

**CENTRO UNIVVERSITÁRIO DO SUL DE MINAS – UNIS/MG**  
**GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL**  
**LUIZ ALBERTO DA SILVA**

**ESTUDO COMPARATIVO ENTRE BASE ESTABILIZADA  
GRANULOMETRICAMENTE E DYNABASE. ESTUDO DE CASO: RODOVIA  
MGT/ 267 – TRECHO MONSENHOR PAULO/MG A CORDISLÂNDIA/MG**

**VARGINHA/MG**

**2015**

**LUIZ ALBERTO DA SILVA**

**ESTUDO COMPARATIVO ENTRE BASE ESTABILIZADA  
GRANULOMETRICAMENTE E DYNABASE. ESTUDO DE CASO: RODOVIA  
MGT/ 267 – TRECHO MONSENHOR PAULO/MG A CORDISLÂNDIA/MG**

Trabalho apresentado ao Curso de Engenharia Civil do Centro Universitário do Sul de Minas - UNIS como pré-requisito para obtenção do grau de bacharel, sob orientação do Prof. Armando Bellato

**VARGINHA/MG  
NOVEMBRO DE 2015**

**LUIZ ALBERTO DA SILVA**

**ESTUDO COMPARATIVO ENTRE BASE ESTABILIZADA  
GRANULOMETRICAMENTE E DYNABASE. ESTUDO DE CASO: RODOVIA  
MGT/ 267 – TRECHO MONSENHOR PAULO/MG A CORDISLÂNDIA/MG**

Monografia apresentada ao curso de Engenharia Civil do Centro Universitário do Sul de Minas – UNIS, como pré-requisito para obtenção do grau de bacharel pela Banca Examinadora composta pelos membros:

Aprovado em / /

---

Prof. Esp. Armando Belato Pereira - Orientador

---

Prof. Thiago Luiz Nogueira da Silva

---

Prof. Esp. Leopoldo Freire Bueno

OBS.:

Dedico este trabalho a Deus, pela força e coragem durante toda esta longa caminhada e a minha família, por sempre estar ao meu lado.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço ao Professor Armando Bellato,  
pela orientação, apoio e confiança.

“Eu tentei 99 vezes e falhei, mas na centésima tentativa eu consegui, nunca desista de seus objetivos mesmo que esses pareçam impossíveis, a próxima tentativa pode ser a vitória”.

Albert Einstein

## RESUMO

Pavimento, uma estrutura constituída de várias camadas, granulares ou não, com capacidade de suportar o tráfego, garantindo segurança e conforto ao usuário, mas para que isso ocorra precisamos conhecer os tipos de materiais constituintes no processo, juntamente com realização de ensaios exigidos por normas para realizar o dimensionamento do mesmo.

Este trabalho reúne informações sobre as duas técnicas de estabilização de base: base estabilizada granulometricamente (bica corrida) e estabilizante sólido DYNABASE, abordando também, as estruturas de um pavimento, materiais utilizados e técnicas de dimensionamento.

O estudo teve como objetivo avaliar a construção da rodovia MGT/267, que liga as cidades: Cordislândia/MG a Monsenhor Paulo/MG, trecho de aproximadamente 20 KM, com término ano passado (2014). Com intuito de orçar a base existente, estabilizada granulometricamente (bica corrida), e uma contra proposta com estabilizante sólido DYNABASE, com planilhas.

**Palavra-chave:** Base. Estabilização de base. Pavimento flexível.

## **ABSTRACT**

*Floor a structure consisting of several layers , granular or not, with capacity to support the traffic , ensuring safety and comfort to the user, but for this to happen we need to know the types of constituent materials in the process, along with performing tests required by standards to carry out the sizing of the same .*

*This work brings together information about the two base stabilization techniques : base stabilized granulometrically (running spout ) and solid stabilizer DYNABASE , addressing also the structures of a floor , materials used and design techniques.*

*The study aimed to evaluate the construction of the highway MGT / 267 , which connects the cities : Cordislândia / MG to Monsenhor Paulo / MG , about 20 KM stretch , ending last year (2014) . In order to budget the existing base , stabilized granulometrically ( tap running) , and a counter proposal with solid stabilizer DYNABASE with spreadsheets.*

**Keywords:** *Base. Base stabilization. Flexible pavement.*



## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>9</b>
<b>2. OBJETIVO GERAL .....</b>	<b>9</b>
2.1 Objetivo específico .....	10
<b>3. JUSTIFICATIVA .....</b>	<b>10</b>
<b>4. METODOLOGIA .....</b>	<b>10</b>
<b>5. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>11</b>
<b>5.1 Pavimento .....</b>	<b>11</b>
<b>5.2 Estrutura de um pavimento .....</b>	<b>12</b>
5.2.1 Subleito .....	12
5.2.2 Reforço do subleito .....	13
5.2.3 Sub-base .....	13
5.2.4 Base .....	13
5.2.5 Revestimento .....	13
<b>5.3 Solo .....</b>	<b>13</b>
5.3.1 Solo tropical .....	14
5.3.2 Cor do solo .....	14
5.3.3 Macroestrutura .....	14
5.3.4 Minerais presentes no solo .....	14
5.3.5 Solos lateríticos .....	15
5.3.6 Solos saprolíticos .....	15
<b>5.4 Estabilização dos solos .....</b>	<b>15</b>
<b>5.4.1 Tipos de estabilização .....</b>	<b>15</b>
5.4.2 Estabilização granulométrica .....	16
5.4.3 Brita graduada simples (BGS) .....	16
<b>5.5 Ensaio .....</b>	<b>17</b>
5.5.1 Textura e granulometria .....	17
5.5.2 Teor de umidade do solo .....	18
5.5.3 Método de resistência ou método do C.B.R .....	18

<b>5.5.4 Estabilização do solo "DYNABASE" .....</b>	<b>18</b>
5.5.4.1 Produto .....	18
5.5.4.2 Ensaio do solo .....	19
5.5.4.3 Distribuição .....	20
5.5.4.4 Incorporação ao solo .....	21
5.5.4.5 Umidade do solo .....	22
5.5.4.6 Compactação .....	22
5.5.4.7 Acabamento da base .....	23
<b>5.6 Dimensionamento pavimento flexível - Método de DNER/DNIT .....</b>	<b>24</b>
5.6.1 Classificação dos materiais empregados no pavimento .....	24
5.6.2 Tráfego e número equivalente .....	24
5.6.3 Coeficiência de equivalência estrutural .....	26
5.6.4 Dimensionamento do pavimento .....	27
<b>6 ESTUDO DE CASO .....</b>	<b>28</b>
<b>6.1 Estudo do tráfego .....</b>	<b>29</b>
<b>6.2 Caracterização do trecho em estudo .....</b>	<b>30</b>
<b>6.3 Determinação das características geométricas do trecho .....</b>	<b>30</b>
<b>6.4 estudo de tráfego - Determinação do número "N" .....</b>	<b>31</b>
<b>6.5 Índice suporte do subleito .....</b>	<b>31</b>
<b>6.6 Substituição do material do subleito/Reforço do subleito .....</b>	<b>32</b>
<b>6.7 Memória de calculo do dimensionamento .....</b>	<b>32</b>
6.7.1 Critérios adotados .....	32
6.7.2 Especificação básica de materiais e serviços .....	33
6.7.2.1 Acabamento de terraplanagem/Regularização do subleito .....	33
6.7.2.2 Sub-base de solo estabilizado granulometricamente .....	34
6.7.2.3 Base solo estabilizado granulometricamente .....	35
6.7.2.4 Fornecimento da bica corrida e argila para camada de base .....	36
6.7.2.5 Imprimação .....	37
6.7.2.6 Revestimento .....	37
<b>7 Quantidade de materiais e custo unitário .....</b>	<b>38</b>
7.1 Ensaio .....	41
<b>8 CONCLUSÃO .....</b>	<b>42</b>

**REFERÊNCIAS ..... 43**

**ANEXO ..... 44**

## **1 INTRODUÇÃO**

Pavimentação asfáltica é uma estrutura de múltiplas camadas, composto por: camada superficial (revestimento), apoiada sobre camada de base, sub-base e de reforço de subleito, constituídas por materiais granulares, solos ou mistura de solos.

Este presente trabalho analisa a rodovia MGT/267 que liga Cordislândia/MG a Monsenhor Paulo/MG, obra que faz parte do PRÓ-ACESSO (Programa de Melhoramento e Pavimentação e Acessos e Ligações Municipais). Sondagem e ensaios realizados em todo o trecho para que as camadas pudessem ser dimensionadas e a partir desta etapa começaram a dimensionar o pavimento. A camada de base do pavimento foi estabilizada granulometricamente com argila e bica corrida, que é convencional para os pavimentos no Brasil.

A idealização de novos métodos e materiais na construção é dada pela escassez de matéria prima e ao aumento de custo. A utilização de novos produtos industriais, é um tema de grande destaque nos últimos anos, devido a possibilidade de serem solucionados problemas de caráter econômico, tecnológico e de ordem ambiental.

Nas áreas de construção civil, o desenvolvimento de materiais alternativos, utilizando subprodutos industriais é de fundamental importância devido a sua capacidade de utilizar esses novos materiais em grandes quantidades, principalmente em países em desenvolvimento, esse fato é impulsionado pela necessidade de ampliação das malhas rodoviárias e pela redução de custo nos pavimentos.

DYNABASE é um produto estabilizante de solo para uso no tratamento de base para pavimentação asfáltica, um produto de fácil aplicação e que reduz os custos em remoção, transporte de bota fora e importação de caixas de empréstimo para bases, em obras de rodovias, vias urbanas, pátio de manobras ou estacionamento de veículos pesados, além da ação efetiva no processo de impermeabilização do solo. Sua aplicação introduz novos parâmetros aos solos utilizados devido ao seu efeito aglutinante e estabilizante. Atua nas partículas do solo, dispensando o uso da pedra, do cimento ou de outros agregados utilizados na base convencional.

## **2 OBJETIVO GERAL**

Realizar um comparativo de custo da camada de base da Rodovia MGT/267, onde a estabilização da camada foi executada convencionalmente (bica corrida), realizando uma

comparação de preço da mesma base com estabilizante DYNABASE. A Rodovia está localizada entre as cidades de Cordislândia/MG e Monsenhor Paulo/MG.

## **2.1 Objetivos específico**

O objetivo deste trabalho é:

- ✓ Conhecer parâmetros de resistência, e ensaios dos solos com os dois tipos de estabilizantes, bica corrida e DYNABASE.
- ✓ A partir dos resultados dos ensaios realizados com DYNABASE, dimensionar a camada de base.
- ✓ Realizar planilhas de custo final, entre estabilizante DYNABASE, e base estabilizada granulometricamente "bica corrida".

## **3 JUSTIFICATIVA**

A construção de um pavimento exige conhecimento não só dos materiais constituintes, mas outros tipos de materiais que podem garantir a estabilização do solo, garantindo qualidade, baixa manutenção e custo favorável. Este projeto de pesquisa, foram abordados dois tipos de estabilização de solos, visando auxiliar o construtor (empreendedor) esta escolha, demonstrando qual o tipo de estabilização ele pode optar, com ajuda de parâmetros técnicos, práticos e dados comparativos.

## **4 METODOLOGIA**

Para a realização do trabalho, foram desenvolvidas pesquisas em livros, manuais técnicos, normas e trabalho de conclusão de curso relacionada à pavimentação asfáltica. Além de pesquisa de campo e coleta de dados, obtidos durante a realização de estágio na empresa Trindade Locações e Serviços Ltda, apresentados em forma de tabelas, fotografias e gráficos.

Serão realizadas planilhas orçamentárias para as duas situações de base e também ensaios de laboratório com o estabilizante sólido DYNABASE, e base convencional (bica corrida). Com os resultados dos ensaios de DYNABASE, será realizado o dimensionamento da camada de base para o pavimento, utilizando método DNER.

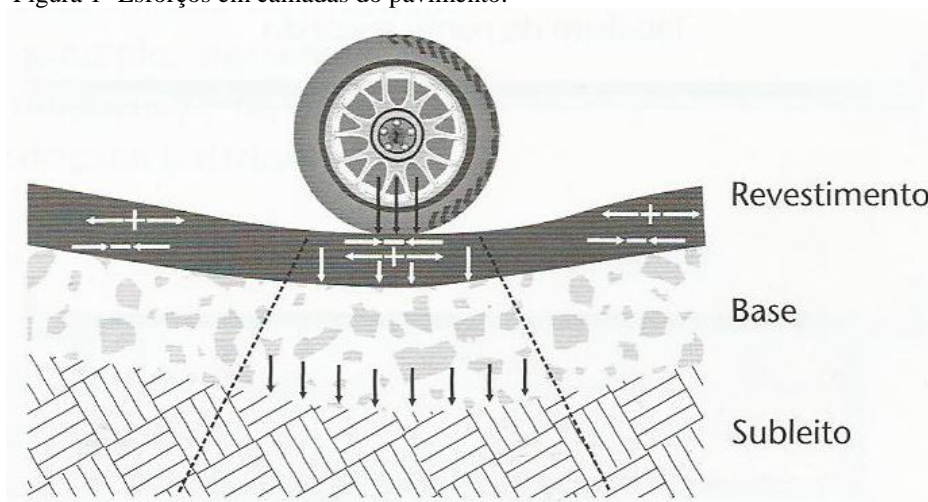
## 5 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 5.1 PAVIMENTO

É uma estrutura constituída por uma ou mais camadas, com característica para receber as cargas e distribuí-la, com capacidade de suportar o tráfego em condições de conforto e segurança.

Segundo Balbo (2011), as cargas são transmitidas as fundações de forma aliviada e criteriosa, impedindo a ocorrência de deformações incompatíveis com a utilização da estrutura ou mesmo de ruptura na fundação, que geram estados de tensão não previsto inicialmente nos cálculos, e induzem toda a estrutura a um comportamento mecânico inapropriado e à degradação acelerada ou prematura. (Figura 1)

Figura 1- Esforços em camadas do pavimento.



Fonte: (BALBO, 2011)

Segundo Pinto (2010) os pavimentos são classificados em rígidos, semirrígidos e flexíveis. Sendo:

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

**Flexível:** aquele que em todas as camadas sofrem deformação elástica significativa sob o carregamento aplicado e, portanto, a carga se distribui em parcelas aproximadamente equivalente entre as camadas. Exemplo típico: pavimento constituído por uma base de brita

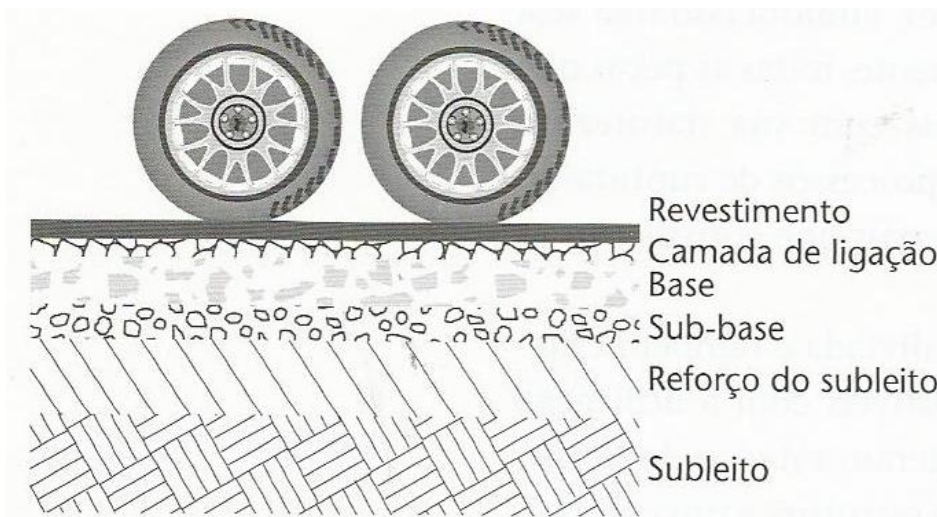
(brita graduada, macadame) ou por uma base de solo pedregulhoso, revestida por uma camada asfáltica.

Semirrígido: caracteriza-se por uma base cimentada por algum aglutinante com propriedades cimentícias como, por exemplo, por uma camada de solo cimento e revestida por uma camada asfáltica.

## 5.2 Estrutura de um pavimento

Geralmente essa estrutura se divide em: subleito, reforço do subleito, sub-base, base e revestimento. (Figura 2)

Figura 2 - Camadas de um pavimento.



Fonte: (BALBO, 2011)

### 5.2.1 Subleito

O subleito será constituído de material natural consolidado e compactado. É o terreno de fundação do pavimento, se não for executado com todos os requisitos técnicos, podem comprometer o trabalho da pavimentação.

Segundo Senço (2007). Em qualquer caso de semi-espaço infinito, apenas a camada próxima da superfície é considerada subleito, pois a medida que se aprofunda no maciço, as pressões exercidas são reduzidas a ponto de serem consideradas desprezíveis. Os bulbos de tensões são construídos com curvas que apresentam percentuais da pressão de contato e decrescentes com o aumento da profundidade.

### **5.2.2 Reforço do subleito**

É uma camada construída, se necessário, acima da regularização do subleito, é executado normalmente em estruturas espessas resultantes de fundação de má qualidade ou tráfego de cargas muito pesadas.

### **5.2.3 Sub-base**

Para Senço (2007) sub-base é a camada complementar a base, quando , por circunstâncias técnicas e econômicas, não for aconselhável construir a base diretamente sobre a regularização ou reforço do subleito.

### **5.2.4 Base**

É uma camada construída com solo natural e a estabilização pode decorrer da própria distribuição granulométricas dos grãos, (pedra britada, seixo rolado) ou ser obtida com produtos químicos, como exemplo o DYNABASE. De acordo com Senço (2007), base é a camada destinada a resistir aos esforços verticais oriundo do tráfego e distribuí-los.

### **5.2.5 Revestimento**

Segundo Balbo (2011), o revestimento deverá, entre outras funções, receber as cargas, estáticas ou dinâmicas, sem sofrer grandes deformações elásticas ou plásticas, desagregação de componentes ou, ainda perda de compactação; necessita, portanto, ser composto de materiais bem aglutinados ou dispostos de maneira a evitar sua movimentação horizontal.

## **5.3 SOLO**

Segundo Pinto (2010), todos os solos se originam da composição de rochas que constituíam inicialmente a crosta terrestre. A decomposição é decorrentes de agentes físicos e químicos. Variações de temperatura provocam trincas, nas quais penetram a água, atacando quimicamente os minerais. O congelamento da água nas trincas, entre outros fatores físicos, exerce elevadas tensões, das quais decorre maior fragmentação dos blocos.



Em relação às dimensões das partículas do solo, nota-se que são muito variáveis sendo designadas pelas frações: pedregulhos, areia, silte e argila. Os limites entre essas frações podem apresentar pequenas variações de acordo com a norma ou escala utilizada (França, 2003).

### **5.3.1 Solo tropical**

Nogami (1971) apresenta sugestões e recomendações para estabelecer a origem dos solos encontrados nos climas tropicais úmidos, eventualmente com determinação da origem geológica, analisando característica não habitualmente abordadas pela mecânica do solo tradicional, como a cor do solo, sua macrotextura e sua composição mineralógica. Na sequência procura-se sistematizar tais recomendações.

### **5.3.2 Cor do solo**

A noção de cor de um solo deve ser entendida conforme a condição em que se encontra o material (é variável no processo geológico). A cor dos componentes de um solo é aquela individualizada para as partículas de minerais que o compõem.(Pinto,2010)

### **5.3.3 Macroestrutura**

A macroestrutura de um solo é decorrente de um dos seguintes processos: sedimentação, evolução pedogenética ou meteorização (intemperismo).

### **5.3.4 Minerais presentes no solo**

Segundo Pinto (2010) nas regiões de clima temperado, há grande predominância de frações de areia e de silte constituída por quartzo originário de rocha de composição quartzosa. Em solos de clima tropicais úmidos, muitas vezes minerais que não o quartzo estão presente nas frações de areia e de silte, como feldspato, mica, magnetita, ilmenita, etc. Junto da fração de areia, também são encontrados concreções lateríticas, torrões cimentados e fragmentos de rocha.

### **5.3.5 Solos Lateríticos**

Godoy (1997) caracteriza o solo laterítico como aquele que adquire elevadas resistências e capacidade de suporte ao ser devidamente compactado. Na presença de água, apresenta baixa permeabilidade e deformabilidade, e perde pouca capacidade de suporte.

### **5.3.6 Solos Saprolíticos**

Em relação aos solos saprolíticos, Castro (2003) pontua que se originam de decomposição e/ ou desagregação "in situ" de uma rocha, mantendo a macroestrutura e constituição mineralógica desta rocha matriz subjacente.

## **5.4 ESTABILIZAÇÃO DOS SOLOS**

França (2003) considera que a estabilização de um solo consiste em dotá-lo de condições de resistir as ações climáticas e aos esforços e desgastes induzidos pelo tráfego, sob condições adversas consideradas no projeto.

Portanto, o termo estabilização o solo refere-se a qualquer processo, natural ou artificial, pelo qual um solo, sob o efeito de cargas aplicadas, se torna mais resistente à deformação e ao deslocamento do que o solo original. Tais processos consistem em modificar as características do sistema solo-água-ar com a finalidade de se obter propriedades de longa duração compatíveis com uma aplicação particular .

### **5.4.1 Tipos de estabilização**

O mecanismo de estabilização pode ser dividido em duas categorias: mecânica e química. A estabilização mecânica inclui a compactação, mistura de agregados para melhorar a granulometria e adição de asfalto. Asfalto, como um estabilizador, geralmente não reage quimicamente com os materiais que estão sendo estabilizados, mas recobre as partículas, confere adesão e ajuda na impermeabilização. Já a estabilização química inclui a adição de material como cal, cimento ou cinzas, entre outros, combinados ou isoladamente. Esses materiais reagem ainda com materiais que estão sendo estabilizados (por exemplo, a cal reage

com argilas) ou reagem de maneira própria para formar compostos de cimentação (por exemplo, o cimento Portland). (Shivaji, s.d.)

Guimarães (2002) pontua que a estabilização do solo pode ser feita com o emprego de várias técnicas, as quais são agrupadas em dois grandes conjuntos:

- a) aquelas que empregam meios mecânicos: correção da granulometria e da plasticidade através da incorporação ou retirada de determinadas quantidades de frações constituintes dos solos, até a obtenção de parâmetros estabelecidos por normas:
- b) aquelas que empregam meios químicos: utilização de aditivos orgânicos ou inorgânicos, como o cal, o cimento Portland, silicatos de sódio, materiais betuminosos, resinas, compostos de fósforos, dentre outros.

#### **5.4.2 Estabilização granulométrica**

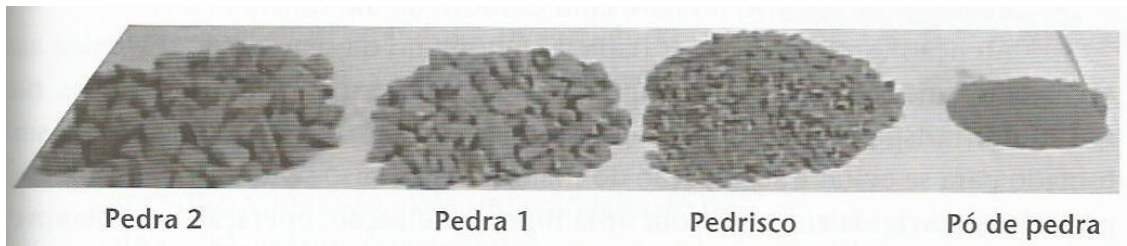
Segundo Balbo (2007), as camadas que não empregam estabilização com ligante hidráulico asfáltico são camadas que recebem estabilização puramente mecânica por efeito de compressão e adensamento dos materiais constituintes; além disso quando bem graduadas, dizemos que são estabilizadas granulometricamente. Camadas desse tipo, compostas por granulares (agregados), por solos ou, ainda, por mistura de ambos, ocorrem em bases, sub-bases e, eventualmente, em reforços de subleitos de pavimentos.

Algumas definições devem ser recordadas neste momento, em especial no que diz respeito às pedras britadas empregadas em diversos tipos de camadas de pavimentos. As pedras britadas (ou simplesmente britas) são materiais resultantes da trituração ou moagem de rochas. As pedras britadas, desde longa data, tem sido utilizado como material de base e sub-base de pavimentos, misturadas com solo ou não, flexíveis ou rígidas, dadas as suas características de resistência, de estabilidade, de não suscetibilidade à água (Balbo, 2007).

#### **5.4.3 Brita Graduada Simples (BGS)**

As britas graduadas simples (figura 3) são materiais resultantes da mistura (em usina apropriada) de agregados britados que passam por processo de peneiramento e classificados (divididos e estocados por faixas de diâmetros), sendo todas as frações provenientes de britagem, em geral de uma mesma rocha, resultando em mistura bem graduada, com umidade controlada em usina, seguida de compactação do material em pista (Balbo, 2007)

Figura 3 - Britas graduadas simples.



Fonte: (BALBO, 2007)

## 5.5 Ensaios

### 5.5.1 Textura ou granulometria

Para Baptista (1978), a granulometria independe da umidade, composição mineralógica, densidade e forma dos grãos, sendo interessante neste estudo apenas o tamanho das partículas, e a distribuição em porcentagem do tamanho em massa de solo. Ainda Baptista (1978), afirma que o material retido acima da peneira nº10 constitui-se o material grosso; o que fica retido da peneira nº 10 à nº 200 é o material fino; já o retido abaixo da peneira nº 200 é o material semi-fino (siltes, argilas, areia fina). (A mecânica dos solos divide-se em duas classes).

- Solos coesivos (argilas).
- Solos não coesivos ou incoerentes (areias).

E para haver separação destes solos e usado peneirá-lo para determinar as suas composições. Na tabela a seguir será mostrado os tipos usuais de peneiras para determinar a sua granulometria.

Tabela 01 – classificação de peneiras

Designação Americana (pol)	Designação Brasileira (mm)
3"	76,2
2 ½"	63,5
2"	50,8
1 ½"	38,1
1"	25,4
¾"	19,1
½"	12,7
3/8"	9,52
Nº 3	6,68
Nº 4	4,8
Nº 8	2,4
Nº 10	2,0
Nº 16	1,2
Nº 30	0,6
Nº 40	0,42
Nº 50	0,3
Nº 100	0,15
Nº 200	0,075

Fonte:( BAPTISTA;1978)

### 5.5.2 Teor de Umidade do solo

E massa de solo contida com água através dos seus vazios entre as partículas essa quantidade de água contida em certa massa de solo é chamada de teor de umidade. E para (BAPTISTA 1978), essa água é dividida em três seguimentos.

- Água livre: é a que circula livremente através dos poros do solo, sujeita a ação da gravidade, pode ser drenada por sistema de drenagem conveniente.
- Água higroscópica ou adesiva: é a que se encontra no solo quando seco ao ar livre.
- Água capilar: é a retida no solo pelo efeito da tensão superficial, circula nos solos com grãos muito finos, onde existem canais com diâmetro capilar entre os grãos, muitas vezes contrariando a ação da gravidade. Não pode ser eliminada por drenagem simples, a maneira mais eficiente de sanar este tipo de umidade é interromper a fonte de água que alimenta a capilaridade.

### 5.5.3 Método da resistência ou método do C.B.R.

O California Bearing Ratio (C.B.R.), ou traduzindo Índice de Suporte Califórnia (I.S.C.), é uma das características do solo mais relevantes para avaliar o comportamento, tanto quanto camada de fundação quanto a camada componente do pavimento.

Para Senço (2007), o C.B.R. pode ser definido como “a relação percentual entre a pressão necessária para fazer penetrar, de maneira padronizada, um pistão numa amostra de solo convenientemente preparada e a pressão para fazer penetrar o mesmo pistão.” A espessura do material granular sobre o subleito é determinada em função do C.B.R. desse, e também do tráfego esperado. Conhecimento dos materiais componentes do pavimento e de suas espessuras (avaliação estrutural).

### 5.5.4 Estabilizantes do solo “DYNABASE”

#### 5.5.4.1 Produto

O estabilizante **DYNABASE** é um produto com característica física sólida, coloração acinzentada, com composição química própria que, na sua forma mais econômica, à granel, permite ser depositado a céu aberto por longo período, sem que ocorra qualquer alteração na sua qualidade.

É um produto que pode ser manuseado sem qualquer agressão ao ser humano e ao meio ambiente. Não corrosivo, não inflamável (Figura 4).

Figura 4 - Produto de forma granel.



Fonte: <http://www.dynabase.com>

#### 5.5.4.2 Ensaio do solo

É recomendável que a aplicação do **DYNABASE** seja sempre precedida de ensaio em laboratório do solo (figura 5) a ser utilizado na construção da base (solo local ou importado de jazidas auxiliares). Esse procedimento é necessário, tendo em vista a importância de determinar o volume correto de produto em cada obra, para obter-se o melhor Índice de Suporte Califórnia (CBR) e redução da expansão.

Figura 5 - Ensaio solo.



Fonte: <http://www.dynabase.com>

O aproveitamento do solo local com aplicação do **DYNABASE** é importante na medida em que poderá reduzir em até 80% o custo operacional de abertura da caixa, bota-fora e importação de material para regularização do greide.

#### 5.5.4.3 Distribuição

A aplicação do **DYNABASE** pode ser executada de forma mecânica ou manual (Figura 6). Importante é que a cobertura seja feita de forma homogênea, procurando proporcionar um maior reforço nas áreas das bordas no leito das vias públicas, em decorrência da sobrecarga de veículos e condução das águas pluviais nas sarjetas.

O produto, após a aplicação, estando ou não Incorporado ao solo, permite que a obra seja temporariamente paralisada no caso de problemas técnicos ou mesmo na ocorrência de chuvas, não provocando qualquer alteração química de reação antes da compactação da área trabalhada.

Figura 6 - Aplicação do produto na via.



Fonte: <http://www.dynabase.com>

#### 5.5.4.4 Incorporação ao solo

A incorporação do **DYNABASE** ao solo é muito fácil, podendo ser feita através de grade niveladora agrícola, pulvemisturadora, enxada rotativa ou patrol. Quanto mais homogênea for a incorporação, melhor resultado prático será obtido na aglutinação das partículas finas do solo ( Figura 7).

A forma sólida (pó) do **DYNABASE** facilita o manuseio e a mistura no solo, evitando o grave problema de excesso de umidade provocado pelos produtos similares (líquidos), em que é preciso fazer três ou mais aplicações, utilizando o carro-pipa com o produto e o reagente dissolvidos em água.

Figura 7 – Incorporação do produto no solo.



Fonte: <http://www.dynabase.com>



#### 5.5.4.5 Umidade do solo

É recomendável absoluto rigor na umidade final do solo tratado. É preciso que o material trabalhado esteja na umidade ótima em toda a extensão do trecho em execução. Caso a umidade esteja acima da ótima, é importante promover a aeração da camada até atingir o ponto ideal. Se a umidade estiver abaixo da ótima, complementar adicionando água (figura 8).

Se o solo local ou material importado de jazidas auxiliares estiverem na umidade ótima, torna-se dispensável a aplicação de água no processo de compactação.

Figura 8 - Caminhão pipa molhando o solo.



Fonte: <http://www.dynabase.com>

#### 5.5.4.6 Compactação

A operação de compactação deverá começar nas bordas e progredir longitudinalmente para o centro nos trechos em tangente e da borda interna para a externa nos trechos em curva, de modo que o compressor cubra uniformemente, em cada passada, pelo menos a metade da largura do seu rastro da passagem anterior paralelamente ao eixo da via (Figura 9).

Figura 9 – Compactação com o rolo



Fonte: <http://www.dynabase.com>

#### 5.5.4.7 Acabamento da base

A camada da base tratada deve apresentar uniformidade em toda a sua extensão, sem ondulações, saliências ou rebaixos.

O acabamento final será executado pela motoniveladora (Figura 10), cortando a superfície de forma a não permitir material solto nem pequenos aterros que resultariam em formação de lamelas, prejudiciais à superfície da base.

É recomendável executar a operação de acabamento com a base na umidade adequada, permitindo a realização de um corte espelhado e com acabamento ideal para imprimação.

Figura 10 – Acabamento final da base.



Fonte: <http://www.dynabase.com>

## 5.6 DIMENSIONAMENTO PAVIMENTO FLEXÍVEL - MÉTODO DO DNER/DNIT

Segundo DNIT (2006), relativamente aos materiais integrantes do pavimento, são adotados coeficientes de equivalência estrutural tomando por base os resultados obtidos na Pista Experimental da AASHTO, com modificações julgadas oportunas.

A capacidade de suporte do subleito e dos materiais constituintes do pavimento é definida pelo CBR, adotando-se o método de ensaio preconizado pelo DNER, recomendando-se que, em nenhum caso o grau de compactação deva ser inferior a 100%. Os materiais do subleito devem apresentar uma expansão, medida no ensaio CBR menor ou igual a 2% e um  $CBR > 2\%$  (DNIT, 2006).

### 5.6.1 Classificação dos materiais empregados no pavimento

Os materiais para base granular ( Tabela 1) devem se enquadrar numa das seguintes faixas granulométricas (Pinto, 2010).

Tabela 1 – Faixas granulométricas

Peneiras	Porcentagem, em peso, passando			
	A	B	C	D
2"	100	100	-	-
1"	-	75 - 90	100	100
3/8"	30 - 65	40 - 75	50 - 85	60 - 100
Nº 4	25 - 65	30 - 60	35 - 65	50 - 85
Nº 10	15 - 40	20 - 45	25 - 50	40 - 70
Nº 40	8 - 20	15 - 30	15 - 30	25 - 45
Nº 200	2 - 8	5 - 15	5 - 15	5 - 20

Fonte: (PINTO, 2010)

### 5.6.2 Tráfego e número Equivalente

O pavimento é dimensionado em função do número equivalente (N) de operações de um eixo tomado como padrão, durante o período de projeto escolhido e obtido a partir dos estudos de tráfego.

Na pista experimental AASHTO, as várias seções de pavimentos foram submetidas ao carregamento de veículos com diferentes tipos de eixo e cargas( Tabela 2 ). Foram

avaliados os efeitos do carregamento na perda de serventia para diversas concepções de projeto.

O fator equivalência de carga por eixo (FC) pode ser assim definido conforme equação 1:

(1)

*Número de aplicações de carga por eixo simples de 8,2 tf para causar  
Uma determinada perda de serventia.*

$$FC = \frac{P}{8,2}$$

*Número de aplicações de uma carga qualquer por eixo simples, duplo ou  
Triplo que causa a mesma perda de serventia.*

Tabela 2 – Fatores equivalência de carga do DNER/DNIT

Tipo de eixo	Faixa de carga (t)	Equação ( $P$ em tf)
Simples de roda simples ou dupla	0 - 8	$FC = 2,0782 \times 10^{-4} \times p^{4,0175}$
	$\geq 8$	$FC = 2,0782 \times 10^{-4} \times p^{6,2542}$
Tandem duplo	0 - 11	$FC = 2,0782 \times 10^{-4} \times p^{3,472}$
	$\geq 11$	$FC = 2,0782 \times 10^{-4} \times p^{5,484}$
Tandem triplo	0 - 18	$FC = 2,0782 \times 10^{-4} \times p^{3,3549}$
	$\geq 18$	$FC = 2,0782 \times 10^{-4} \times p^{5,5789}$

Fonte: (PINTO, 2010)

Na determinação do número "N" são considerados fatores relacionados com a composição do tráfego e referidos a cada categoria de veículos, definida em função da carga transportada e do número de eixos dos veículos.

Seus valores anuais e acumulados durante o período de projeto são calculados com base nas projeções do tráfego, sendo necessário para isso o conhecimento qualitativo e quantitativo da composição presente e futura dos veículos. Este conhecimento é obtido por meio de pesagens, pesquisa de origem e destino, contagens volumétricas classificatórias e pesquisa de tendências da frota regional ou nacional.

O número de operações do eixo-padrão (N) é calculado pela equação 2:

$$N = Vt * FE * FC \quad (2)$$

Em que:

N - Parâmetro representativo do efeito destrutivo do tráfego, correspondente ao número equivalente de repetições do eixo de 8,2 tf.

Vt - Volume total de tráfego durante o período de projeto em um sentido.

FE - Fator de eixos, que é a média ponderada das quantidades percentuais dos diversos tipos de eixo que atuam no pavimento.

FC - Fator equivalência de carga para o eixo padrão de 8,2 tf.

Onde  $V_t$  é definido pela equação 3:

$$V_t = 365 * V_m * P \quad (3)$$

Em que:

$V_m$  - Volume médio diário de tráfego, durante o período de projeto na faixa de projeto.

P - Período de projeto em anos, ou seja, tempo decorrido entre o início da vida do pavimento e a época do recapeamento.

O cálculo de  $V_t$  está relacionado ao problema de projeção do tráfego para o período de projeto. No caso do crescimento em progressão aritmética, sendo  $V_o$  o volume médio diário inicial de tráfego e  $t$  a taxa anual de crescimento em progressão aritmética, conforme equação 4:

$$V_m = \frac{V_o(2 + (P - 1)t)}{2} \quad (4)$$

### 5.6.3 Coeficiente de Equivalência Estrutural

Este coeficiente é a razão de espessura granular para uma unidade de espessura do material considerado. Na falta de correlações experimentais no Brasil, são adotados valores adaptados da experiência rodoviária norte- americana e decorrentes principalmente, das pistas experimentais da AASHTO.( Tabela 3):

Tabela 3 – Coeficiente Estrutural (Pavimento flexível e semi-rígido)

Componentes do pavimento		K
Revestimentos e bases betuminosas	Concreto betuminoso usinado a quente	2,0
	Pré-misturado a quente	1,7
	Pré-misturado a frio	1,4
	Macadame betuminoso de penetração	1,2
Camadas granulares (não cimentadas, não betuminosas)	Base de macadame hidráulico	1,0 **
	Base estabilizada granulometricamente (solo, mistura de solos, solo-brita, brita graduada)	
	Base de solo melhorado com cimento	
	Sub-base estabilizada granulometricamente	
	Sub-base de solo melhorado com cimento	
Solo-cimento *	R <sub>CS</sub> , 7 dias, superior a 45 kgf/cm <sup>2</sup>	1,7
	R <sub>CS</sub> , 7 dias, entre a 45 e 28 kgf/cm <sup>2</sup>	1,4
	R <sub>CS</sub> , 7 dias, entre 28 e 21 kgf/cm <sup>2</sup>	1,2

\*Outras camadas cimentadas que não o solo-cimento poderão ter seus coeficientes de equivalência estrutural (K) avaliados aproximadamente, tomando-se como referência o comportamento do solo-cimento nas três faixas de resistência à compressão simples.

\*\*O método de projeto de pavimentos flexíveis de 1966, adotava para a sub-base K = 0,77 e para o reforço do subleito K = 0,71. O projetista pode considerar esses valores se considerar tecnicamente conveniente, face as características da estrutura projetada (proteção maior do solo de fundação do pavimento).

Fonte: Pinto (2010)

Estes coeficientes são designados genericamente por:

- Revestimento: K<sub>R</sub>.
- Base: K<sub>B</sub>.
- Sub-base: K<sub>SB</sub>.
- Reforço: K<sub>Ref</sub>.

### 5.6.4 Dimensionamento do pavimento

A equação 5 fornece a espessura total do pavimento (Ht) em função do número N e do CBR; esta espessura é definida em termos de material com coeficiência estrutural K = 1, isto é, de camada de material granular.

$$Ht = 77,67 * N^{0,0482} * CBR^{-0,598} \quad (5)$$

No caso de ocorrência de solo do subleito com CBR inferior a 2%, é sempre preferível substituí-lo, numa espessura de, pelo menos, 0,60m por material de CBR maior que 2%. A espessura mínima para camadas granulares é de 10 cm.

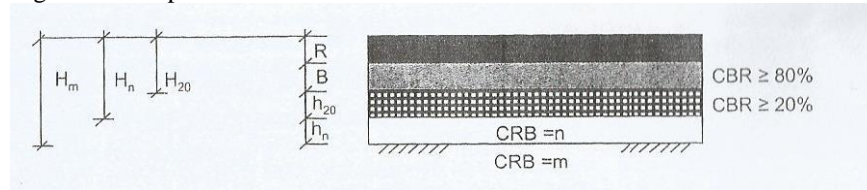
(6)

$$R \cdot KR + B \cdot KB \geq H20$$

$$R \cdot KR + B \cdot KB + h20 \cdot KSB \geq Hn$$

$$R \cdot KR + B \cdot KB + h20 \cdot KSB + hn \cdot KRef \geq Hm$$

Figura 10 – Espessuras das camadas



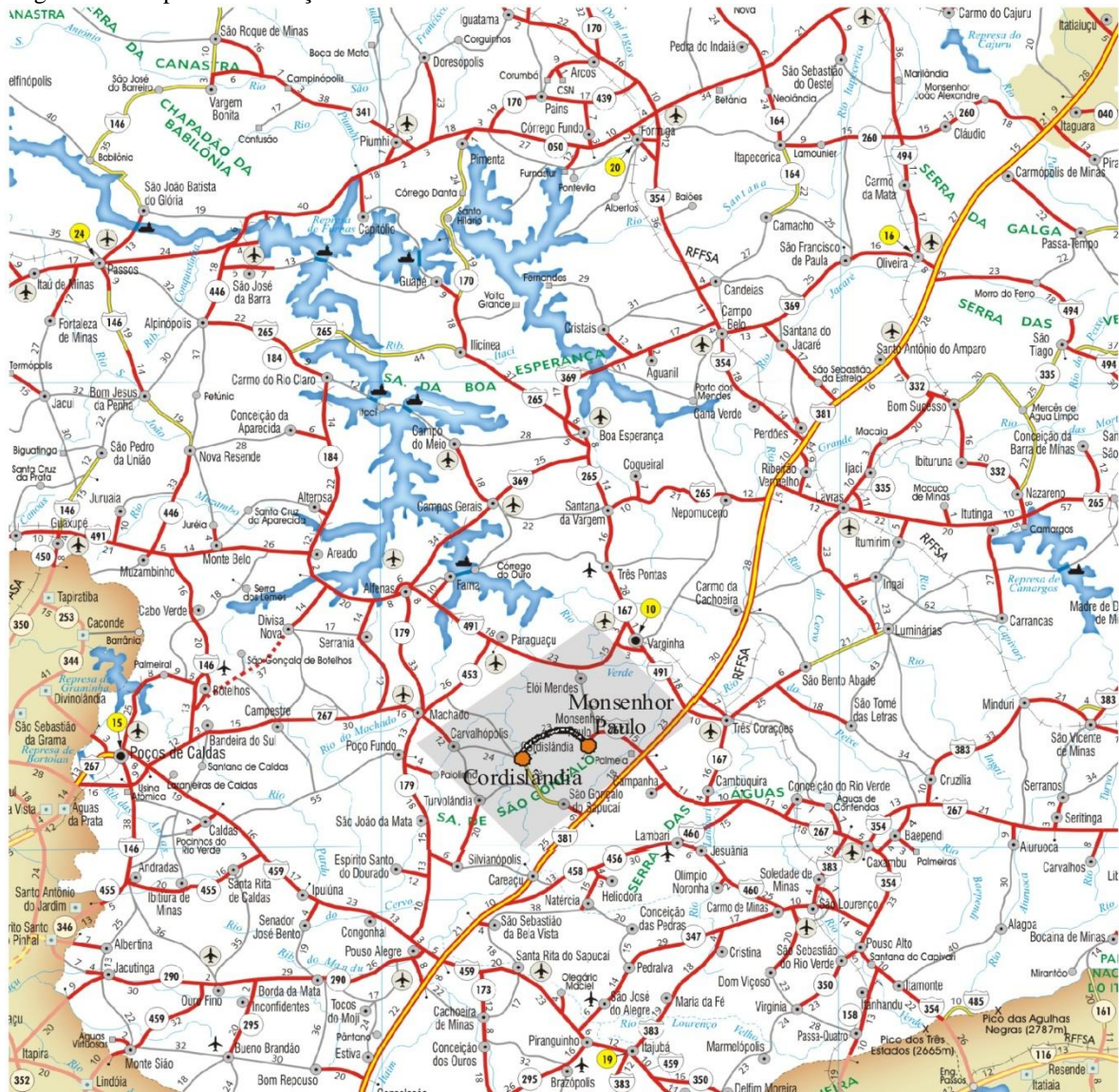
Fonte: Pinto (2010)

## 6 ESTUDO DE CASO

O Projeto de Engenharia Rodoviária para melhoramento e Pavimentação do trecho rodoviário que liga as cidades de Cordislândia - Monsenhor Paulo (MGT/267), foi executado ano passado (2014), onde o trecho possui uma extensão de 20,35 km (figura 11). A rodovia foi constituída das seguintes características: pista simples, duas faixas de rolamento, semi-pista com 3,50m, acostamento de 0,40m, dispositivos de drenagem de 0,60m, plataformas com largura de 9,0m e largura da faixa de domínio de 30,0m.

A obra faz parte do programa de Melhoramento e Pavimentação de Acessos e Ligações Municipais (PRÓ-ACESSO).

Figura 11– Mapa de localização do trecho Cordislândia – Monsenhor Paulo



Fonte: DER/MG

## 6.1 Estudo de tráfego

Os Estudos de Tráfego para a Rodovia: MGT/267, Trecho: Cordislândia - Monsenhor Paulo, foram elaborados de acordo com os Termos de Referência do Edital nº 178/06 do DER/MG. Para tanto foram procedidas “Contagens Volumétricas e Classificatórias” no mês de outubro de 2007, para caracterização do tráfego atual da rodovia permitindo assim a sua projeção futura. Os resultados obtidos nas pesquisas de campo forneceram os parâmetros necessários e suficientes para avaliar as características técnicas da rodovia e o seu comportamento operacional atual e futuro, após a implantação dos melhoramentos previstos no projeto.



## 6.2 Caracterização do trecho em estudo

O trecho em estudo faz parte de Rodovia Federal Transversal (BR/267) com traçado iniciando-se em Leopoldina, passando por Juiz de Fora, Caxambu, Poços de Caldas, Araraquara, Lins, Presidente Venceslau, Rio Brilhante terminando na localidade de Porto Murtinho. O segmento em estudo, em leito natural inicia-se em Cordislândia e termina em Monsenhor Paulo, com extensão aproximada de 20 km.

## 6.3 Determinação das características geométricas do trecho

De acordo com as recomendações do Núcleo de Engenharia de Tráfego da Gerência de Segurança Viária da Diretoria de Projetos - NET/GSV - DP, a determinação das características geométricas a serem adotadas para o trecho em estudo será procedida tomando por base o VMDAT estimado para o 10º ano (2017), não se considerando a parcela referente à “motos”, a saber:

- **VMDAT<sub>2017</sub> = 593 veic./dia.**

O VMDAT avaliado é superior ao volume máximo estabelecido para o Programa PROACESSO, caracterizando o trecho em estudo como uma via de importância local. Todavia a maior participação na frota é de veículos leves (automóveis + utilitários), que perfazem a parcela de 61,58% do VMDAT total. Desta forma, mesmo não se aplicando os “Critérios de Projetos para Vias de Ligação com Reduzido Volume de Tráfego”, em princípio, a Consultora recomendou a adoção das características geométricas correspondentes à Classe IV-A, que estabelece os seguintes valores para os elementos componentes da plataforma de pavimento acabado:

- Largura da semi-pista de rolamento: 3,30m;
- Largura do acostamento: 0,40m; e,
- Largura do dispositivo de drenagem: 0,60m;
- Largura total de pavimento acabado da plataforma: 8,60m.

Entretanto, em reunião com a Diretoria de Projetos do DER/MG, conheceu-se o planejamento da execução da pavimentação trecho Cordislândia – Carvalhópolis, constituindo assim em um futuro próximo um trecho 100% pavimentado ligando a cidade de Poços de Caldas à BR/381, sendo uma rodovia estratégica importante de sentido leste-oeste.

Considerou-se também as larguras de plataforma dos trechos da BR/267 já implantados. Por isto, sob orientação da Fiscalização, a plataforma foi acrescida em 0,40m conforme abaixo:

- Largura da semi-pista de rolamento: **3,50m**;
- Largura do acostamento: **0,40m**; e,
- Largura do dispositivo de drenagem: **0,60m**;
- Largura total de pavimento acabado da plataforma: **9,00m**.

#### **6.4 Estudos de tráfego - Determinação do número “N”**

O Cálculo e a Projeção do Número de Passagens do Eixo-padrão de 8,20 toneladas - Número “N” - foram elaborados de acordo com as recomendações constantes dos “Critérios de Projetos para Vias de Ligação com Reduzido Volume de Tráfego” do DER/MG, exigências dos Termos de Referência do Edital e orientações do DER/MG. O período de vida útil de projeto definido para os trechos contemplados no programa ProAcesso é de 10 (dez) anos.

No mês de Outubro/2007 foram procedidas “Contagens Volumétricas e Classificatórias” para caracterização do tráfego da rodovia e para o cálculo do número “N”. Os resultados obtidos nas pesquisas realizadas foram tratados de acordo com as orientações da Assessoria de Engenharia de Tráfego e Segurança de Trânsito da Divisão de Estudos e Projetos da Diretoria de Engenharia do DER/MG e forneceram os parâmetros necessários e suficientes para determinar as características técnicas da rodovia e permitir o dimensionamento da estrutura do seu pavimento.

Os principais parâmetros do projeto foram:

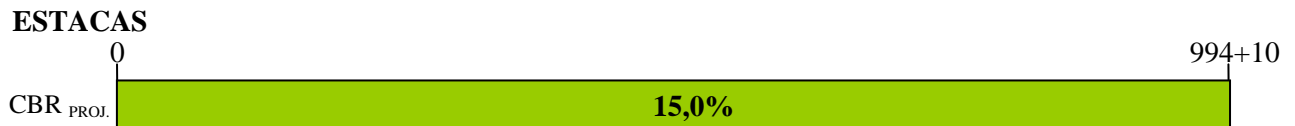
- Ano de abertura do tráfego: 2008;
- Período de projeto: 10 (dez) anos;
- Ano final de vida útil: 2017;
- Número “N” =  $8,39 \times 10^5$  (Método USACE).

#### **6.5 Índice de suporte do subleito**

O índice de suporte do subleito foi definido a partir dos ensaios executados com as amostras coletadas ao longo do subleito, através da elaboração e análise do gráfico de

parâmetros do subleito (Granulometria, LL, IP, IG, Expansão e I.S.C). O gráfico de parâmetros do subleito é apresentado no final deste capítulo (ANEXO A).

A partir da análise do gráfico de parâmetros do subleito definiu-se os segmentos homogêneos e os respectivos valores de C.B.R. de projeto, onde se concluiu na adoção de um único C.B.R. de Projeto para todo o trecho, conforme esquema a seguir:



## 6.6 Substituição do material do subleito / Reforço do subleito

Para os segmentos em corte, os últimos 20,0cm do subleito deverão ser compactados na energia de 1,5x o próctor normal (18 golpes), e para o caso dos aterros, a espessura deverá ser de 60,0cm, na mesma energia. Os materiais constituintes do subleito devem apresentar uma expansão medida no ensaio de CBR menor ou igual a 2,0% e CBR maior ou igual ao CBR de projeto.

## 6.7 Memória de cálculo do dimensionamento

### 6.7.1 Critérios adotados

Conforme orientação do edital, como o tráfego é superior a  $5 \times 10^5$ , o dimensionamento das espessuras das camadas do pavimento deve ser elaborado de acordo com o seguinte método:

- Método de dimensionamento de pavimentos flexíveis, (Método do Eng.º Murillo Lopes de Souza, oficialmente adotado pelo DNIT). Este método tem como base o trabalho “Design of Flexible Pavements Considering Mixed Load and Traffic Volume”, da autoria de W.J. Turnbull, C.R. Foster e R.G. Ahlvin, do Corpo de Engenheiros do Exército dos E.E.U.U. e conclusões obtidas na Pista Experimental da AASHTO. É um método baseado nas características de resistência dos solos de fundação, dos materiais de constituição do pavimento e da ação de cargas repetidas.

Espessura Mínima de revestimento betuminoso, conforme (tabela 4) Tratamento Superficial Betuminoso. Adotaremos TSD = 2,5cm.

$$\text{Para } I.S.C.PROJ = 15,0\% \quad (7)$$

$$Hm = Hn = 30,0cm, H20 = 23,0cm.$$

$$RKR + BKB > H20$$

$$2,5cm \times 1,20 + B \times 1,00 > 23,00cm; B > 20,0cm$$

$$RKR + BKB + H20KS > Hn$$

$$2,5cm \times 1,20 + 20,0cm \times 1,00 + H20 \times 1,00 > 30,0cm; H20 > 7,0cm$$

Considerando as características dos materiais empregados, poderemos adotar:  $B + SB = 20,0cm + 7,0cm = 27,0cm$ ; então  $B = 15,0cm$  e  $SB = 12,0cm$ . Com objetivo de implantar uma estrutura de pavimento mais duradoura, adotaremos as seguintes espessuras:  $B = 15,0cm$  e  $SB = 15,0cm$ .

O dimensionamento do pavimento ficou então da seguinte maneira (Tabela 4):

Tabela 4 – Dimensionamento do pavimento.

DIMENSIONAMENTO DO PAVIMENTO		
I.S.C. <sub>PROJ</sub>	CAMADAS	DIMENSIONAMENTO (cm)
15,0%	Revestimento em Trat. Sup. Duplo – TSD*	2,5
	Base Granular	15,0
	Sub-base Granular	15,0

Fonte: DER/MG

## 6.7.2 Especificações básicas de materiais e serviços

### 6.7.2.1 – Acabamento de terraplenagem / Regularização do subleito

Após o término da execução da plataforma obtida no final da terraplenagem, o subleito deverá ser todo regularizado e homogeneizado (figura 12) executando-se, em seguida, a compactação na energia de referência de 1,5 x a do próctor normal (18 golpes), de acordo com a especificação do DNER-ES-299/97.

A camada final de terraplenagem deverá ser compactada (figura 13) da seguinte maneira: para os segmentos em corte os últimos 20,0cm deverão ser compactados na energia de referência de 1,5 x o próctor normal (18 golpes) e, no caso dos aterros, a espessura deverá ser de 60,0cm, compactados na mesma energia.

Figura 12 – Homogeneização do subleito existente.



Fonte: Empresa Trindade

Figura 13 – Compactação do subleito existente.



Fonte: Empresa Trindade

#### **6.7.2.2 Sub-Base de solo estabilizado granulometricamente**

A camada de sub-base deverá ser de solo estabilizado granulometricamente sem mistura. Será utilizada uma jazida, constituída de cascalho laterítico / cascalho arenoso

(Figura 14). A energia de compactação será referente ao próctor intermediário (26 golpes). A especificação adotada é a DNER-ES-301/97.

Figura 14 – Jazida de cascalho arenoso.



Fonte: Empresa Trindade

### 6.7.2.3 Base de solo estabilizado granulometricamente

A camada de base deverá ser de solo estabilizado granulometricamente com mistura. Deverá ser utilizada a mistura em volume de 80% de bica corrida + 20% de argila. A bica corrida será proveniente da Pedreira SD e a argila será proveniente das Caixas de Empréstimo ao longo do trecho. A mistura será realizada na pista. A energia de compactação (Figura 15), será referente ao próctor intermodificado (40 golpes). A mistura deverá se enquadrar na faixa granulométrica “C” padrão DNIT.(Tabela 5)

Tabela 5 – Faixa granulométrica.

Peneira de Malha Quadrada		Percentagem Passando, em peso			
ASTM	mm	Faixa A	Faixa B	Faixa C	Faixa D
2”	50,8	100	100	100	-
1”	25,4	65 – 100	75 – 90	100	100
3/8”	9,5	30 – 65	40 - 75	50 – 85	60 – 100
Nº 4	4,8	25 – 55	30 - 60	35 – 65	50 – 85
Nº 10	2,0	15 – 40	20 - 45	25 – 50	40 – 70
Nº 40	0,42	8 – 20	15 – 30	15 – 30	25 – 45
Nº 200	0,075	2 – 10	5 – 15	5 – 15	10 – 25

Fonte: DER/MG

Figura 15 – Compactação com o rolo



Fonte : (Empresa Trindade)

#### 6.7.2.4 Fornecimento da bica corrida e da argila para camada de base

Para fornecimento da Bica Corrida deverá ser instalada uma Central de Britagem nas proximidades da Pedreira SD (Figura 16).

A argila indicada para mistura das camadas de base e sub-base será proveniente das caixas de empréstimo estudadas ao longo do trecho. Se na época da obra forem utilizados outros materiais como alargamentos de corte, estes materiais deverão ser argilosos e possuir obrigatoriamente características semelhantes às caixas de empréstimo estudadas.

Figura 16 – Pedreira SD



Fonte: Empresa Trindade

### 6.7.2.5 Imprimação

A imprimação da base deverá ser executada utilizando-se asfalto diluído CM-30. A taxa de aplicação deverá ser definida, experimentalmente, no canteiro de obras, e será aquela capaz de ser absorvida pela base em 24 horas, devendo situar-se entre  $1,0 \text{ L/m}^2$  e  $1,4 \text{ L/m}^2$ , de acordo com a especificação DNER-ES-306/97 (Figura 17).

Figura 17 – Imprimação (CM-30).



Fonte : Empresa Trindade

### 6.7.2.6 Revestimento

O revestimento indicado é o Tratamento Superficial Duplo – T.S.D. (Figura 18), utilizando agregados com granulometria obedecendo a Faixa “A” para a 1ª camada e Faixa “C” para a 2ª camada, e como ligante a emulsão RR-2C, de acordo com a especificação DNER-ES-309/97.

A seguir é apresentado o quadro com a faixa granulométrica dos agregados de acordo com as camadas (Tabela 6).



Tabela 6 – Granulometria dos agregados para TSD.

Granulometria dos Agregados					
Peneiras		% Passando em Peso			Tolerâncias da Faixa de Projeto
Pol.	mm.	A 1ª Camada	B 1ª ou 2ª Camada	C 2ª Camada	
1"	25,4	100	-	-	±7
¾"	19,1	90 – 100	-	-	±7
½"	12,7	20 – 55	100	-	±7
3/8"	9,5	0 – 15	85 – 100	100	±7
Nº 4	4,8	0 – 5	10 – 30	85 – 100	±5
Nº 10	2,0	-	0 – 10	10 – 40	±5
Nº 200	0,074	0 – 2	0 – 2	0 – 2	±2

Fonte: DER/MG

Figura 18 – Tratamento Superficial Duplo (TSD).



Fonte: Empresa Trindade

## 7 Quantidade de materiais, custo unitário e ensaios laboratoriais

As quantidades de materiais utilizados na camada de base executada na rodovia convencionalmente (bica corrida e argila) estão representados na (tabela 7).

Tabela 7 – Quantidade de materiais.

QUADRO DE QUANTIDADES E PREÇOS				
Código	Discriminação	Unidade	Quantidade	Preço (R\$)
4 - 64124-8044	BASE DE BICA CORRIDA (80%) E ARGILA (20%) COM MISTURA NA PISTA, COMPACTADA NA ENERGIA DE PRÓCTOR INTERMODIFICADO (EXECUÇÃO, INCLUINDO O FORNECIMENTO DA BICA CORRIDA)	M³	33.954,00	R\$ 79,57
3 - 62054-0210	TRANSPORTE DE BICA CORRIDA PARA BASE ATÉ A PISTA (VOLUME COMPACTADO)	M³ x Km	281.105,00	R\$ 1,07
3 - 62050-0210	TRANSPORTE DE ARGILA PARA BASE ATÉ A PISTA (VOLUME COMPACTADO)	M³ x Km	9.274,00	R\$ 1,07

Fonte: DER/MG

A composição de custo que engloba equipamentos, mão de obra e matéria prima, transporte de materiais para camada de base convencional (80% bica corrida e 20% argila) que foi executada no ano 2014 pela empresa Trindade Locações e serviços Ltda envolvendo todo o trecho da rodovia que liga Monsenhor Paulo a Cordislândia/MG (tabela 8).

Tabela 8 – composição de custo de base convencional.

<b>Composição custo de base convencional ( 80% Bica corrida, 20% Argila) M<sup>3</sup></b>					
<b>A</b>	<b>Equipamento</b>	<b>Unidade</b>	<b>Quantidade</b>	<b>Preço unit.</b>	<b>Valor parcial</b>
	Caminhão pipa	h	0,036	R\$ 86,00	R\$ 3,10
	Carregadeira	h	0,004	R\$ 125,00	R\$ 0,50
	Motoniveladora	h	0,052	R\$ 152,00	R\$ 7,90
	Rolo compactador (pé de carneiro)	h	0,052	R\$ 80,98	R\$ 4,21
	Rolo compactador liso	h	0,004	R\$ 120,00	R\$ 0,48
	Rolo compactador pneumático	h	0,003	R\$ 125,00	R\$ 0,38
	Trator de pneus(com grade)	h	0,032	R\$ 95,00	R\$ 3,04
					<b>R\$ 19,61</b>
<b>B</b>	<b>Mão de obra</b>	<b>Unidade</b>	<b>Quantidade</b>	<b>Preço unit.</b>	<b>Valor parcial</b>
	Encarregado de serviço	h	0,32	R\$ 28,75	R\$ 9,20
	Ajudante	h	0,10	R\$ 13,15	R\$ 1,32
					<b>R\$ 10,52</b>
<b>D</b>	Custo unitário direto considerando uma boa produção (C=100) = (A+B)/100				<b>R\$ 0,30</b>
<b>E</b>	<b>Materiais</b>	<b>Unidade</b>	<b>Quantidade</b>	<b>Preço unit.</b>	<b>Valor parcial</b>
	Bica corrida	m3	1,2	R\$ 60,00	R\$ 72,00
	Argila + Transporte ( 20 a 30 KM)	m3	0,25	R\$ 26,75	R\$ 6,69
	Transporte da bica corrida	m3	1,2	R\$ 26,75	R\$ 32,10
					R\$ -
					<b>R\$ 110,79</b>
	<b>CUSTO DIRETO (D+E)</b>				<b>R\$ 111,09</b>
	<b>BDI (33%)</b>				<b>R\$ 36,66</b>
	<b>CUSTO TOTAL DIRETO + BDI</b>				<b>R\$ 147,75</b>
<b>Preços pago pelo DER/MG (contrato)</b>					
<b>Discriminação</b>	<b>Unidade</b>	<b>Quantidades</b>	<b>Preço unitário</b>	<b>Total</b>	
Base (80% - 20%)	M <sup>3</sup>	33954,00	R\$ 79,57	R\$ 2.701.719,78	
Transporte argila (20 a 30 KM)	M <sup>3</sup> * KM	281105,00	R\$ 1,07	R\$ 1.503.911,75	
Transporte bica corrida (20 a 30 KM)	M <sup>3</sup> * KM	33955,00	R\$ 1,07	R\$ 908.296,25	
<b>CUSTO TOTAL CAMADA DE BASE + BDI</b>				<b>R\$ 6.801.523,95</b>	

Fonte: EMPRESA TRINDADE

Utilizando o material alternativo (estabilizante Dynabase), com os mesmos índices de equipamentos e mão de obra, pois o processo construtivo é o mesmo alterando somente o custo do estabilizante e aumentando a quantidade de argila, conseguimos chegar em novos preços de composição da base conforme (tabela 9).

Tabela 9 - composição de custo de base

<b>Composição custo base ( 3% Dynabase )</b>					
<b>A</b>	<b>Equipamento</b>	<b>Unidade</b>	<b>Quantidade</b>	<b>Preço unit.</b>	<b>Valor parcial</b>
	Caminhão pipa	h	0,036	R\$ 86,00	R\$ 3,10
	Carregadeira	h	0,004	R\$ 125,00	R\$ 0,50
	Motoniveladora	h	0,052	R\$ 152,00	R\$ 7,90
	Rolo compactador (pé de carneiro)	h	0,052	R\$ 80,98	R\$ 4,21
	Rolo compactador liso	h	0,004	R\$ 120,00	R\$ 0,48
	Rolo compactador pneumático	h	0,003	R\$ 125,00	R\$ 0,38
	Trator de pneu com grade	h	0,032	R\$ 95,00	R\$ 3,04
					<b>R\$ 19,61</b>
<b>B</b>	<b>Mão de obra</b>	<b>Unidade</b>	<b>Quantidade</b>	<b>Preço unit.</b>	<b>Valor parcial</b>
	Encarregado de serviço	h	0,32	R\$ 28,75	R\$ 9,20
	Ajudante	h	0,10	R\$ 13,15	R\$ 1,32
					<b>R\$ 10,52</b>
<b>D</b>	Custo unitário direto considerando uma boa produção(C=100) = (A+B)/100				<b>R\$ 0,30</b>
<b>E</b>	<b>Materiais</b>	<b>Unidade</b>	<b>Quantidade</b>	<b>Preço unit.</b>	<b>Valor parcial</b>
	Dynabase	m <sup>3</sup>	0,001	R\$ 3.000,00	R\$ 3,00
	Argila + Transporte ( 20 a 30 KM)	m <sup>3</sup>	1,45	R\$ 26,75	R\$ 38,79
					<b>R\$ 41,79</b>
	CUSTO DIRETO ( D+E)				R\$ 42,09
	BDI (33%)				R\$ 13,89
	<b>CUSTO TOTAL DIRETO + BDI</b>				<b>R\$ 55,98</b>
<b>Custo da base com estabilizante Dynabase</b>					
	<b>Discriminação</b>	<b>Unidade</b>	<b>Quantidades</b>	<b>Preço unit.</b>	<b>Total</b>
	Base (3% Dynabase)	M <sup>3</sup>	33.954,00	R\$ 45,26	R\$ 1.536.758,04
	Transporte argila (20 a 30 KM)	M <sup>3</sup> * KM	315.060,00	R\$ 1,07	R\$ 337.114,20
	<b>CUSTO TOTAL CAMADA DE BASE + BDI</b>				<b>R\$ 2.492.250,08</b>

Fonte: Empresa DHARMA

## 7.1 Ensaio

Os ensaios da base convencional (bica corrida e argila) foram realizados durante a construção da rodovia MGT/267 na cidade de Cordislândia/MG no ano de 2014, pela empresa Trindade Locações e Serviços Ltda. (ANEXO B)

Os ensaios utilizando estabilizante DYNABASE foram realizados este ano no laboratório da empresa DHARMA, que está localizado na cidade de Itajubá/MG.(ANEXO C)

Figura 19 - Compactação



Fonte - Próprio autor

Figura 20 - Granulometria



Fonte - Próprio autor

Figura 21 - Compactação



Fonte - Próprio autor

22 - Leitura de Expansão



Fonte - Próprio autor

Tabela 10 - Média do resultados dos ensaios

MÉDIA DOS RESULTADOS DOS ENSAIOS DAS MISTURAS (BICA CORRIDA E ARGILA) E ( ARGILA E DYNABASE)											
ENSAIOS	Densidade (Kg/cm³)	Umidade (%)	I.S.C	Expansão	Granulometria (% Passante)						
					3/4"	1/2"	3/8"	Nº 4	Nº 10	Nº 40	Nº 200
BICA CORRIDA	2.149	8.1	96.6	0.04	98.3	84.33	76.33	67.16	60.06	43.0	21.56
DYNABASE	1.641	20.9	93.23	0.10	-	-	-	-	99.1	88.3	78.03

Fonte - Próprio autor

## 8 CONCLUSÃO

Ao final desse trabalho foi possível estudar dois métodos de estabilização de base, a estabilizada granulometricamente (bica corrida) e o DYNABASE, conhecer qual o dimensionamento do pavimento na MGT/267 e a comparação do custo e parâmetros técnicos.

O dimensionamento do pavimento foi realizado pelo método DNIT, baseado nas características de resistência do solo da fundação, dos materiais constituintes e da ação das cargas.

O CBR ou I.S.C encontrado no subleito existente em todo o projeto, foi uma média de 15%, a partir daí foram calculados as espessuras das outras camadas: TSD (tratamento superficial duplo de 2,5 cm, base de 15,0 cm e sub-base com uma espessura de 15,0 cm).

Os ensaios realizados, de compactação, teor de umidade, CBR (I.S.C) nos mostram que a densidade da mistura altera de uma pra outra, em relação a sua granulometria que na base convencional é constituída de material mais grosso e na base estabilizada com DYNABASE, o material constituinte e mais fino, e de melhor aproveitamento com o material mais pro lado arenoso. Outro fator de grande importância é a umidade, que na base alternativa é bem mais alta devido a quantidade maior de argila. O CBR se mantém constante entre os dois materiais, considerando que foi utilizado o mesmo número de golpes para os dois ensaios, e que o CBR é modificado através da energia aplicada (GOLPES) e não pelo acréscimo do DYNABASE.

Os métodos construtivos para os dois estabilizantes são os mesmos, os resultados técnicos também são bem próximos, uma grande vantagem do DYNABASE para a base convencional é o custo que chega a uma diferença de aproximadamente 60% mais barato.

Tabela 11 - Custo total

<b>CUSTO TOTAL CAMADA BASE</b>	
<b>BICA CORRIDA</b>	R\$ 6.801.523,95
<b>DYNABASE</b>	R\$ 2.492.250,08

Fonte - Próprio autor

## REFERÊNCIAS

DNIT - DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTE. **Manual de Pavimentação**. Rio de Janeiro, 2006. Disponível em: <[http://www1.dnit.gov.br/arquivos\\_internet/ipr/ipr\\_new/manuais/Manual\\_de\\_Pavimentacao\\_Versao\\_Final.pdf](http://www1.dnit.gov.br/arquivos_internet/ipr/ipr_new/manuais/Manual_de_Pavimentacao_Versao_Final.pdf)>. Acesso em: 08 abr. 2015.

BALBO, J. T. **Pavimentação Asfáltica** - Materiais, projeto e restauração. São Paulo: Oficina de Textos, 2007.

WLASTERMILER DE SENÇO. **Manual técnico de pavimentação 2008**. Volume 1. 2 edição. P 6-32

WLASTERMILER DE SENÇO. **Manual técnico de Pavimentação**. Volume 2 ,2008, 2 edição. P 1-50

PINTO, Salomão. **Pavimentação Rodoviária** : Conceitos fundamentais sobre pavimentos flexíveis / Salomão Pinto, Ernesto Preussler. Rio de Janeiro : Synergia : IBP, 2010.

BAPTISTA.C.N. **Pavimentação Asfáltica** . Porto Alegre.Globo,1978

CASTRO. Cesar Augusto Alves de. **Estudo da técnica de anti-pó com emulsão de xisto em pavimentos para baixo volume de tráfego**. Dissertação de Mestrado. Faculdade Federal do Rio de Janeiro, 2003.

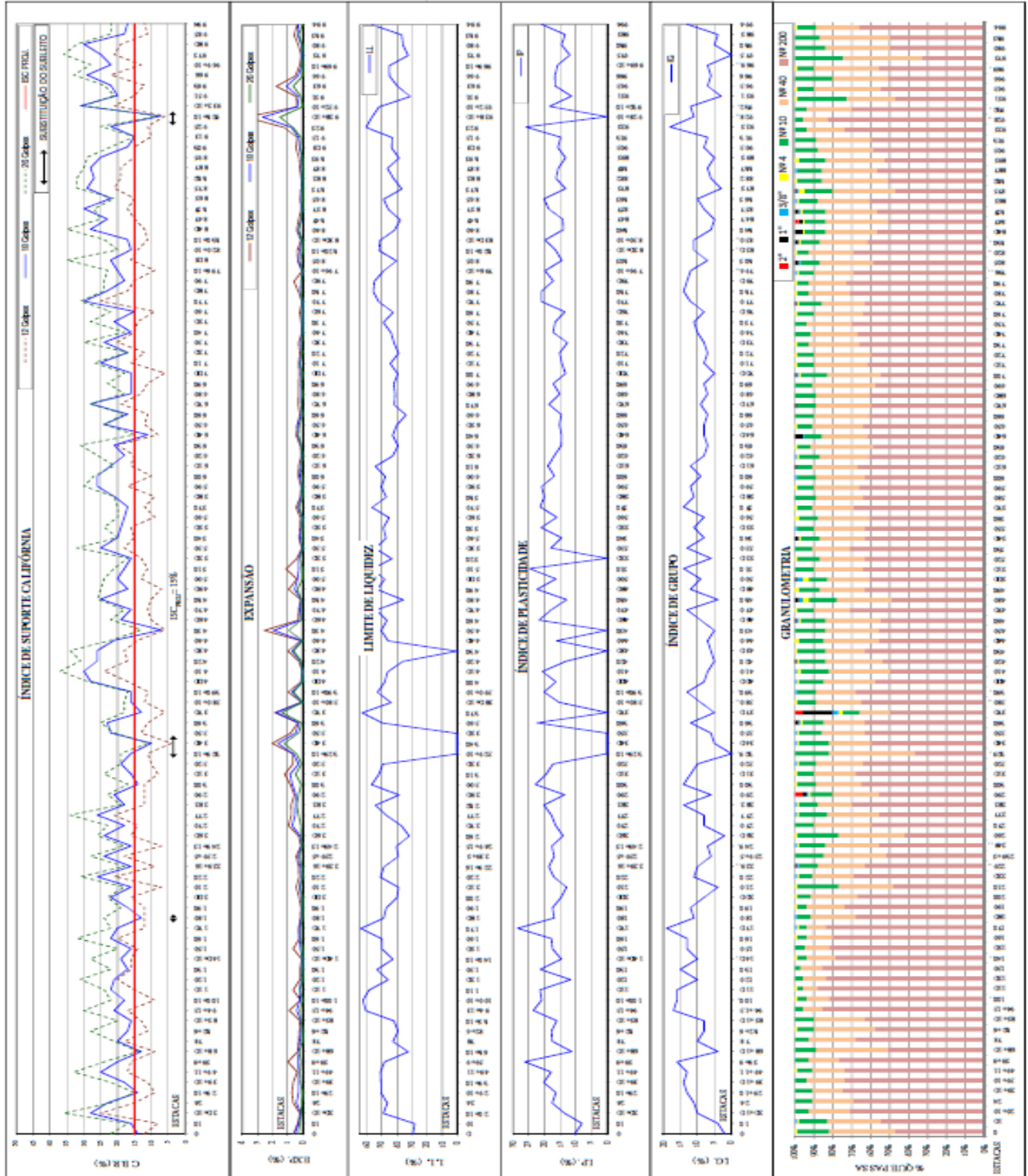
FRANÇA, Fabrício Carlos. **Estabilização Química de Solos para Fins Rodoviários: Estudo de Caso com o Produto “RBI Grade 81”**. 104f. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais, 2003.

GODOY, H., 1997. **Identificação e Classificação Geotécnica de Latossolos do Estado de São Paulo pelo Método das Pastilhas MCT**. Tese de Doutorado. Universidade Federal de São Paulo, 1997.

VILLIBOR, D. F., NOGAMI, J. S., BELIGNI, M. & CINCERRE, J. R. **Pavimento com solos lateríticos e gestão de manutenção de vias urbanas**. ABPv, São Paulo, SP, 2000, 138p


ANEXO A - ÍNDICE DO SUPORTE DO SUBLEITO

DETERMINAÇÃO DE  $IS_{max}$  PELO MÉTODO DO GRÁFICO DE PARÂMETROS DO SUBLEITO  
 RODOVIA MG17267 TRECHO: CORDISLÂNDIA - MONSENHOR PAULO



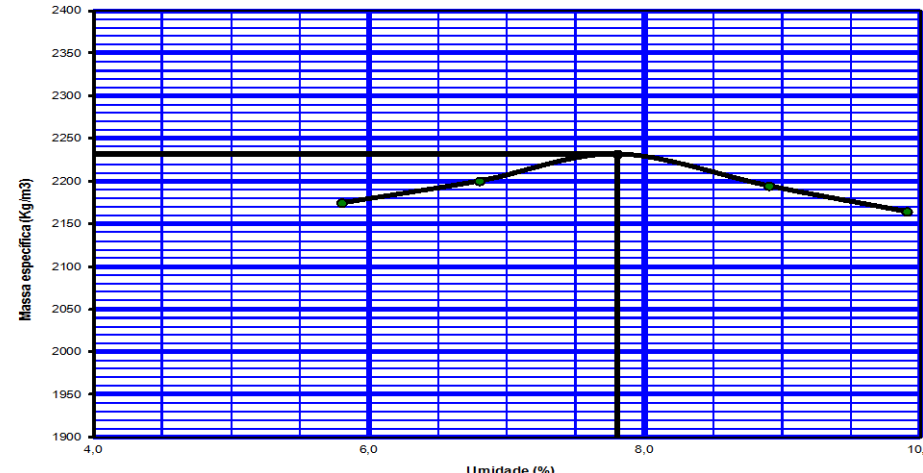
Obs.: Facilitados referentes ao horizonte de material que representa o subleito.

## ANEXO B - ENSAIOS (BICA CORRIDA E ARGILA)

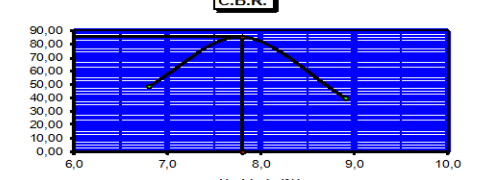
ECOS - ENSAIO COMPLETO DE SOLOS - versão 3 PLANILHA Nº1 - COMPACTAÇÃO									
OBS.: PREENCHER SOMENTE AS CÉLULAS DE COR AZUL ( EXCETO O CABEÇALHO E OBSERVAÇÕES)									
		<b>COMPACTAÇÃO DNER - ME 129/94 - 162/94</b>							
OBRA :	TRECHO:			SUB-TRECHO:			REGISTRO:		
<b>MGT/267</b>	<b>CORDISLÂNDIA</b>			<b>MONSENHOR PAULO</b>			<b>COMPLETO</b>		
ESTACA:	FURO:	PROFUND.:	MATERIAL:			ESTUDO:			
<b>20 BE</b>	<b>PISTA DIREITA</b>		<b>20% DE ARGILA COM 80% DE BICA CORRIDA</b>			<b>BASE</b>			
% RET. PEN. Nº 4:	PROCTOR	GOLPES:	OPERADOR:	ENCARREGADO:	ENGENHEIRO:	DATA:			
<b>37,7</b>	<b>INTERMODIFICADO</b>	<b>40</b>	<b>ERIVELTO</b>	<b>JORGE</b>	<b>Dr: LUIZ</b>	<b>08/06/2014</b>			
Cilindro nº	<b>07</b>	<b>27</b>	<b>16</b>	<b>24</b>	<b>30</b>	UMID. HIGROSCÓPICA			
Cápsula n.º						<b>23</b>	<b>17</b>		
C + S + A						<b>123,19</b>	<b>90,29</b>		
C + S						<b>120,27</b>	<b>88,25</b>		
A - Água						2,92	2,04		
C - Cápsula						14,34	11,27		
S - Solo						105,93	76,98		
Umidade - h						2,76	2,65		
UMIDADE MÉDIA						<b>2,70</b>			
UMIDADE CALCULADA	5,80	6,80	7,80	8,90	9,90	PESO MATERIAL:	<b>7.000</b>		
Água Adicionada (ml)	210,00	280,00	350,00	420,00	490,00	PESO MAT. SECO:	<b>6.816</b>		
% Água adicionada	<b>3,00%</b>	<b>4,00%</b>	<b>5,00%</b>	<b>6,00%</b>	<b>7,00%</b>	MOLDES			
M + S + A	<b>9.800</b>	<b>9.930</b>	<b>10.015</b>	<b>10.000</b>	<b>10.005</b>		PESO	VOLUME	
M. Molde	5.025	5.050	5.025	5.050	5.075	<b>07</b>	5.025	2.075	
S + A	4.775	4.880	4.990	4.950	4.930	<b>27</b>	5.050	2.077	
Dens. Úmida	2.301	2.350	2.406	2.390	2.379	<b>16</b>	5.025	2.074	
DENS. CONVERTIDA	2.234	2.260	2.291	2.255	2.223	<b>24</b>	5.050	2.071	
DENS. SECA	2.175	2.200	2.232	2.195	2.165	<b>30</b>	5.075	2.072	

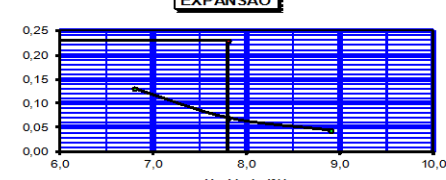
**CURVA DE COMPACTAÇÃO**



**C.B.R.**



**EXPANSÃO**



**D. Máx.**

**2.232**

**HOT**

**7,8 %**

**Resumo**

C.B.R.: **85,60 %**

EXPANSÃO: **0,23 %**

EQ. AREIA: %

IP.: %

IG.:

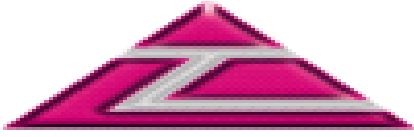
H.R.B.:

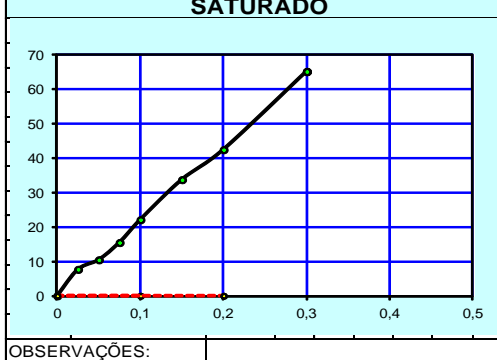
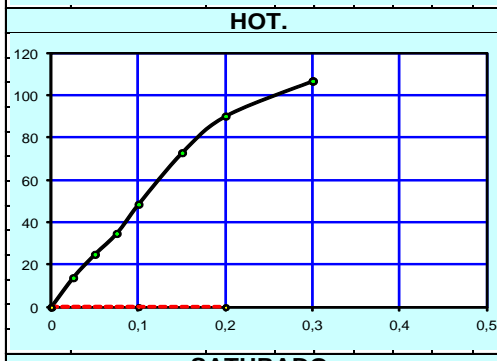
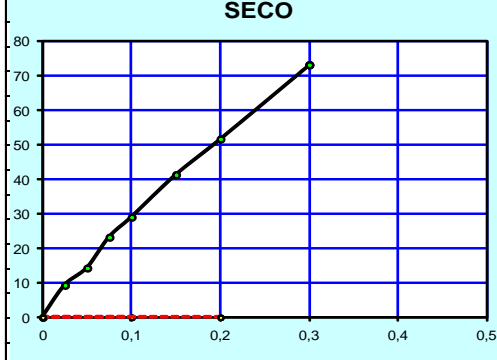
**Observações:**

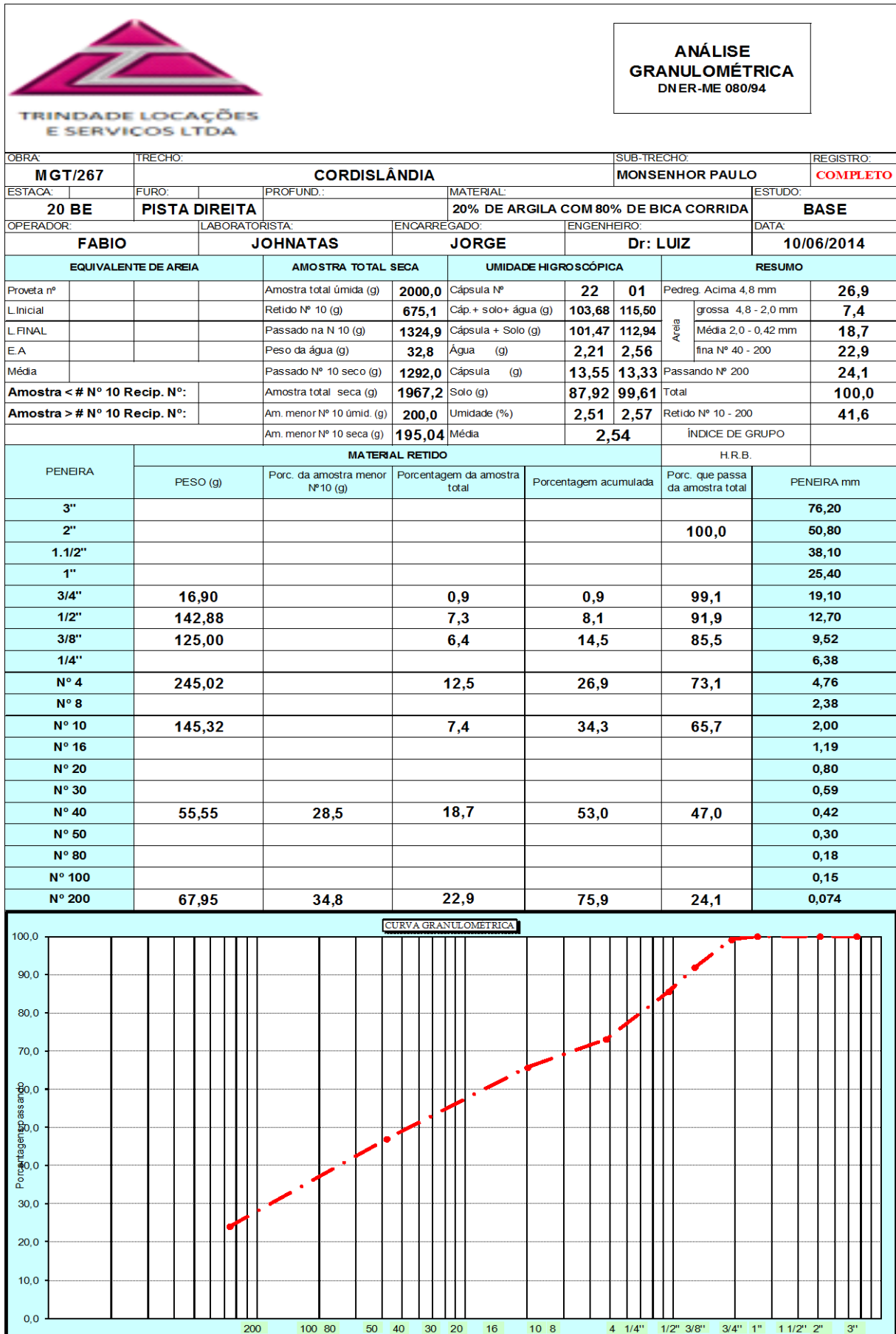
Responsável:

Fiscalização:



				<b>ÍNDICE DE SUPORTE CALIFÓRNIA</b> DNER-ME 049/94			
OBRA:		TRECHO:		SUB-TRECHO:		REGISTRO:	
<b>MGT/267</b>		<b>CORDISLÂNDIA</b>		<b>MONSENHOR PAULO</b>		<b>COMPLETO</b>	
ESTACA:		FURO:	PROFUND.:	MATERIAL:	ESTUDO:		
<b>20 BE</b>		<b>PISTA DIREITA</b>		<b>20% DE ARGILA COM 80% DE BICA CORRIDA</b>		<b>BASE</b>	
OPERADOR:		LABORATORISTA:		ENCARREGADO:		ENGENHEIRO:	
<b>FABRICIO</b>		<b>JORGE</b>		<b>JORGE</b>		<b>DR: LUIZ</b>	
ANEL DINAMOMÉTRICO N.º		CONSTANTE:		UMIDADE (%)			
NEL DINAMOMÉTRICO N.º <b>135</b>		CONSTANTE: <b>0,1160</b>		Ponto	<b>SECO</b>	<b>HOT.</b>	<b>SATURADO</b>
RESULTADOS	PRESSÕES kg/cm2	0,1 POL.	0,2 POL.	Cápsula nº			
	PADRONIZADAS	<b>70,31</b>	<b>105,46</b>	C + S + A (g)			
	CILINDRO N.º	UMIDADE (%)		C + S (g)			
	I.S.C. %	<b>85,60</b>		Água (g)			
	EXPANSÃO %	0,13	0,07	0,04	Cápsulas (g)		
	C.B.R. (FINAL)	<b>85,60</b>		Solo seco (g)			
	EXPANSÃO (FINAL)	<b>0,23</b>		UMIDADE (%)			
				UMID. MÉDIA			
				EXPANSÃO (%)			
				PONTO	<b>SECO</b>	<b>HOT.</b>	<b>SATURADO</b>
				CILINDRO N.º	<b>27</b>	<b>16</b>	<b>24</b>
				EXTENS. N.º			
				LEITURA INICIAL	<b>2,00</b>	<b>2,00</b>	<b>2,00</b>
				LEITURA 24h			
				LEITURA 48h			
				LEITURA 72h			
				LEITURA 96h	<b>2,15</b>	<b>2,08</b>	<b>2,05</b>
				DIFERENÇA	<b>0,15</b>	<b>0,08</b>	<b>0,05</b>
				EXPANSÃO	<b>0,13</b>	<b>0,07</b>	<b>0,04</b>
				CILINDRO N.º :	<b>27</b>		ORDEM: <b>SECO</b>
				PENETRAÇÃO		LEITURA ANEL	PRESSÃO kg/cm2
				TEMPO	m.m.	POL.	DETER. CORRIG. %
				30 SEG.	0,63	0,025	<b>80</b> 9,28
				1 MIN.	1,27	0,050	<b>123</b> 14,27
				1,5 MIN.	1,90	0,075	<b>200</b> 23,20
				2 MIN.	2,54	0,100	<b>250</b> 29,00 <b>41,20</b>
				3 MIN.	3,81	0,150	<b>356</b> 41,30
				4 MIN.	5,08	0,200	<b>445</b> 51,62 <b>48,90</b>
				6 MIN.	7,62	0,300	<b>630</b> 73,08
				8 MIN.	10,15	0,400	
				10 MIN.	12,70	0,500	
				CILINDRO N.º :	<b>16</b>		ORDEM: <b>HOT</b>
				PENETRAÇÃO		LEITURA ANEL	PRESSÃO kg/cm2
				TEMPO	m.m.	POL.	DETER. CORRIG. %
				30 SEG.	0,63	0,025	<b>120</b> 13,92
				1 MIN.	1,27	0,050	<b>215</b> 24,94
				1,5 MIN.	1,90	0,075	<b>300</b> 34,80
				2 MIN.	2,54	0,100	<b>419</b> 48,60 <b>69,10</b>
				3 MIN.	3,81	0,150	<b>629</b> 72,96
				4 MIN.	5,08	0,200	<b>778</b> 90,25 <b>85,60</b>
				6 MIN.	7,62	0,300	<b>921</b> 106,84
				8 MIN.	10,15	0,400	
				10 MIN.	12,70	0,500	
				CILINDRO N.º :	<b>24</b>		ORDEM: <b>SATURADO</b>
				PENETRAÇÃO		LEITURA ANEL	PRESSÃO kg/cm2
				TEMPO	m.m.	POL.	DETER. CORRIG. %
				30 SEG.	0,63	0,025	<b>66</b> 7,66
				1 MIN.	1,27	0,050	<b>90</b> 10,44
				1,5 MIN.	1,90	0,075	<b>133</b> 15,43
				2 MIN.	2,54	0,100	<b>190</b> 22,04 <b>31,30</b>
				3 MIN.	3,81	0,150	<b>290</b> 33,64
				4 MIN.	5,08	0,200	<b>365</b> 42,34 <b>40,10</b>
				6 MIN.	7,62	0,300	<b>560</b> 64,96
				8 MIN.	10,15	0,400	
				10 MIN.	12,70	0,500	
OBSERVAÇÕES:							





## ANEXO C - ENSAIOS (DYNABASE E ARGILA)

ECOS - ENSAIO COMPLETO DE SOLOS - versão 3									
PLANILHA Nº1 - COMPACTAÇÃO									
OBS.: PREENCHER SOMENTE AS CÉLULAS DE COR AZUL (EXCETO O CABEÇALHO E OBSERVAÇÕES)									
<b>COMPACTAÇÃO</b> <b>DNER - ME 129/94 -</b> <b>162/94</b>									
OBRA :	TRECHO:			SUB-TRECHO:			REGISTRO:		
ESTACA:	FURO:	PROFUND.:	MATERIAL: <b>SILTE ARGILOSO MARRON</b>			ESTUDO: <b>BASE C/ DYNABASE</b>			
% RET. PEN. Nº 4:	PROCTOR INTERMOODIFICADO		GOLPES: <b>40</b>	OPERADOR: <b>RONEI</b>	ENCARREGADO: <b>RONEI</b>	ENGENHEIRO:		DATA:	
Cilindro nº	<b>12</b>	<b>09</b>	<b>08</b>	<b>14</b>	<b>05</b>	UMID. HIGROSCÓPICA			
Cápsula n.º						<b>15</b>	<b>04</b>		
C + S + A						<b>135,20</b>	<b>137,20</b>		
C + S						<b>131,90</b>	<b>134,10</b>		
A - Água						3,30	3,10		
C - Cápsula						26,25	24,30		
S - Solo						105,65	109,80		
Umidade - h						3,12	2,82		
UMDADE MÉDIA						<b>2,97</b>			
UMDADE CALCULADA	19,40	21,50	23,60	25,60	27,70	PESO MATERIAL: <b>6,000</b>			
Água Adicionada (ml)	960	1.080,00	1.200,00	1.320,00	1.440,00	PESO MAT. SECO: <b>5,827</b>			
% Água adicionada	<b>16,0%</b>	<b>18,00%</b>	<b>20,00%</b>	<b>22,00%</b>	<b>24,00%</b>	MOLDES			
M + S + A	<b>9.003</b>	<b>9.250</b>	<b>9.450</b>	<b>9.450</b>	<b>8.811</b>			PESO	VOLUME
M. Molde	5.460	5.380	5.430	5.370	4.750	<b>12</b>	<b>5.460</b>	<b>2,055</b>	
S + A	3.543	3.870	4.020	4.080	4.061	<b>09</b>	<b>5.380</b>	<b>2,073</b>	
Dens. Úmida	1.724	1.867	1.951	1.981	1.986	<b>08</b>	<b>5.430</b>	<b>2,060</b>	
DENS. CONVERTIDA	1.486	1.582	1.626	1.624	1.602	<b>14</b>	<b>5.370</b>	<b>2,060</b>	
DENS. SECA	1.444	1.537	1.578	1.577	1.555	<b>05</b>	<b>4.750</b>	<b>2,045</b>	

### CURVA DE COMPACTAÇÃO

Massa específica (kg/m³)

Umidade (%)

D. Máx.

**1.578**

HOT

**23,6 %**

### C.B.R.

Umidade (%)

### EXPANSÃO

Umidade (%)

C.B.R.: **90,80 %**

EXPANSÃO: **0,07 %**

EQ. AREIA: %

LP.: %

LG.:

H.R.B.:

**Observações:**

**3% dynabse**

**Responsável:**

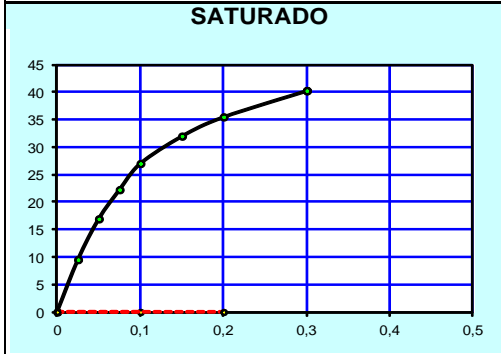
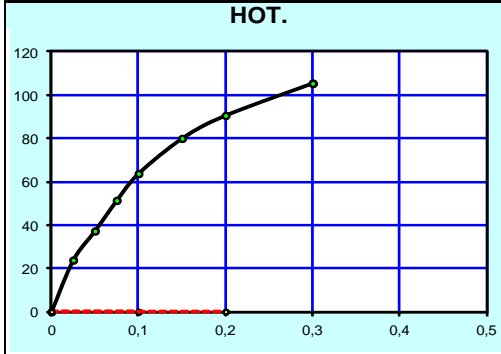
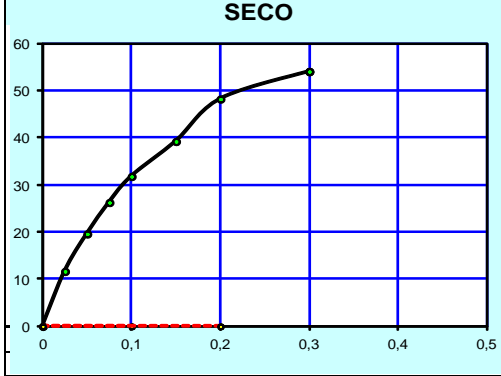
**ronei**

**Fiscalização:**

**ÍNDICE DE SUPORTE  
CALIFÓRNIA  
DNER-ME 049/94**

OBRA:	TRECHO:	SUB-TRECHO:	REGISTRO:
ESTACA:	FURO:	PROFUND.:	MATERIAL: <b>SILTE ARGILOSO MARRON</b>
OPERADOR: <b>RONEI</b>	LABORATORISTA: <b>RONEI</b>	ENCARREGADO: <b>RONEI</b>	ENGENHEIRO: <b>BASE C/ DYNABASE</b>
DATA:			

ANEL DINAMOMÉTRICO N.º		CONSTANTE:		<b>UMIDADE (%)</b>			
ANEL DINAMOMÉTRICO N.º <b>231</b>		CONSTANTE: <b>0,1060</b>		Ponto	<b>SECO</b>	<b>HOT.</b>	<b>SATURADO</b>
<b>RESULTADOS</b>	PRESSÕES kg/cm2	0,1 POL.	0,2 POL.	Cápsula n.º			
	PADRONIZADAS	<b>70,31</b>	<b>105,46</b>	C + S + A (g)			
	CILINDRO N.º	UMIDADE (%)		C + S (g)			
	I.S.C. %	<b>90,80</b>		Água (g)			
	EXPANSÃO %	0,26	0,07	0,20	Cápsulas (g)		
	C.B.R. (FINAL)	<b>90,80</b>		Solo seco (g)			
	EXPANSÃO (FINAL)	<b>0,07</b>		UMIDADE (%)			



OBSERVAÇÕES:

<b>EXPANSÃO (%)</b>			
PONTO	<b>SECO</b>	<b>HOT.</b>	<b>SATURADO</b>
CILINDRO N.º	<b>8,00</b>	<b>4,00</b>	<b>1,00</b>
EXTENS. N.º			
LEITURA INICIAL	<b>2,00</b>	<b>2,00</b>	<b>2,00</b>
LEITURA 24h	<b>2,00</b>	<b>2,00</b>	<b>2,00</b>
LEITURA 48h	<b>2,00</b>	<b>2,00</b>	<b>2,00</b>
LEITURA 72h	<b>2,00</b>	<b>2,00</b>	<b>2,00</b>
LEITURA 96h	<b>2,30</b>	<b>2,08</b>	<b>2,23</b>
DIFERENÇA	<b>0,30</b>	<b>0,08</b>	<b>0,23</b>
EXPANSÃO	<b>0,26</b>	<b>0,07</b>	<b>0,20</b>

CILINDRO N.º : <b>8,00</b>			ORDEM: <b>SECO</b>		
<b>PENETRAÇÃO</b>			LEITURA	PRESSÃO kg/cm2	
TEMPO	m.m.	POL.	ANEL	DETER.	CORRIG.
					I.S.C. %
30 SEG.	0,63	0,025	<b>110</b>	11,66	
1 MIN.	1,27	0,050	<b>185</b>	19,61	
1,5 MIN.	1,90	0,075	<b>248</b>	26,29	
2 MIN.	2,54	0,100	<b>300</b>	31,80	<b>45,20</b>
3 MIN.	3,81	0,150	<b>370</b>	39,22	
4 MIN.	5,08	0,200	<b>455</b>	48,23	<b>45,70</b>
6 MIN.	7,62	0,300	<b>510</b>	54,06	
8 MIN.	10,15	0,400			
10 MIN.	12,70	0,500			

CILINDRO N.º : <b>08</b>			ORDEM: <b>HOT</b>		
<b>PENETRAÇÃO</b>			LEITURA	PRESSÃO kg/cm2	
TEMPO	m.m.	POL.	ANEL	DETER.	CORRIG.
					I.S.C. %
30 SEG.	0,63	0,025	<b>225</b>	23,85	
1 MIN.	1,27	0,050	<b>352</b>	37,31	
1,5 MIN.	1,90	0,075	<b>485</b>	51,41	
2 MIN.	2,54	0,100	<b>602</b>	63,81	<b>90,80</b>
3 MIN.	3,81	0,150	<b>755</b>	80,03	
4 MIN.	5,08	0,200	<b>855</b>	90,63	<b>85,90</b>
6 MIN.	7,62	0,300	<b>995</b>	105,47	
8 MIN.	10,15	0,400			
10 MIN.	12,70	0,500			

CILINDRO N.º : <b>14</b>			ORDEM: <b>SATURADO</b>		
<b>PENETRAÇÃO</b>			LEITURA	PRESSÃO kg/cm2	
TEMPO	m.m.	POL.	ANEL	DETER.	CORRIG.
					I.S.C. %
30 SEG.	0,63	0,025	<b>90</b>	9,54	
1 MIN.	1,27	0,050	<b>160</b>	16,96	
1,5 MIN.	1,90	0,075	<b>210</b>	22,26	
2 MIN.	2,54	0,100	<b>255</b>	27,03	<b>38,40</b>
3 MIN.	3,81	0,150	<b>302</b>	32,01	
4 MIN.	5,08	0,200	<b>335</b>	35,51	<b>33,70</b>
6 MIN.	7,62	0,300	<b>380</b>	40,28	
8 MIN.	10,15	0,400			
10 MIN.	12,70	0,500			

<b>ANÁLISE GRANULOMÉTRICA</b> DNER-ME 080/94									
OBRA:		TRECHO:				SUB-TRECHO:		REGISTRO:	
ESTACA:		FURO:		PROFUND.:		MATERIAL: <b>SILTE ARGILOSO MARRON</b>		ESTUDO: <b>BASE C/ DYNABASE</b>	
OPERADOR: <b>RONEI</b>		LABORATORISTA: <b>RONEI</b>		ENCARREGADO: <b>RONEI</b>		ENGENHEIRO:		DATA:	
EQUIVALENTE DE AREIA			AMOSTRA TOTAL SECA		UMIDADE HIGROSCÓPICA			RESUMO	
Provetta nº			Amostra total úmida (g)	<b>786,6</b>	Cápsula Nº	<b>01</b>	<b>25</b>	Pedreg. Acima 4,8 mm	
L. Inicial			Retido Nº 10 (g)	<b>3,3</b>	Cáp. + solo + água (g)	<b>68,35</b>	<b>68,35</b>	Areia	grossa 4,8 - 2,0 mm
L. FINAL			Passado na N 10 (g)	<b>783,3</b>	Cápsula + Solo (g)	<b>64,25</b>	<b>64,25</b>		Média 2,0 - 0,42 mm
E. A			Peso da água (g)	<b>64,3</b>	Água (g)	<b>4,10</b>	<b>4,10</b>	fina Nº 40 - 200	<b>11,6</b>
Média			Passado Nº 10 seco (g)	<b>719,0</b>	Cápsula (g)	<b>23,16</b>	<b>12,48</b>	Passando Nº 200	<b>78,4</b>
<b>Amostra G # Nº 10 Recip. Nº:</b>			Amostra total seca (g)	<b>722,3</b>	Solo (g)	<b>41,09</b>	<b>51,77</b>	Total	<b>99,5</b>
<b>Amostra P # Nº 10 Recip. Nº:</b>			Am. menor Nº 10 úmid. (g)	<b>100,0</b>	Umidade (%)	<b>9,98</b>	<b>7,92</b>	Retido Nº 10 - 200	<b>21,1</b>
			Am. menor Nº 10 seca (g)	<b>91,79</b>	Média	<b>8,95</b>		ÍNDICE DE GRUPO	
MATERIAL RETIDO							H.R.B.		
PENEIRA	PESO (g)	Porc. da amostra menor Nº10 (g)	Porcentagem da amostra total	Porcentagem acumulada	Porc. que passa da amostra total	PENEIRA mm			
3"						76,20			
2"					100,0	50,80			
1.1/2"						38,10			
1"						25,40			
3/4"						19,10			
1/2"						12,70			
3/8"						9,52			
1/4"						6,38			
Nº 4						4,76			
Nº 8						2,38			
Nº 10	3,30		0,5	0,5	99,5	2,00			
Nº 16						1,19			
Nº 20						0,80			
Nº 30						0,59			
Nº 40	8,75	9,5	9,5	9,9	90,1	0,42			
Nº 50						0,30			
Nº 80						0,18			
Nº 100						0,15			
Nº 200	10,70	11,7	11,6	21,6	78,4	0,074			

CURVA GRANULOMÉTRICA

Observações: FADAX "D" DNIT