6	%
ESTACA	LB 8	LE	Dmax	2,097	g/cm³		Exp.	0,0	%
CAMADA	BASE E SUB-BASE		MATERIAL		Cascalho Laterítico				

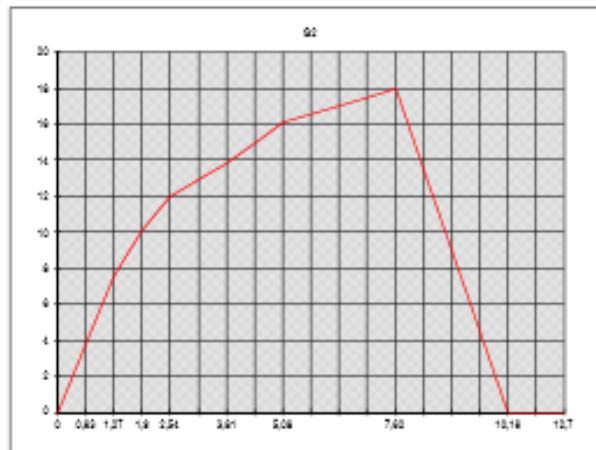
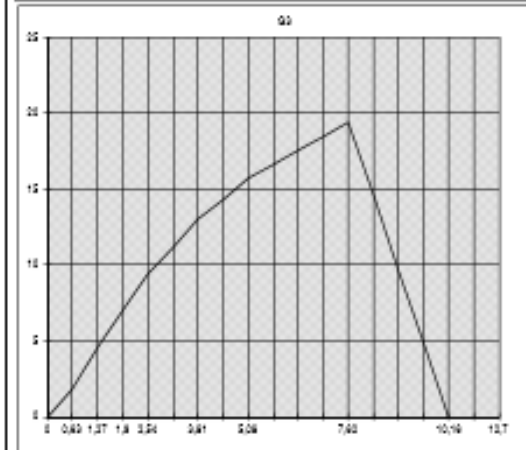
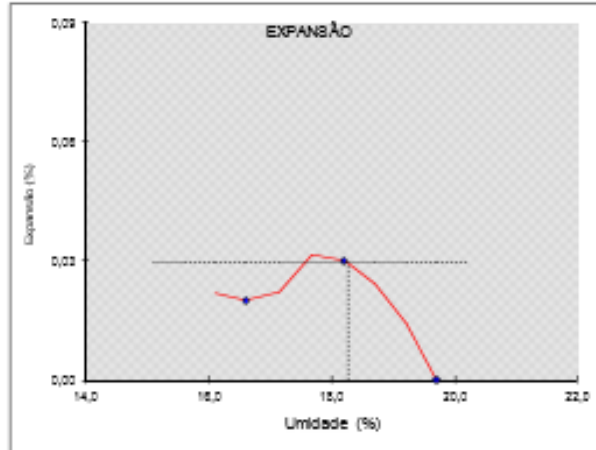
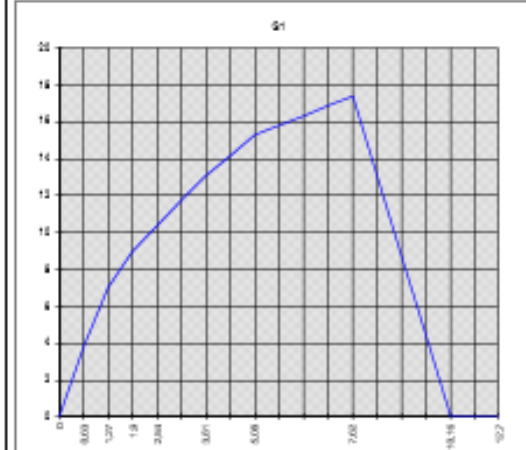
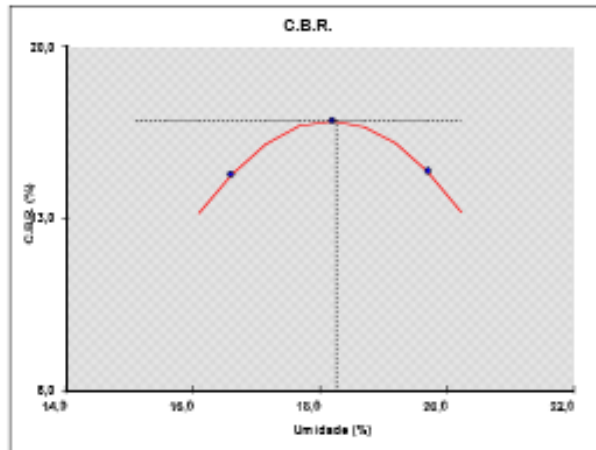
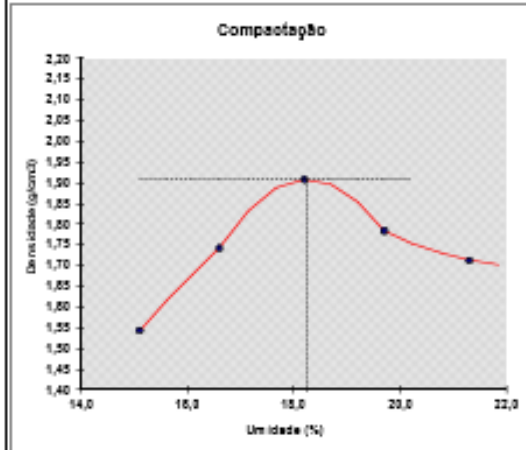


ENSAIO DE COMPACTAÇÃO

DNIT - ME 164/2013

OBRA:	TO 080	RECHO	ROTATORIA Nº 16 C/PONTE FHC			Local: Sertão Palmas/Porto N.	DATA:	08/07/2017								
EMPRESA:	LADO	FURO	PROFUNDIDADE	GOLPES	ESTUDO			REGISTRO Nº:								
LB3	LD		0,45 x 0,35	12	SUBLEITO			3								
MATERIAL RETIDO PEN. 04	PROCTOR			MATERIAL			LABORATORISTA									
24,7	Normal			Solo silteoso			DANIEL									
UMIDADE CALC.		15,1	16,6	18,2	19,7	21,3	HIGROSCÓPICA		P. UM. UM.	6,000						
% ÁGUA ADICIONADA		11,80	13,30	14,80	16,30	17,80	CAR. Nº.	1	2	P. UM. S.	5,829					
CILINDRO Nº.		38	39	40	41	42	CAR. + % UM.	55,00	58,00	CONDIÇÕES DO ENSAIO						
CILINDRO + SOLO UMIDO		8,331	8,963	9,351	9,078	9,200	CAR. + % S.	54,00	56,80	N. CAM.	5					
PESO DO CILINDRO		4,654	4,750	4,674	4,554	4,905	R. DA ÁGUA	1,00	1,20	N. FINAL	11,45					
SOLO UMIDO		3,677	4,213	4,677	4,514	4,295	T. DA CAR.	21,30	14,00	SOLUITE	GRANDE					
VOLUME DO CILINDRO		2,070	2,074	2,074	2,114	2,067	R. DO S. S.	32,7	42,8	DISCO	2 1/2"					
DENSIDADE UMIDA		1,776	2,031	2,255	2,135	2,078	TEOR DE UM.	3,06	2,80							
CAPSULA Nº.							TEOR DE UM. MÉDIA	2,93								
ÁGUA ADICIONADA		710	800	890	980	1070	<p align="center">RESULTADOS</p> <p>Hot 18,26 %</p> <p>D.max 1,908 g/cm³</p> <p>I.S.C 17,0 %</p> <p>EXP. 0,03 %</p>									
CAPSULA + SOLO SECO																
PESO DA ÁGUA																
TARA DA CAPSULA																
PESO DO SOLO SECO																
TEOR DE UMIDADE		15,1	16,6	18,2	19,7	21,3										
DENSIDADE SECA		1,543	1,742	1,908	1,784	1,713										
DATA	TEMPO	MOLDE: 38	MOLDE: 32	MOLDE: 14												
		LEITURA	LEITURA	LEITURA												
08/07/2017	0 h	1,00	1,00	1,00												
09/07/2017	24 h	1,02	1,03	1,00												
10/07/2017	48 h	1,02	1,03	1,00												
11/07/2017	72 h	1,02	1,03	1,00												
		0,02	0,03													
% de Expansão		0,02	0,03													
ENSAIO DE PENETRAÇÃO							No. PRENSA			K = 0,109						
PENETR.	TEMPO	LEITURA	PRESSÃO	PRES. Ref.	ISC	LEITURA	PRESSÃO	PRES. Ref.	ISC	LEITURA	PRESSÃO	PRES. Ref.	ISC			
mm	min	EXTENSOM.	kg/Cmf	kg/Cmf	%	EXTENSOM.	kg/Cmf	kg/Cmf	%	EXTENSOM.	kg/Cmf	kg/Cmf	%			
0.63	0.5	35	3,80			35	3,8			17	1,9					
1.27	1.0	64	7,00			69	7,5			42	4,6					
1.90	1.5	83	9,00			93	10,1			64	6,9					
2.54	2.0	95	10,40	70	14,80	109	11,9	70	17,00	86	9,4	70	18,40			
3.81	3.0	120	13,10			127	13,9			119	13,0					
5.08	4.0	140	15,30	105	14,80	147	16,1	105	16,30	144	15,7	105	16,00			
6.35	5.0	155	16,90	132	12,80	158	17,2	132	13,10	169	18,4	132	14,00			
7.62	6.0	160	17,40	161	10,80	165	17,9	161	11,10	178	19,4	161	12,00			
8.89	7.0															
10.16	8.0															
12.70	10.0															
PRESSÃO	FV 2.54 mm	PC=	10,4			PC=	11,9			PC=	9,4					
CORRIG.	FV 5.08 mm	PC'=	15,3			PC'=	16,1			PC'=	15,7					
	PC/0.7031	IBC=	14,8			IBC=	17,0			IBC=	13,4					
I.S.C.	PC/1.0546	IBC'=	14,5			IBC'=	15,2			IBC'=	14,9					
ADOTADO		14,8			17,0			14,9								
Enc. Laboratório:							Engenheiro									

GRÁFICOS



DATA	08/07/2017	LADO	Hot	18,28	%		L.S.C.	17,0	%
ESTACA	LB 8	LD	Dmax	1,903	g/cm³		Exp.	0,0	%
CAMADA	SUBLEITO		MATERIAL		Solo silteoso				



ENSAIO DE COMPACTAÇÃO

DNIT - ME 164/2013

OBRA:	TO 080	FRECHO:	ROTATORIA Nº 16 CIPONTE FHC			Local:	Banhado Porto/Palmas		DATA:	08/07/2017
EMPRESA:	LADO	FURO:	PROFUNDIDADE	GOLPES	ESTUDO			REGISTRO Nº:		
LB8	LE		0,46 x 0,36	12	SUBLEITO			4		
MATERIAL RETIDO PEN. 04	PROCTOR				MATERIAL			LABORATORISTA		
7,1	Normal				Solo silteoso			DANIEL		

UMIDADE CALC.	13,3	14,9	16,4	17,9	19,4	HIGROSCÓPICA			P. UM. UM.	6,000
% ÁGUA ADICIONADA	11,50	13,00	14,50	16,00	17,50	CAR. Nº:	1	2	P. UM. S.	5,903
CILINDRO No.	12	14	17	24	25	CAR + S. UM.	68,00	85,30	CONDIÇÕES DO ENSAIO	
CILINDRO + SOLO UMIDO	8,511	8,576	8,816	8,846	8,722	CAR + S. S.	67,30	84,20		
PESO DO CILINDRO	4,750	4,676	4,745	4,755	4,691	R. DA ÁGUA	0,70	1,10	N. CAM.	5
SOLO UMIDO	3,761	3,900	4,071	4,091	4,031	T. DA CAR.	21,40	21,50	H. FINAL	11,45
VOLUME DO CILINDRO	2,070	2,059	2,041	2,057	2,072	R. DO S. S.	45,9	62,7	SOLUITE	GRANDE
DENSIDADE UMIDA	1,817	1,894	1,995	1,979	1,945	TEOR DE UM.	1,53	1,75	DISCO	2 1/2"
CAPSULA No.						TEOR DE UM. MÉDIA	1,64			

ÁGUA ADICIONADA	690	780	870	960	1050
CAPSULA + SOLO SECO					
PESO DA ÁGUA					
TARA DA CAPSULA					
PESO DO SOLO SECO					
TEOR DE UMIDADE	13,3	14,9	16,4	17,9	19,4
DENSIDADE SECA	1,604	1,648	1,714	1,679	1,629

DATA	TEMPO	MOLDE: 38	MOLDE: 32	MOLDE: 14
		LEITURA	LEITURA	LEITURA
08/07/2017	0 h	1,00	1,00	1,00
09/07/2017	24 h	1,00	1,03	1,05
10/07/2017	48 h	1,00	1,03	1,05
11/07/2017	72 h	1,00	1,03	1,05
			0,03	0,05
% de Expansão			0,03	0,04

RESULTADOS

Hot 16,63 %
 D.max 1,715 g/cm3
 I.S.C 18,5 %
 EXP. 0,03 %

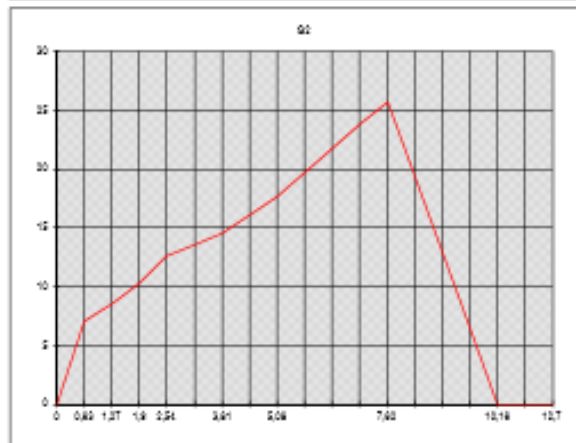
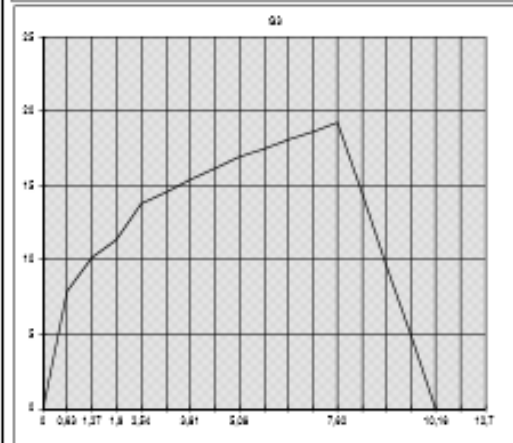
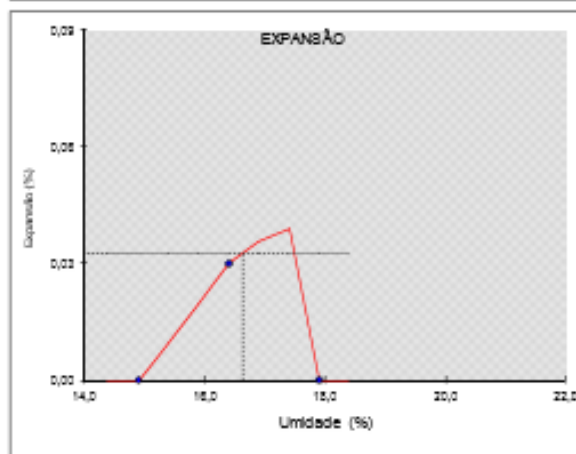
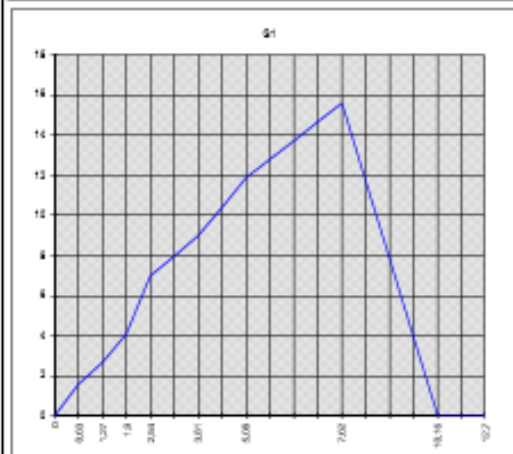
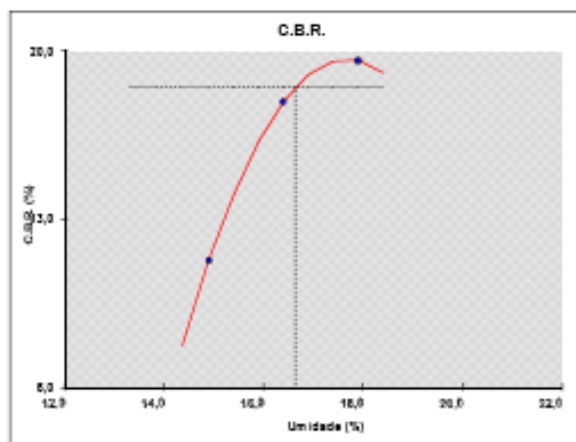
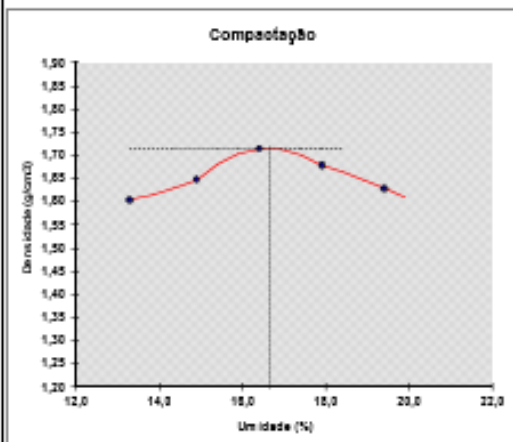
ENSAIO DE PENETRAÇÃO

No. PRENSA										K = 0,109				
PENETR.	TEMPO	LEITURA	PRESSÃO	PRES. Ref.	ISC	LEITURA	PRESSÃO	PRES. Ref.	ISC	LEITURA	PRESSÃO	PRES. Ref.	ISC	
mm	min	EXTENSOM.	kg/Cmf	kg/Cmf	%	EXTENSOM.	kg/Cmf	kg/Cmf	%	EXTENSOM.	kg/Cmf	kg/Cmf	%	
0,63	0,5	15	1,60			65	7,1			72	7,8			
1,27	1,0	25	2,70			79	8,5			94	10,2			
1,90	1,5	38	4,10			95	10,3			105	11,3			
2,54	2,0	64	7,00	70	10,00	115	12,6	70	18,00	126	13,8	70	18,70	
3,81	3,0	83	9,00			134	14,5			142	15,4			
5,08	4,0	109	11,90	105	11,30	162	17,7	105	18,30	155	16,9	105	18,10	
6,35	5,0	135	14,70	132	11,10	201	21,9	132	18,80	168	18,3	132	13,80	
7,62	6,0	143	15,60	161	9,70	236	25,7	161	18,00	176	19,2	161	11,80	
8,89	7,0													
10,16	8,0													
12,70	10,0													
PRESSÃO	P/ 2,54 mm	PC=	7,0			PC=	12,6			PC=	13,8			
CORRIG.	P/ 5,08 mm	PC'=	11,9			PC'=	17,7			PC'=	16,9			
	PC/0,7031	IBC=	10,0			IBC=	17,9			IBC=	19,6			
I.S.C.	PC/1,0546	IBC'=	11,3			IBC'=	16,8			IBC'=	16,0			
ADOTADO			11,3				17,9				19,6			

Enc. Laboratório:

Engenheiro

GRÁFICOS



DATA	08/07/2017	LADO	Hot	18,83	%		L.S.C.	18,6	%
ESTACA	LB 8	LE	Dmax	1,716	g/cm³		Exp.	0,0	%
CAMADA	SUBLEITO		MATERIAL		Solo silteoso				