

Estudo de Engenharia

**ESTUDOS PARA LICITAÇÃO
SOB REGIME DE PARCERIA
PÚBLICO-PRIVADA DA
RODOVIA PI-397 -
TRANSCERRADOS**



MACHADO, MEYER, SENDACZ E OPICE
A D V O G A D O S



São Paulo

Fevereiro/2010

SUMÁRIO

5. PRODUTOS.....	4
5.2. ESTUDO DE ENGENHARIA	4
5.2.6. <i>Projeto Funcional de Terraplenagem</i>	4
5.2.6.1. Introdução	4
5.2.6.2. Considerações do Traçado geométrico.....	4
5.2.6.3. Premissas do Projeto de Terraplenagem	4
5.2.6.4. Quantitativos de Projeto.....	5
5.2.7. <i>Projeto Funcional de Pavimentação</i>	8
5.2.7.1. Introdução	8
5.2.7.2. Parâmetros de Projeto.....	8
5.2.7.3. Dimensionamento	10
5.2.7.4. Resumo dos Ensaios Geotécnicos	18
5.2.7.5. Projeto Alternativo de Pavimentação	19
5.2.7.6. Conservação de Pavimentos Flexíveis e Semi-Rígidos	19
5.2.7.7. Anexos do Estudo Funcional de Pavimento	26
5.2.8. <i>Projeto de Sinalização</i>	50
<i>Quantitativos</i>	50
5.2.9. <i>Projeto de Paisagismo</i>	52
5.2.9.1. Introdução	52
5.2.9.2. Ambiente do Cerrado	54
5.2.9.3. Diretrizes para a Rodovia.....	55
5.2.9.4. Diretrizes para as edificações e áreas de descanso na rodovia	59
5.2.9.5. Sistemas de Ventilação Natural	64

Índice de Figuras e Tabelas

TABELA 1 - RELAÇÃO ENTRE OS VOLUMES DE CORTE E COMPACTAÇÃO	7
TABELA 1 - RESULTADOS OBTIDOS NO CÁLCULO DO NÚMERO “N”	8
TABELA 2 - RESULTADOS DOS ENSAIOS DE LABORATÓRIO (SUBLEITO).....	9
TABELA 3 - ESPESSURAS MÍNIMAS DE REVESTIMENTO BETUMINOSO EM FUNÇÃO DO NÚMERO “N” (INSTRUÇÃO DE PROJETO IPR-719)	11
TABELA 4- COEFICIENTES ESTRUTURAIS DOS MATERIAIS UTILIZADOS NO PROJETO	14
TABELA 5 - ESPESSURA DAS CAMADAS DO PAVIMENTO	14
TABELA 6 - ESPESSURA DAS CAMADAS DO PAVIMENTO DO ACOSTAMENTO.....	16
TABELA 7 - TABELA COMPLETA COM O RESUMO DAS SONDAGENS À TRADO E ENSAIOS GEOTÉCNICOS 18	
TABELA 8 - COORDENADAS DOS PONTOS - ENSAIOS DE TRADO	30
TABELA 9 - ENSAIO DE EQUIVALENTE DE AREIA.....	32
TABELA 10 - DENSIDADE “IN SITU”	32

5. Produtos

5.2. Estudo de Engenharia

5.2.6. Projeto Funcional de Terraplenagem

5.2.6.1. Introdução

A Rodovia PI397 possui uma extensão de 337,4 km sendo que o presente projeto funcional de terraplenagem tem como objetivo apresentar os elementos necessários para transformá-la em uma rodovia de Classe Ib.

Atualmente a Rodovia possui trecho inicial do km 0,0 ao km 121,0 com revestimento primário, o trecho em continuação do km 121 ao 295,2 com ausência de tratamento superficial primário, embora a via se mantenha bem definida, e o trecho final também sem tratamento superficial apresenta uma estrada mais estreita, chegando em alguns trechos a ter 4,0m de largura. O alinhamento vertical da diretriz existente apresenta geometria com boa regularidade o que permitiu desenvolver-se um traçado compatível com topografia de terreno plano em sua maior parte com exceção de pequeno trecho de 2 km em que a topografia é de terreno montanhoso.

5.2.6.2. Considerações do Traçado geométrico.

Para a PI397 foi desenvolvido Projeto Funcional na escala 1:10.000 em planta e 1:10.000; 1:1.000 em perfil o que possibilitou realizar-se um projeto de terraplenagem e estimativas de volumes de movimentação de terra em cortes e aterros. De forma geral tanto o alinhamento horizontal quanto o alinhamento vertical obtidos são bastante coincidentes com os alinhamentos atuais, tendo como discordância trecho de descida da serra onde, para amenização de rampa crítica, uma nova diretriz horizontal foi desenvolvida.

5.2.6.3. Premissas do Projeto de Terraplenagem

Para o Projeto foram considerados os seguintes fatores:

- Largura da faixa de domínio da Rodovia de 30 metros (15 metros para cada lado do eixo da pista existente);

- Necessidade para fins de drenagem de alteamento da nova pista, em relação ao terreno natural;
- Necessidade de implantação nas laterais da pista de “cacimbas” e bacias para detenção de águas pluviais, para evitar problemas de drenagem;
- Existência de materiais com especificação para aterro nas laterais da pista, possibilitando menores distâncias de transporte para terraplenagem em relação a outras áreas de empréstimo afastadas;
- Tipo de pavimento adotado, que permite utilização de material de solos existentes próximos à rodovia.

5.2.6.4. Quantitativos de Projeto

Aterro Compensado Longitudinalmente

- Caixas Laterais à pista (CL) - Corresponde ao trecho em pista simples no qual serão feitas as bacias laterais para drenagem. Daí tem-se o volume de corte que segue::
 - $CL = 2 \times \text{Larg.} \times \text{Prof.} \times \text{Compr.} = 2 \times 6,25 \times 0,4 \times 1.000 = 5.000 \text{ m}^3/\text{km.}$
 - $VCL = \text{Vol. Total de corte lateral à pista} = CL \times \text{Ext.} = 5,0 \times 334.850 = 1.674.250 \text{ m}^3 \text{ (medido no corte) ou } 1.557.052,50 \text{ m}^3 \text{ (medido no aterro).}$
- Regularização longitudinal da rodovia com alteamento do greide em 69% da extensão da Rodovia, conforme levantado em projeto. O alteamento médio deverá ser de 0,40m. Acima desse greide será implantado o projeto de Pavimento com espessura total de 0,875m. Esse volume de aterro médio (VAM) é igual a:
 - $VAM = (\text{Cota média do perfil} - \text{Alt. do Pav.}) \times (\text{Larg. Pista simples} \times \text{Compr. de incidência} + \text{Larg. Ramos (extensão adicional das rotatórias, etc.)} \times \text{Compr. de Ramo}) \times 0,69 =$
 $= (1,275 - 0,875) \times (16,15 \times 334,95 + 10,15 \times 2,96) \times 0,69 =$
 $= 1.500.852,53 \text{ m}^3 \text{ (medido no aterro).}$

Portanto, pelos valores obtidos, o volume de corte lateral é suficiente para regularizar o greide de aterro $VCL > VAM$ (medido no aterro).

A distância média de transporte adotada foi de 584 m (de acordo com dados extraídos do projeto geométrico funcional).

Aterro obtido em jazida

O solo necessário à execução do pavimento corresponde às seguintes camadas medidas no aterro:

- Alçamento geral de 0,40m do greide. VA = 2.067.049,40 m³

Pavimentos - Materiais Extensões (km)	P. Simples	P. Dupla	Ramos	Vol.P.S. m3	Vol.P.D. m3	Vol.Rm. m3	Total
Alçamento de Greide 0,40	334,85 15,35	1,70 22,35	2,96 9,35	- 2.055.979,00	Nota 1 18.997,50	11.070,40	- 2.067.049,40

Nota 1 - Techo de serra com compensação

- Reforço de subleito de 0,20m. VR = 1.000.382,50 m³

Pavimentos - Materiais Espessuras (m) / Extensões (km)	P. Simples	P. Dupla	Ramos	Vol.P.S. m3	Vol.P.D. m3	Vol.Rm. m3	Total
Reforço de Subleito 0,20	334,85 14,75	1,70 21,75	2,96 8,75	- 987.807,50	7.395,00	5.180,00	- 1.000.382,50

- Camada de Solo Brita (60% de solo) de 0,15m. VB = 427.255,20 m³

Pavimentos - Materiais	P. Simples	P. Dupla	Ramos	Vol.P.S. m3	Vol.P.D. m3	Vol.Rm. m3	Total
Espeçuras (m) / Extensões (km)	334,85	1,7	2,96	m3	m3	m3	m3
Solo Brita (60 % Solo) Esp. Média = 0,15	14,00	21,00	8,00	421.911,00	3.213,00	2.131,20	427.255,20

- Volume de solo para o pavimento = VP = VA+VR+VB = 3.494.687,10 m³

Portanto para o volume a ser obtido em jazida medidos no aterro teremos:

$$VJ = VP + VAM - VCL = 3.494.687,10 + 1.500.052,53 - 1.557.052,50 =$$

$$= 3.438.487,13 \text{ m}^3 \text{ (medido no aterro) ou } 3.778.557,29 \text{ m}^3 \text{ (medido no corte).}$$

Para o cálculo dos volumes de transportes e relação entre os volumes de corte e compactação foram utilizados os seguintes fatores :

Tabela 1 - Relação entre os volumes de corte e compactação

	NATURAL	SOLTO	COMPACTADO
NATURAL	1,00	1,26	0,92
SOLTO	0,79	1,00	0,74
COMPACTADO	1,12	1,36	1,00

Volume de Brita

Para completarmos as quantidades da base temos:

- Camada de Solo Brita (40% de brita) de 0,15m. Vol. de Brita = 284.836,80 m³

Pavimentos - Materiais	P. Simples	P. Dupla	Ramos	Vol.P.S.	Vol.P.D.	Vol.Rm.	Total
Espessuras (m) / Extensões (km)	334,85	1,7	2,96	m³	m³	m³	m³
Solo Brita (40 % Brita) Esp. Média =				-			Brita
0,15	14,00	21,00	8,00	281.274,00	2.142,00	1.420,80	284.836,80

O projeto de terraplenagem segue anexo e tem a seguinte numeração:

- PI397-DE-TP1-001 – Rev.A – Seções tipo – Terraplenagem.

OBS.: Para o cálculo do transporte levou-se em consideração a unidade t.km.

O s custos estão apresentados no Anexo denominado “Orçamento”.

5.2.7. Projeto Funcional de Pavimentação

5.2.7.1. Introdução

O objeto deste item é o de Elaboração do Projeto básico de pavimentação contemplando cinco acessos:

- Entroncamento em rotatória - PI 397 (km 0,000) com BR-324;
- Entroncamento em rotatória - PI 397 (km 137,430) com PI 395;
- Interseção em rotatória - PI 397 (km 170,120) com PI 392;
- Entroncamento em rotatória - PI 397 (km 235,510) com o acesso ao silo bunge serra
- Entroncamento em rotatória - PI 397 (km 337,400) com PI 254.

A Transcerrados está localizada no Pólo de Uruçuí-Gurguéia, uma das áreas de maior potencial de desenvolvimento do complexo agroindustrial nas áreas dos cerrados nordestinos e que tem apresentado nos últimos anos um forte crescimento na produção de soja. No Pólo já se constata a instalação de grandes empresas do agribusiness nacional, como Ceval, Bunge e Cargill, entre outras. A região integrará o Corredor de Exportação Norte.

5.2.7.2. Parâmetros de Projeto

Tráfego

Para o dimensionamento do pavimento, o tráfego é caracterizado pelo número “N” de solicitações de eixo simples padrão de 80 kN no período de projeto. Apenas os veículos comerciais são considerados no cálculo do número “N”, visto que os automóveis comerciais possuem carga de magnitude desprezível em relação aos veículos comerciais.

Nos acostamentos serão utilizados 10% do tráfego da via. Portanto, o número “N” igual a $8,76 \times 10^6$.

Tabela 2 - Resultados Obtidos no Cálculo do Número “N”

Método	Resultado do Número “N”
USACE	$8,76 \times 10^7$
AASHTO	$2,10 \times 10^7$

Efetuada-se uma avaliação crítica quanto à solução para o pavimento em relação ao nº “N”, constata-se que para potência 10⁶ e maior, a solução de pavimento é a mesma, com uma eventual redução de centímetros na capa final. Como o estudo é funcional e a rodovia terá tráfego preferencialmente de grandes caminhões (6 eixos ou mais) carregados na safra, recomenda-se manter a solução adotada. A sensibilidade do custo em relação à espessura da camada asfáltica, apresenta uma correlação da ordem de 2,00% por centímetro, assim sua redução não apresenta valores significativos nesta etapa de viabilidade.

Estudos Geotécnicos

A capacidade de suporte do subleito é expressa pela porcentagem do CBR (Califórnia Bearing Ratio), ou Índice de Suporte Califórnia, valor utilizado para o dimensionamento do pavimento.

Logo, com o objetivo de caracterizar o subleito local, ou seja, a camada que suportará a estrutura do pavimento, foram executadas 16 sondagens a trado, as amostras representativas dos trechos (muitas amostras recolhidas apresentaram as mesmas características) foram levadas para execução de ensaios laboratoriais de granulometria, compactação, limites Atterberg, CBR/expansão e sua posterior classificação HRB.

O quadro a seguir apresenta resumidamente os resultados para a determinação do CBR de projeto. Ver Tabela 8 no item 5.2.7.4.

Tabela 3 - Resultados dos Ensaios de Laboratório (Subleito)

Furo	Local	Energia de compactação	CBR (%)	Expansão (%)	Classificação H.R.B.
01	Km 9,5 EIXO	Normal	12,00	0,03	A-2-6
02	Km 21,5 LD	Normal	12,00	0,02	A-2-6
03	Km 29,5 EIXO	Normal	10,00	0,00	A-2-4
04	Km 39,5 LE	Normal	10,00	0,00	A-2-6

Observa-se que os resultados das amostras são muito próximos, mostrando que o solo da região é muito homogêneo, o que já havia sido verificado inicialmente através do tipo de solo da região e durante a coleta e seleção de amostras para os ensaios de laboratório. Independente desta constatação, aplicou-se o método

estatístico do DNIT (vide abaixo) para que os resultados sejam representativos e tenham o mesmo tratamento estatístico que amostras com maior número de amostras testadas em laboratório.

5.2.7.3. Dimensionamento

Considerações Preliminares

A escolha e o tipo de estrutura de pavimento foram realizadas em função das condições geológico-geotécnicas da região e do tipo do tráfego solicitante.

O dimensionamento do pavimento asfáltico, foi conduzido em conformidade com a metodologia preconizada pelo DNIT. Segundo tal procedimento, determina-se a espessura total necessária para o pavimento, dada em termos de material granular, em função dos dados geotécnicos e das características do tráfego solicitante. Este último parâmetro também é utilizado para a determinação da espessura mínima do revestimento betuminoso.

O número “N” utilizado no projeto do pavimento flexível é igual ao valor máximo entre o calculado com os parâmetros do USACE e os da AASHTO para o período de projeto de 10 anos, portanto $N = 8,76 \times 10^7$, conforme apresentado no item 5.2.7.2 - Tráfego.

Suporte do Subleito

A capacidade de suporte do subleito e das camadas de pavimento foi calculada em função dos valores de CBR do trecho, conforme apresentado no item 5.2.7.2 - Estudos Geotécnicos.

O DNIT tem utilizado o seguinte plano de amostragem para a análise estatística dos resultados dos ensaios:

Chamando $X_1, X_2, X_3 \dots, X_n$ os valores individuais de qualquer uma das características citadas, tem-se:

$$X_{\max} = \bar{X} + \frac{1,29\sigma}{\sqrt{N}} + 0,68\sigma \qquad \bar{X} = \frac{\sum X}{N}$$

$$X_{\min} = \bar{X} - \frac{1,29\sigma}{\sqrt{N}} - 0,68\sigma \qquad \sigma = \sqrt{\frac{\sum (X - \bar{X})^2}{N - 1}}$$

Onde

N = Número de Amostras

X = Valor individual

\bar{X} = Valor individual

σ = desvio padrão

X_{\min} = "valor mínimo provável, estatisticamente"

X_{\max} = "valor máximo provável, estatisticamente"

$N > 9$ (número de determinações feitas)

Onde:

$$ISC_p = \{11 - [1,155 \times 1,29 / (4)^{0,5} - (0,68 \times 1,155)]\} = 9,47 \%$$

$$ISC_p \text{ adotado} = 9,00\%$$

Escolha dos Materiais Constituintes das Camadas do Pavimento

Neste projeto foi estudada a opção de um pavimento constituído pelas camadas de revestimento, base e reforço do subleito.

Para o revestimento, a Instrução de Projeto (IPR-719 - Manual de Pavimentação) do DNIT recomenda os seguintes parâmetros, segundo apresentado na Tabela 4 a seguir:

Tabela 4 - Espessuras mínimas de revestimento betuminoso em função do número "N" (Instrução de Projeto IPR-719)

Parâmetros de Tráfego	Tipo e Espessura
$N \leq 10^6$	Tratamentos superficiais asfálticos duplos e triplos
$10^6 < N \leq 5 \times 10^6$	Concreto asfáltico com 5,0 cm de espessura

$5 \times 10^6 < N \leq 10^7$	Concreto asfáltico com 7,5 cm de espessura
$10^7 < N \leq 5 \times 10^7$	Concreto asfáltico com 10,0 cm de espessura
$N > 5 \times 10^7$	Concreto asfáltico com 12,5 cm de espessura

Os requisitos da IPR-719 para os materiais constituintes da camada de base são que estes devem apresentar CBR superior a 80% e expansão inferior a 0,5%. Sendo assim, a partir dos resultados dos ensaios realizados, optou-se pelo emprego de Solo Brita, como material constituinte da camada de base.

A mesma instrução também orienta que solos apropriados para a camada de reforço do subleito são os que apresentam CBR superior ao do subleito e expansão máxima de 1%. Portanto, utilizaremos o solo local, compactado na energia intermediária como material constituinte desta camada, conforme resultados dos ensaios apresentados no item 2.2 - Estudos Geotécnicos.

Determinação das Espessuras das Camadas do Pavimento

As espessuras mínimas do revestimento betuminoso são obtidas em função do número “N”. De acordo com a Tabela 4 para o número “N” igual a $8,76 \times 10^7$ a camada de revestimento deve ser constituída de concreto asfáltico.

A determinação das espessuras das demais camadas constituintes do pavimento se faz pelas seguintes inequações:

$$R \times K_R + B \times K_B \geq H_{20}$$

$$R \times K_R + B \times K_B + h_{20} \times K_S \geq H_n$$

$$R \times K_R + B \times K_B + h_{20} \times K_S + h_n \times K_{ref} \geq H_m$$

Onde:

R = espessura do revestimento;

B = espessura da camada de base;

H_{20} = espessura sobre a sub-base;

h_{20} = espessura da sub-base;

H_n = espessura sobre o reforço do subleito;

h_n = espessura do subleito;

H_m = espessura do pavimento;

K_R, K_B, K_s, K_{ref} = coeficientes de equivalência estrutural.

As espessuras H_m, H_n e h_{20} são obtidas através do gráfico ou da expressão a seguir, onde a espessura é função do número “N” e do valor do CBR do subleito, da sub-base ou do reforço do subleito, conforme apresentado na Figura 1.

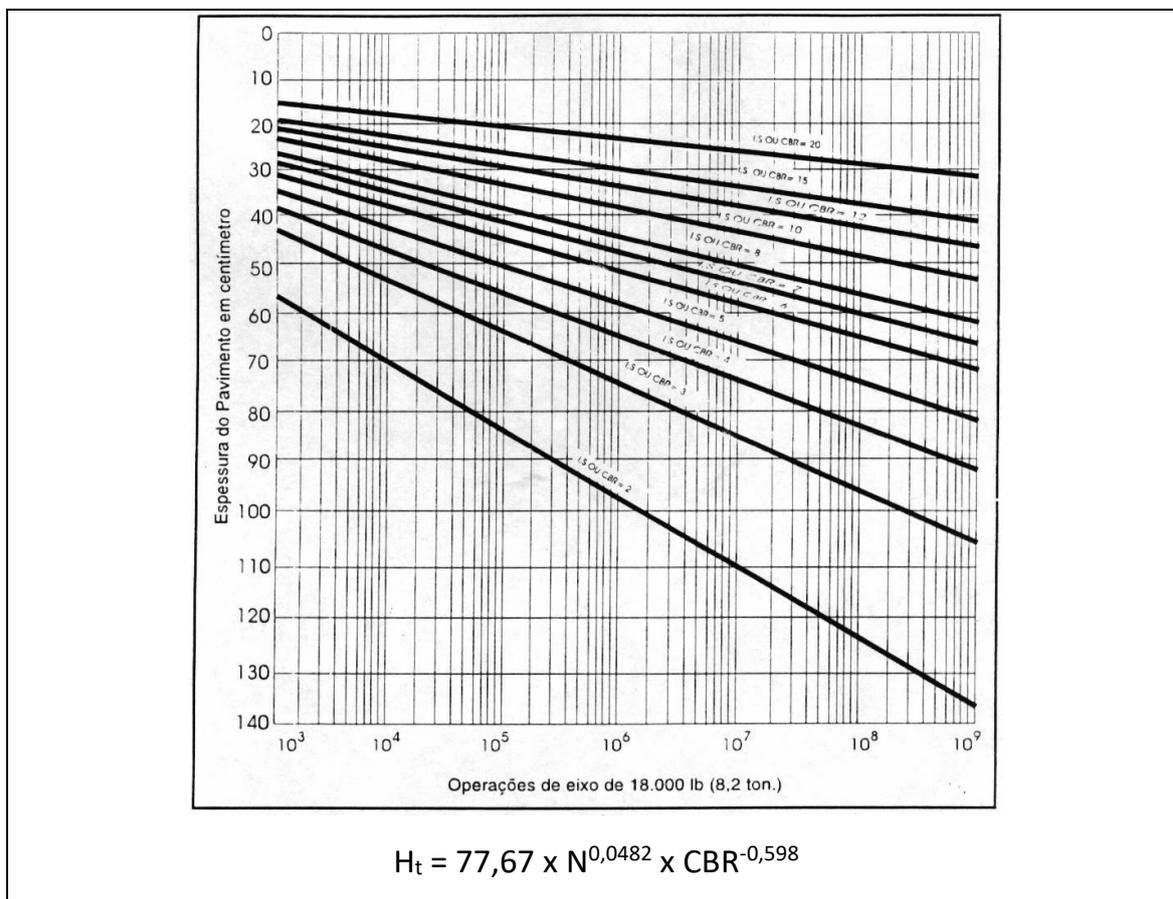


Figura 1 - Determinação das espessuras das camadas do pavimento

O coeficiente de equivalência estrutural (k) de um material é definido como a relação entre as espessuras de uma base granular e de uma camada com material que apresenta o mesmo comportamento. A Instrução de Projeto (IPR-719- Manual de Pavimentação) apresenta os valores dos coeficientes estruturais dos materiais usualmente utilizados nas diversas camadas do pavimento.

Na Tabela 5 a seguir, são apresentados os valores dos coeficientes estruturais dos materiais previstos na utilização das camadas do pavimento em estudo, conforme recomendado pelo DNIT.

Tabela 5- Coeficientes estruturais dos materiais utilizados no projeto

Coeficiente Estrutural (K)	Camada do Pavimento
2,00	Base ou revestimento de concreto betuminoso
1,70	Base ou revestimento de pré-misturado à quente, de graduação densa
1,00	Base de solo Brita e reforço do subleito

A seguir são apresentados os cálculos referentes à determinação das espessuras das camadas do pavimento em estudo:

De acordo com a Tabela 4, a espessura da camada de revestimento é de 12,5 cm. Para esse projeto será adotado o revestimento em duas camadas, sendo 5,00 cm de concreto betuminoso e 7,5 cm de pré-misturado à quente de graduação densa.

Cálculo da espessura da camada de base:

$$R_{cb} \times K_{cb} + R_{pm} \times K_{pm} + B_{SB} \times K_{SB} \geq H_{20}$$

$$5,00 \times 2,00 + 7,5 \times 1,70 + B \times 1,00 \geq 28,00$$

$$B \geq 5,25 \text{ cm}$$

$$B = 15,0 \text{ cm.}$$

Cálculo da espessura da camada de reforço do subleito:

$$R_{cb} \times K_{cb} + R_{pm} \times K_{pm} + B_{SB} \times K_{SB} + h_n \times K_{REF} \geq H_m$$

$$5,00 \times 2,00 + 7,5 \times 1,70 + 15,00 \times 1,00 + h_n \times 1,00 \geq 53,00$$

$$REF \geq 15,25 \text{ cm}$$

REF = 20,0 cm de solo local com grau de compactação de 100% da energia normal.

A Tabela 6 a seguir, apresenta as camadas da estrutura do pavimento.

Tabela 6 - Espessura das Camadas do Pavimento

Número "N"	8,76 x 10 ⁷		
CBRp (%)	9,0		
Hm (cm)	53,0		
Camada	Material que compõe a camada do pavimento	Coefficiente estrutural	Espessura (cm)
Revestimento	concreto betuminoso	2,00	5,00
Revestimento	pré-misturado à quente, de graduação densa	1,70	7,50
Base (calculada)	Solo brita	1,00	5,25
Base (proposta)	Solo brita	1,00	15,00
Reforço(calculado)	Solo local - compactado E.N.	1,00	15,25
Reforço(proposto)	Solo local - compactado E.N.	1,00	20,00



Figura 2 - Seção Tipo Proposta

Observações:

1. A pista é composta por duas faixas de rolamento para cada sentido de tráfego. E cada acostamento tem a largura de 5 metros.
2. A largura da plataforma é de 24 metros.
3. Os taludes tem declividade de 1,5:1,0.
4. A partir do terreno natural será elevado o nível em 87,50 cm.
5. Será adotado dreno de pavimento ao longo de toda e extensão da via e em ambos os lados, com as dimensões de 62,5 x 50,0 cm, seguindo IPR-724 do DNIT, Manual de Drenagem de Rodovias. Nos pontos baixos será canalizado para as bacias de retenção das águas pluviais. Estas bacias estarão dispostas nos pontos baixos.
6. Os taludes do pavimento deverão ser cobertos por grama em placa.

7. Deverá existir um degrau de no máximo quatro centímetros entre a junção o revestimento do acostamento e o revestimento da pista.

A seguir são apresentados os cálculos referentes à determinação das espessuras das camadas do acostamento em estudo:

De acordo com a Tabela 4, e espessura da camada de revestimento de 7,5 cm.

Cálculo da espessura da camada de base:

$$R_{cb} \times K_{cb} + B_{SB} \times K_{SB} \geq H_{20}$$

$$7,50 \times 2,00 + B \times 1,00 \geq 25,00$$

$$B \geq 11,0 \text{ cm}$$

$$B = 15,0 \text{ cm.}$$

Cálculo da espessura da camada de reforço do subleito:

$$R_{cb} \times K_{cb} + B_{SB} \times K_{SB} + h_n \times K_{REF} \geq H_m$$

$$7,50 \times 2,00 + 15,00 \times 1,00 + h_n \times 1,00 \geq 45,00$$

$$REF \geq 16,00 \text{ cm}$$

REF = 20,0 cm de solo local com grau de compactação de 100% da energia normal.

A Tabela 7 a seguir, apresenta as camadas da estrutura do pavimento do acostamento.

Tabela 7 - Espessura das Camadas do Pavimento do Acostamento

Número "N"	8,76 x 10⁶		
CBRp (%)	9,0		
Hm (cm)	45,0		
Camada	Material que compõe a camada do pavimento	Coefficiente estrutural	Espessura (cm)
Revestimento	concreto betuminoso	2,00	7,50
Base (calculada)	Solo brita	1,00	11,00
Base (proposta)	Solo brita	1,00	15,00
Reforço(calculado)	Solo local - compactado E.N.	1,00	16,00

Todos os serviços devem seguir as especificações técnicas que seguem:

- DNIT 107/2009 - ES - Terraplanagem - Empréstimos - Especificação de serviço.
- DNIT 108/2009 - ES - Terraplanagem - Aterros - Especificação de serviço.
- ES 299/97 - Pavimentação - regularização do subleito.
- ES 299/97 - Pavimentação - regularização do subleito.
- ES 306/97 - Pavimentação - imprimação.
- ES 307/97 - Pavimentação - pintura de ligação.
- ES 301/97 - Pavimentação - sub-base estabilizada granulometricamente.
- ES 315/97 - Pavimentação - acostamento.
- DNIT 031/2006 - ES - Pavimentos Flexíveis - Concreto Asfáltico.

Quantitativos

Pavimentos - Materiais	P. Simples	P. Dupla	Ramos	Vol.P.S.	Vol.P.D.	Vol.Rm.	Total
Espessuras (m) Extensões (km)	334,85	1,70	2,96	m3	m3	m3	
Concreto Betuminoso 0,05	7,00	14,00	6,00	117.197,50	1.190,00	888,00	CBU 119.275,50
Binder - Pista 0,075	7,00	14,00	6,00	175.796,25	1.785,00	1.332,00	Binder 178.913,25
Binder - Acostamento 0,05	5,00	5,00	-	83.712,50	425,00	-	Binder 84.137,50
Imprimadura Ligante	7,00	14,00	6,00	2.343.950,00	23.800,00	17.760,00	Imp.Lig. 2.385.510,00
Imprimadura Impermeabilizante	12,00	19,00	6,00	4.018.200,00	32.300,00	17.760,00	Imp.Imperm. 4.068.260,00

5.2.7.4. Resumo dos Ensaios Geotécnicos

Tabela 8 - Tabela completa com o resumo das Sondagens à Trado e Ensaios Geotécnicos

EMPREITEIRA:		GMS-ENG		CONTRATO:		0		MEDIÇÃO:		0		PERÍODO MEDIDO:		01/03 A 31/03/10														
SUPERVISORA:		DER-PI		RODOVIA:		PI-397		TRECHO:		Entr.PI-324(Sebastião Leal)-PI-254(Gilbués)		SUB-TRECHO:		Gilbués - Sebastião Leal		CAMADA :		SUB-LEITO		MÊS TRABALHADO		MARÇO						
SEGMENTO	CAMADA	DATA	KM	POSIÇÃO	PROFUND. (cm)	GRANULOMETRIA							FAIXA AASHO	Limites Físicos		I.G.	CLASSIFICAÇÃO	H.R.B.	Ensaios no Laboratório						Laboratório Campo			EQ AREIA %
						PENEIRAS								Energia de Compactação						Densidade "IN SITU "IN LOCO								
						2"	1"	3/8"	Nº4	Nº10	Nº40	Nº200		LL.	IP.				Golpes do Soquete Padrão						Adotada			
Densid. (kg/m³)	Umid. (%)	Perda por imersão	I.S.C.	EXP.	AXIAL	ISC.	EXP.	Densid. (kg/m³)	Umid (%)	Grau Compact (%)																		
SUB-LEITO		28/3/2010	9,5	X	1,50	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	90,4	26,2	F	19%	5%	0	A-2-6	1,945	8,1	2,6	12	0,03	≥ 4	≤ 1,0	1.799	8,7	92,5%	10,30
SUB-LEITO		28/3/2010	21,5	D	1,50	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	94,6	25,2	F	19%	4%	0	A-2-6	1,949	8,9	2,7	12	0,02	≥ 4	≤ 1,0	1.887	9,1	96,8%	9,50
SUB-LEITO		28/3/2010	29,5	X	1,50	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	94,5	14,4	F	NL	NP	0	A-2-4	1,904	8,0	2,5	10	0,00	≥ 4	≤ 1,0	1.825	7,3	95,9%	21,40
SUB-LEITO		28/3/2010	39,2	E	1,50	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	89,2	25,5	F	19%	5%	0	A-2-6	1,648	7,9	2,6	10	0,0	≥ 4	≤ 1,0	1.619	9,3	98,2%	15,10

5.2.7.5. Projeto Alternativo de Pavimentação

Para verificar qual a melhor solução para o projeto do pavimento, foi elaborada uma solução alternativa. Como já comentado, a alteração a ser feita é na base do pavimento, pois as camadas asfálticas já tem sua solução determinada.

A alternativa apresentada é a substituição do solo brita (40%) por solo cimento a 8% (em peso) com 17cm de espessura.

Quantitativos

Pavimentos - Materiais	P. Simples	P. Dupla	Ramos	Vol.P.S.	Vol.P.D.	Vol.Rm.	Total
Espressuras (m) / Extensões (km)	334,85	1,70	2,96	m3	m3	m3	
Solo Brita (40 % Brita) Esp. Média =							
0,16	14,00	21,00	8,00	300.025,60	2.284,80	1.515,52	303.825,92
Solo Brita (60 % Solo) Esp. Média =							
0,16	14,00	21,00	8,00	450.038,40	3.427,20	2.273,28	455.738,88
Solo Cimento (5,5 % em Vol.Cimento) Esp. Média =							
0,18	14,00	21,00	8,00	46.410,21	321,30	213,12	46.944,63
Solo Brita (94,5 % Solo) Esp. Média =							
0,18	14,00	21,00	8,00	797.411,79	6.072,57	4.027,97	807.512,33

Conclusão

A avaliação do custo destas duas alternativas mostrou que a utilização do solo brita ainda é mais econômica, embora a diferença seja bastante pequena (cerca de 2,5%) .

O s custos estão apresentados no Anexo denominado “Orçamento”.

5.2.7.6. Conservação de Pavimentos Flexíveis e Semi-Rígidos

REFERÊNCIA: Publicação IPR-720 – Manual de Restauração de Pavimentos Asfálticos – 2006 – 2ª Edição

A conservação dos pavimentos pode ser definida como sendo um conjunto de serviços destinados à preservação do pavimento nas condições em que ele foi originalmente construído ou no estado em que foi posteriormente restaurado.

A infra-estrutura rodoviária, se conservada nas condições em que foi construída, duraria, teoricamente, para sempre. Na prática, porém, a conservação apenas ajuda a rodovia a desempenhar, de maneira satisfatória, o seu papel durante a vida para a qual ela foi projetada. A conservação não deve ser considerada como um recurso temporário, mas como um investimento aplicado na infra-estrutura rodoviária e na garantia contra uma restauração dispendiosa.

A conservação das rodovias tem três finalidades principais, a saber:

- a) prolongar a vida útil das rodovias;
- b) reduzir o custo de operação dos veículos; e
- c) contribuir para que as rodovias se mantenham permanentemente abertas ao tráfego e permitir uma maior regularidade, pontualidade e segurança aos serviços de transporte.

A primeira finalidade se relaciona mais diretamente com os interesses dos órgãos rodoviários; a segunda com os usuários da rodovia e a terceira com os habitantes da região atendida pela rodovia.

Ainda que se observem devidamente as normas de qualidade dos materiais e da construção, as rodovias se deterioram com o tempo. Portanto, o objetivo principal da conservação é amenizar os efeitos da deterioração provocados pela severidade do tráfego e do ambiente e, ao mesmo tempo, recompor a serventia da rodovia por mais um período de tempo.

A conservação rodoviária compreende várias atividades ou operações de engenharia, muitas delas em pequena escala, e que se repetem a intervalos que variam segundo o clima, o tipo de terreno, o tráfego, a qualidade inicial da construção e o tipo de revestimento.

A seguir, algumas atividades que podem ser aplicadas para a conservação.

- 1 - Fresagem

Remoção de uma ou mais camadas superficiais do pavimento existente, geralmente deterioradas, empregando equipamento específico.

- 2 - Reciclagem

Processo de recuperação de material existente, cujas funções estejam comprometidas para seu emprego, com ou sem adição de outros materiais. A reciclagem dos materiais do pavimento existente pode ser executada in situ ou em usina.

- 3 - Camada Anti-reflexão de Trincas

Camada que atua como interface ou membrana atenuadora, dissipando as tensões desenvolvidas pela propagação das trincas existentes na superfície do pavimento a ser reabilitado para a nova camada asfáltica aplicada.

- 4 - Imprimação Asfáltica Ligante

Filme de emulsão asfáltica lançado sobre a superfície existente para garantir a aderência entre esta superfície e a camada de mistura asfáltica superior.

- 5 - Imprimação Asfáltica Impermeabilizante

Espargimento de material asfáltico diluído sobre a superfície, concedendo-lhe características de impermeabilidade após penetração na sua parte superior.

- 6 - Selagem

Aplicação de material asfáltico em estado líquido em trincas existentes no revestimento asfáltico, com a finalidade de evitar a infiltração de água.

- 7 - Capa Selante

Aplicação de emulsão asfáltica seguida de lançamento de agregado miúdo que age como rejuvenescedora da superfície do pavimento, além de selar as trincas eventualmente presentes.

- 8 - Enchimento

Complementação, com mistura asfáltica, de área localizada, com finalidade de nivelamento da superfície, sem função estrutural.

As oito atividades acima relacionadas deverão ser utilizadas de acordo com estado visual em que a rodovia se encontrar no ato da vistoria técnica. Pode ser adotada mais de uma solução integrada como Imprimação asfáltica Ligante e impermeabilizante com capa selante. Vale ressaltar que as imprimações comumente ela são aplicadas para o bom desempenho de outros serviços como : reciclagem, fresagem e os outros.

No ato da vistoria recomenda-se o seguinte questionário. Este questionário é proposto no DNIT-IPR-720 – Manual de Restauração de Pavimentos Asfálticos.

Para execução dos serviços deve atender a seguinte especificação. [ES 321/97 \(*\) - Pavimentação - restauração de pavimentos flexíveis.](#)

Soluções além da conservação rodoviária não são tratados neste documento.

1 AVALIAÇÃO ESTRUTURAL

Incidência de defeitos relacionados ao carregamento:

Baixa ou alta

O pavimento atual tem capacidade estrutural de suportar a solicitação de tráfego prevista no projeto ?

Sim ou não

2 AVALIAÇÃO FUNCIONAL

Valor de Serventia Atual (VSA) ou Irregularidade:

Muito bom, Bom, Razoável, Ruim ou Muito ruim

Valor da irregularidade: _____

Valor de serventia atual: _____

Resistência à derrapagem:

Satisfatório, Questionável ou Não satisfatório

Severidade dos afundamentos nas trilhas de roda:

Baixa, Média ou Alta

3 AVALIAÇÃO DA VARIAÇÃO DA CONDIÇÃO

A condição do pavimento varia sistematicamente ao longo da rodovia ?

Sim ou não

A condição do pavimento varia entre faixas de rolamento ?

Sim ou não

Existem regiões pontos localizados em condição muito ruim ?

Sim ou não

4 AVALIAÇÃO DOS EFEITOS CLIMÁTICOS

Quanto à umidade:

I - Úmido durante todo o ano

II - Úmido em certas estações

III - Muito pouco úmido

Quanto à temperatura: A - Frio

B - Temperado

C - Quente

D - Muito quente

Severidade dos defeitos provocados ou acelerados pela umidade:

Baixa, Média ou Alta

Descreva (arrancamentos, bombeamentos, trincas de retração):

Qualidade da drenagem da base:

Muito bom, Bom, Razoável, Ruim ou Muito ruim

Qualidade da drenagem do subleito:

Muito bom, Bom, Razoável, Ruim ou Muito ruim

Capacidade de drenagem do revestimento:

Aceitável ou necessita melhoramentos

Descreva: _____

5 AVALIAÇÃO DOS MATERIAIS DO PAVIMENTO

Revestimento: Bom estado ou degradado

Descreva: _____

Base: Bom estado ou degradada

Descreva: _____

Sub-base: Bom estado ou degradada

Descreva: _____

6 AVALIAÇÃO DO SOLO DE FUNDAÇÃO

Capacidade estrutural:

Baixo, Médio ou Alto

Suscetibilidade à saturação pela umidade (variação de volume):

Baixo, Médio ou Alto

7 AVALIAÇÃO DO HISTÓRICO DE CONSERVAÇÃO

Demanda histórica por conservação

Baixa, Normal ou Elevada

A falta de conservação contribuiu para a deterioração?

Sim ou não

Descreva: _____

8 AVALIAÇÃO DA TAXA DE DETERIORAÇÃO

Estimativa após um período longo da abertura ao tráfego

Baixa, Média ou Alta

Estimativa após um prazo curto (2 a 3 anos) da abertura do tráfego

Baixa, Média ou Alta

9 CONTROLE DO TRÁFEGO DURANTE A OBRA

Existem desvios disponíveis para a interrupção da estrada?

Sim ou não

A obra deve ser realizada sob tráfego?

Sim ou não

A obra deve ser construída fora de horários de pico?

Descreva: _____

10 FATORES GEOMÉTRICOS E DE SEGURANÇA

Capacidade atual da rodovia:

Adequada ou inadequada

Capacidade futura da rodovia:

Adequada ou inadequada

Necessidade de novas faixas de tráfego no período do projeto:

Sim ou não

Necessidade atual de alargamento das faixas de tráfego:

Sim ou não

Liste os locais com alta incidência de acidentes: _____

Problemas de sinalização ou visibilidade: _____

Problemas de altura disponível: _____

11 CARREGAMENTO DO TRÁFEGO

Tráfego médio diário anual: _____

Percentual de caminhões: _____

Número de repetições de carga padrão no período de projeto: _____

Número atual de repetições: _____

12 ACOSTAMENTOS

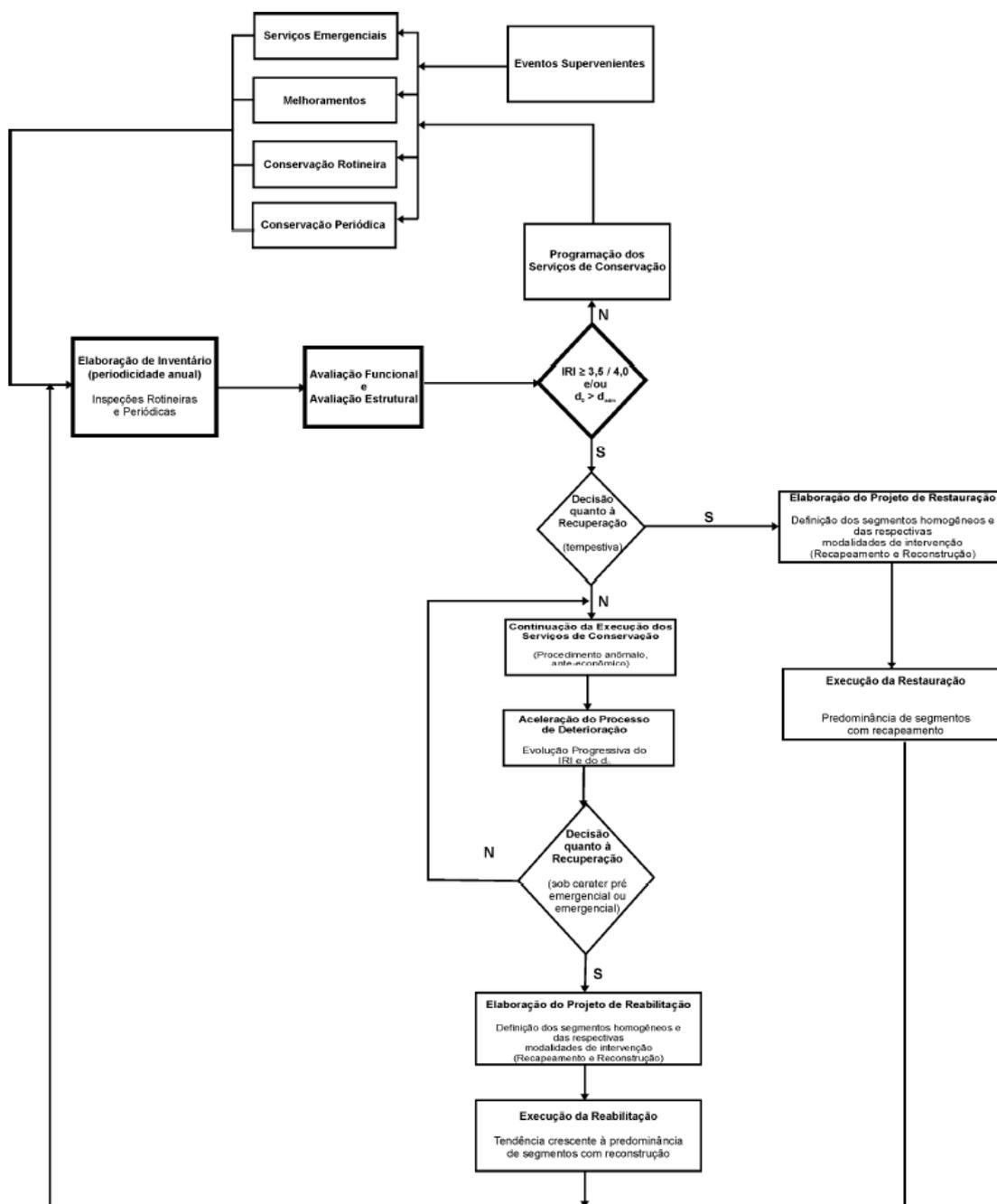
Condição geral:

Boa, razoável ou ruim

Deterioração em áreas localizadas:

Sim ou não

FLUXOGRAMA GERAL DA MANUTENÇÃO RODOVIÁRIA



Fonte IPR-720-2006-2ª Edição

5.2.7.7. Anexos do Estudo Funcional de Pavimento

O estudo funcional do pavimento foi desenvolvido com base nas seguintes informações:

- Estudo Funcional de Geometria;
- Número N (Estudo de Demanda) e
- Ensaio de Trado
- Estudo Funcional de Geometria

O Estudo Funcional de Geometria é objeto de capítulo específico neste Estudo.

- O Número N

O número N utilizado para o dimensionamento do pavimento foi calculado através dos 2 métodos usuais: AASHTO - American Association of State Highway and Transportation Officials e USACE - American Army Corps of Engineer, sendo o pior caso o considerado.

Como premissa para a consideração da distribuição direcional dos caminhões adotou-se a situação de 50% / 50%, ou seja, em uma direção predominam os caminhões carregados e na outra predominam os caminhões vazios.

O tráfego considerado foi calculado em 3 diferentes períodos de 10 anos (2012 - 2021 / 2022 - 2031 / 2032 - 2039) e tem como base os valores obtidos no Estudo de Demanda.

As demais considerações estão mencionadas juntamente com as tabelas com o Resultado.

A seguir apresenta-se o Resultado resumido para cada método calculado.

AASHTO American Association of State Highway and Transportation Officials

Link	Número N (10 ⁷)		
	N (2012-2021)	N (2022-2031)	N (2032-2039)
1	2,10	3,65	3,55
2	2,03	3,53	3,43
3	1,81	3,16	3,06
4	1,56	2,75	2,63
5	1,46	2,58	2,45
6	1,46	2,58	2,45
7	1,48	2,60	2,48
8	1,66	2,97	2,90
9	1,60	2,89	2,81
10	1,20	2,11	1,97
11	1,12	2,02	1,87
12	1,12	2,02	1,87
13	1,41	2,55	2,45
14	1,41	2,55	2,45
15	1,33	2,43	2,31
16	1,33	2,43	2,31
17	1,33	2,43	2,31
18	1,29	2,34	2,21

% retorno vazio

caminhões 2 e 3 eixos	100%
caminhões 4 a 6 eixos	100%
caminhões 7 ou + eixos	100%

% sobrecarga tolerada 0%

número de faixas 1

USACE U.S. Army Corps of Engineers

1

Link	Número N (10^7)		
	N (2012-2021)	N (2022-2031)	N (2032-2039)
1	8,76	15,18	14,90
2	8,45	14,64	14,39
3	7,45	12,97	12,67
4	6,47	11,31	10,94
5	5,97	10,48	10,06
6	5,97	10,48	10,06
7	6,08	10,64	10,25
8	7,05	12,56	12,41
9	6,78	12,16	11,96
10	4,92	8,58	8,09
11	4,54	8,11	7,57
12	4,54	8,11	7,57
13	5,91	10,63	10,32
14	5,91	10,63	10,32
15	5,54	10,01	9,61
16	5,54	10,01	9,61
17	5,54	10,01	9,61
18	5,32	9,54	9,09

% retorno vazio

caminhões 2 e 3 eixos	100%
caminhões 4 a 6 eixos	100%
caminhões 7 ou + eixos	100%

% sobrecarga tolerada 0%

número de faixas 1

Ensaio de Trado - Coleta das Amostras

Para os ensaios a trado previstos ao longo dos últimos 40 km da rodovia foi proposto que as amostras fossem obtidas a cada 2,5km, ou seja 16 amostras nos seguintes pontos (coordenadas geográficas):

Tabela 9 - Coordenadas dos pontos - Ensaio de Trado

Ponto 1	S9 24.538 W45 14.347
Ponto 2	S9 25.707 W45 14.093
Ponto 3	S9 26.980 W45 13.881
Ponto 4	S9 26.676 W45 14.877
Ponto 5	S9 26.271 W45 16.184
Ponto 6	S9 26.549 W45 17.574
Ponto 7	S9 27.565 W45 18.895
Ponto 8	S9 28.859 W45 19.429
Ponto 9	S9 29.500 W45 20.614
Ponto 10	S9 30.214 W45 21.712
Ponto 11	S9 31.465 W45 21.858
Ponto 12	S9 31.832 W45 22.792
Ponto 13	S9 31.343 W45 24.163
Ponto 14	S9 30.835 W45 25.417
Ponto 15	S9 30.334 W45 26.624
Ponto 16	S9 29.872 W45 27.812

Como previsto foram feitos 16(dezesseis) furos para coleta de amostras até a profundidade de 1,5 m(um metro e meio). Essas amostras "in situ" apresentaram-se semelhantes tato-visualmente e portanto, das 08(oito) coletadas no cerrado, foram desprezadas 06(seis). O mesmo acontecendo na parte inferior do traçado da futura rodovia, das 08(oito) coletadas, apenas duas foram selecionadas, pois apresentaram uma leve diferença na granulometria e cor das outras seis. Desse modo foram encaminhadas apenas 04(quatro) amostras para o laboratório indicado.

A localização das amostras escolhidas para envio ao laboratório são as seguintes:

- Amostra de nº 01- (S 09° 26' 15.4" e WO 45° 13' 58.4");
- Amostra nº 02 (S 09° 31' 07.9" e WO 45° 21' 57.2");
- Amostra nº 03 (S 09° 31' 49.5" e WO 45° 22' 48.5") e
- Amostra nº 04 (S 09° 30' 33.2" e WO 45° 26' 06.4").



Figura 3 - Coleta de amostra

As descrições tato-visual "in loco" das amostras na hora da coleta foram da seguinte forma:

- Amostra 01 - Silte pouco argiloso, com fragmentos de raízes até um(1) metro de profundidade, amarelada.(cerrado)
- Amostra 02 - Silte pouco argiloso a argiloso(possivelmente sofreu influência do calcário aplicado nas plantações, que são lixiviados pelas chuvas para o eixo da rodovia carroçal, pois a mesma não tem aterro e está sobre o solo natural do cerrado), com presença de raízes e marrom a preta (possivelmente devido ao adubo apresenta essa tonalidade) (cerrado).
- Amostra 03 - Areia fina, siltosa, pouco argilosa, com fragmentos de raízes, avermelhada.(vale).
- Amostra 04 - Areia fina, siltosa, pouco argilosa, com fragmentos de raízes, marrom avermelhada (vale).

DENSIDADE " IN SITU " DNER-ME 092/94 MÉTODO DO FRASCO DE AREIA								
PROFUNDIDADE (cm)	DE	—	0.30		0,35		0.40	0.40
	A	—	0.50		0.55		0.60	0.60
DATA		—	25/03/10		25/03/10		25/03/10	25/03/10
KM		—	9,5		21,5		29,5	39,2
POSIÇÃO		E . X . D	X		X		X	X
PÊSO DO FRASCO COM AREIA	ANTES	A	6.000		6.000		6.000	6.000
	DEPOIS	B	3.170		3.240		3.240	3.310
	DIFERENÇA	C = A - B	2.830		2.760		2.760	2.690
FUNIL		Nº	1		1		1	1
PÊSO DA AREIA NO FUNIL (g)		D	588		588		588	588
PÊSO DA AREIA NO FURO (g)		E = C - D	2.242		2.172		2.172	2.102
DENSIDADE DA AREIA (g/dm³)		d	1,287		1,287		1,287	1,287
VOLUME DO FURO (dm³)		$V = \frac{E}{d}$	1.742		1.688		1.688	1.633
UMIDADE		h %	8,7		9,1		7,3	9,3
PÊSO DO SOLO ÚMIDO (g)		Ph	3.400		3.456		3.340	2.890
PÊSO DO SOLO SÊCO (g)		$P_s = \frac{P_h}{1 + h}$	3.128		3.168		3.113	2.644
DENS. DO SOLO SÊCO (g/dm³)		$D_s = \frac{P_s}{V}$	1,796		1,877		1,844	1,619
ENSAIO LABORATÓRIO	DENS. MAX.(g)	Dm	1,945		1,949		1,904	1,648
	UMID. ÓTIMA	h %	8,1		8,9		8,0	7,9
GRAU DE COMPACTAÇÃO (%)		$\% = \frac{D_s}{D_m}$	92,3		96,3		96,8	98,2
UMIDADE								
CÁPSULA		Nº						
PÊSO DO SOLO ÚMIDO (g)		Ph1						
PÊSO DO SOLO SÊCO (g)		Ps1						
PÊSO DA ÁGUA (g)		Pa = Ph1 - Ps1						
UMIDADE		$h \% = \frac{P_a}{P_{s1}}$						
OBSERVAÇÕES:								
Grau de Compactação do Terreno Natural								
KM- 0 AO 40								
RODOVIA:	TRECHO:	SUB TRECHO:						
PI-397	SEBASTIÃO LEAL (PI-324)-GILBUÉS (PI-254)	GILBUÉS-S.LEAL						
CAMADA	CALCULISTA:	OPERADOR:						
SUB-LEITO	MEIRA	EQUIPE						
SETOR DE SOLOS								

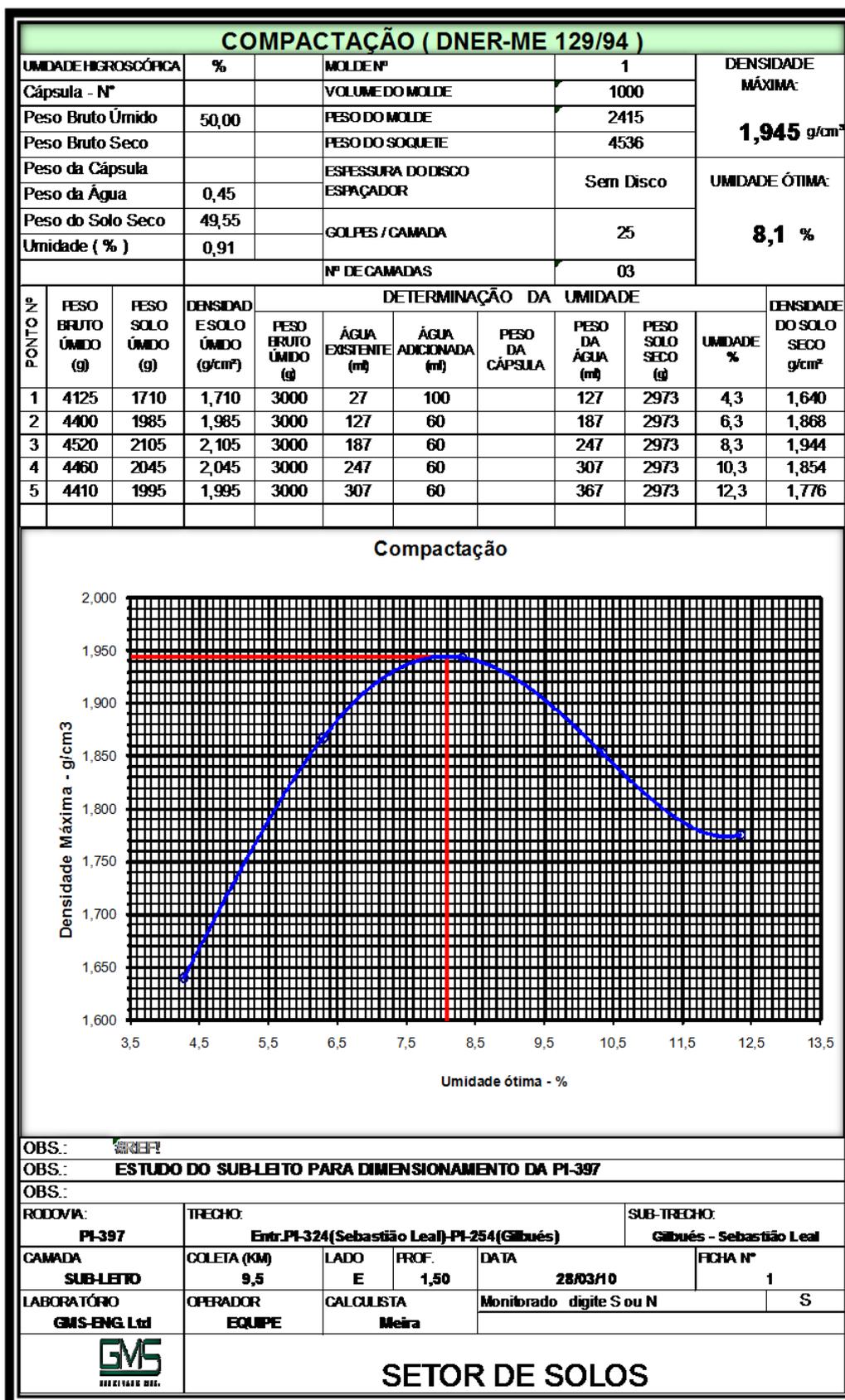


Figura 4 - Furo 1 - Compactação

ÍNDICE DE SUPORTE CALIFÓRNIA (DNER-ME 049/94)												
UMIDADE		Higroscópica		De Moldagem				Molde N.º		03		
Cápsula - N.º								Peso do Molde		4675		
Peso Úmido		50,00		50,00				Volume do Molde		2112		
Peso Bruto Seco		-		-				Altura do Molde		11,55		
Peso da Cápsula		-		-				N.º de Camadas		03		
Peso da Água		0,45		3,90				Golpes/Camada		25		
Peso do Solo Seco		49,55		46,10				Peso do Soquete		4.536		
Umidade (%)		0,9		8,5				Espessura do disco		2 1/2 "		
DADOS DE COMPACTAÇÃO				CÁLCULO DA ÁGUA				Anel Din.				
Dens. Máxima - Kg/m ³		1,945		Peso da amostra				Úmido		6.000		
Umidade ótima - %		8,1						Seco		5.946		N.º 1.447
Umidade Higrosc. - %		0,9		Água adicionada em função da umidade ótima da compactação				428		Constante		
Diferença de Umidade - %		7,2								k= 0,095		
ENSAIO DE PENETRAÇÃO						Expansão						
Tempo min.	Penetração		Leitura Extens.	Pressão - Kg/cm ²				Datas		Leitura Dell.mm	Difer. mm	Exp. mm
	Pol	mm		Detem.	Corrigido	Padrão	%	Dia	Hora			
00:30	0,025	0,63	25	2,4				28/03/2010		1,00		
01:00	0,050	1,27	60	5,7								
01:30	0,075	1,90	75	7,1				29/03/2010	-	1,00		
02:00	0,100	2,54	90	8,6	8,6	70	12,2					
03:00	0,150	3,81						30/03/2010	-	1,00		
04:00	0,200	5,08	135	12,8	12,8	105	12,2					
06:00	0,300	7,62	120	11,4		132		31/03/2010	-	1,00		
08:00	0,400	10,16				161						
10:00	0,500	12,70				182						
				CBR = 12,0				EXP. = 0,0				
Moldagem de Verificação		<p>Índice de Suporte Califórnia</p> <p>Pressão Kg/m²</p> <p>Penetração em pol.</p>										
P. Bruto Úmido		9.200 g										
Peso Úmido		4.525 g										
Dens. Úmida		2,143 g/cm ³										
Dens. Seca		1,975 g/cm ³										
Grau de compac.		101,5 %										
OBS.: REF!												
OBS.: ESTUDO DO SUB-LEITO PARA DIMENSIONAMENTO DA PI-397												
OBS.: 0												
RODOVIA:		TRECHO:				SUB-TRECHO						
PI-397		Entr.PI-324(Sebastião Leal)-PI-254(Gilbués)				Gilbués - Sebastião Leal						
CAMADA		COLETA (KM)		LADO		PROFUND. (CM)		Nº DE ENSAIOS		FICHA Nº		
SUBLEITO		9,5		E		1,50		1		1		
LABORATÓRIO:		OPERADOR:		DATA:		CALCULISTA		Monitorado		digite S ou N		
GMS-ENG. Ltd		EQUIPE		28/03/10		Meira				S		
		SETOR DE SOLOS										

Figura 5 - Furo 1 - Índice de Suporte Califórnia

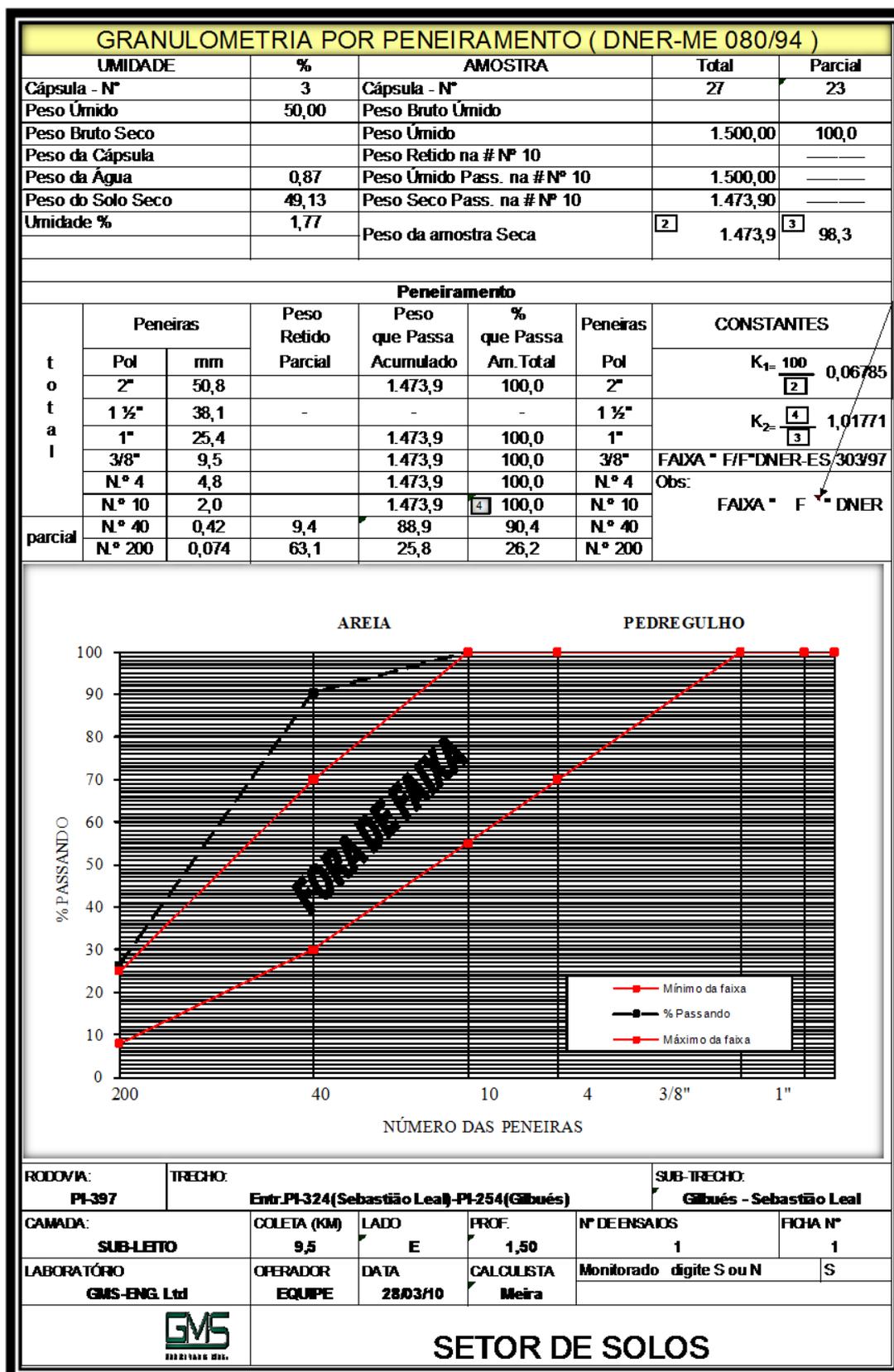


Figura 6 - Furo 1 - Granulometria por Peneiramento

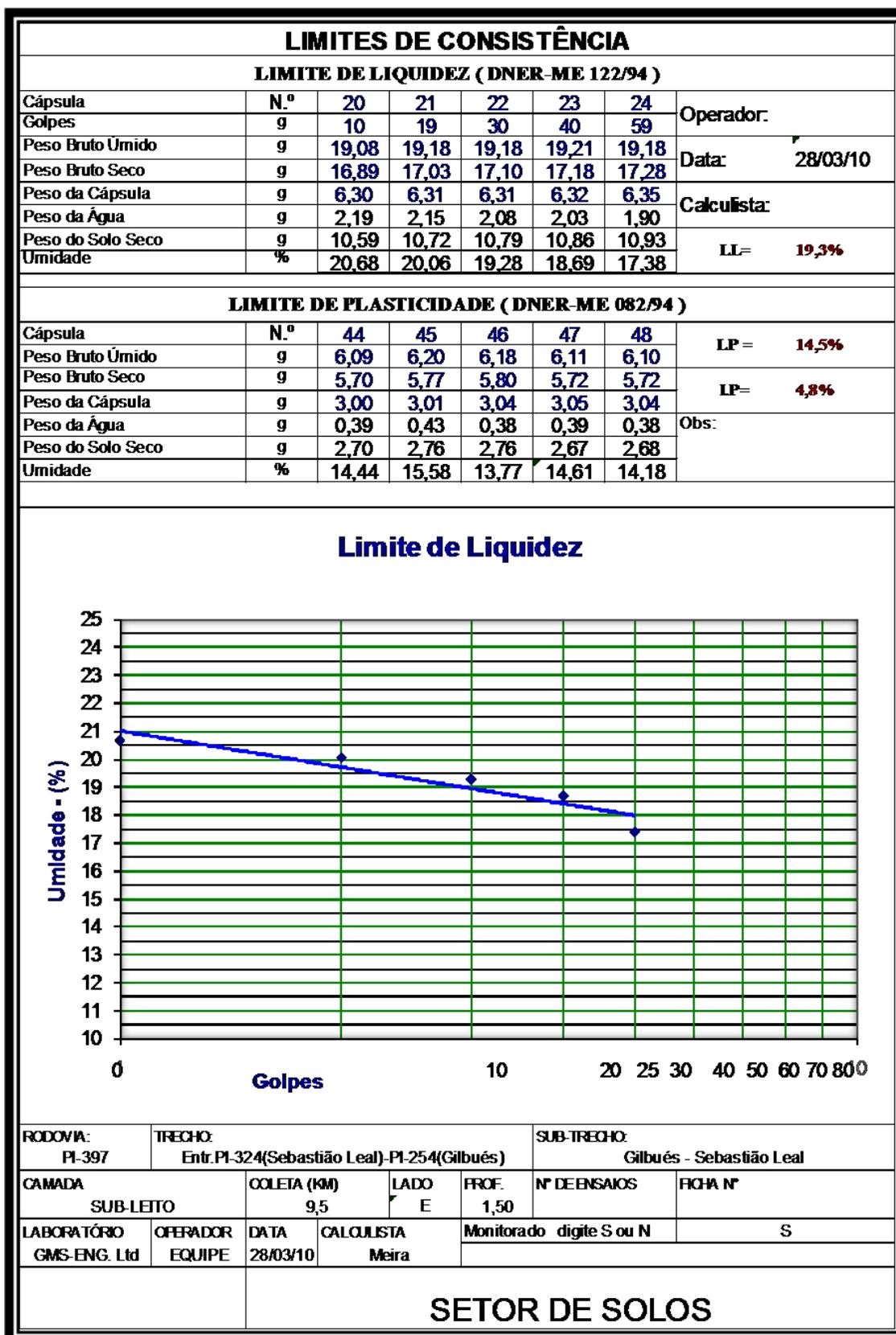


Figura 7 - Furo 1 - Limites de Consistência

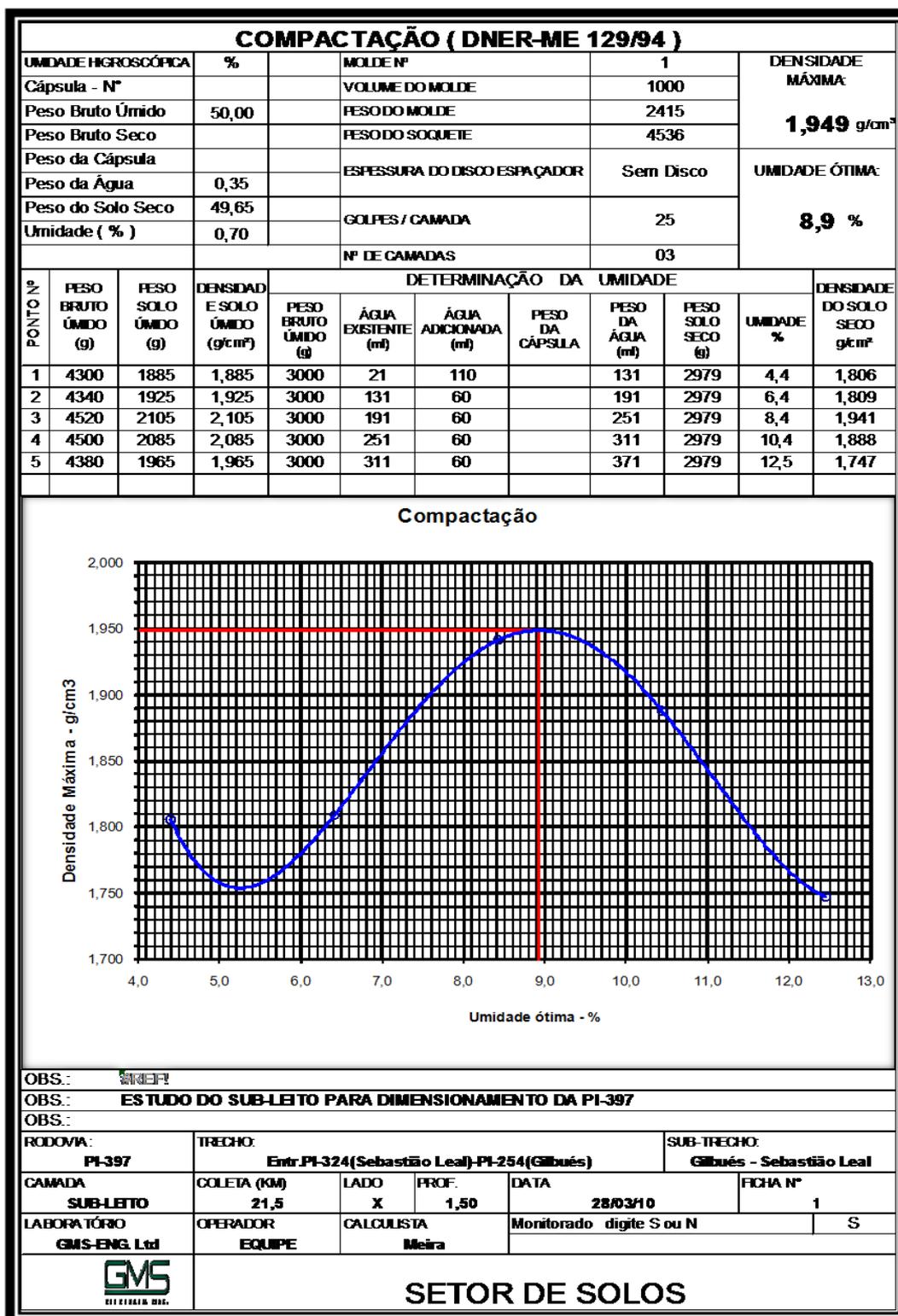


Figura 8 - Furo 2 - Compactação

ÍNDICE DE SUPORTE CALIFÓRNIA (DNER-ME 049/94)													
UMIDADE		Higroscópica		De Moldagem		Molde N.º		13					
Cápsula - N.º						Peso do Molde		4160					
Peso Úmido		50,00		50,00		Volume do Molde		2033					
Peso Bruto Seco		-		-		Altura do Molde		11,35					
Peso da Cápsula		-		-		N.º de Camadas		03					
Peso da Água		0,35		4,00		Golpes/Camada		25					
Peso do Solo Seco		49,65		46,00		Peso do Soquete		4.536					
Umidade (%)		0,7		8,7		Espessura do disco		2 1/2 "					
DADOS DE COMPACTAÇÃO						CÁLCULO DA ÁGUA							
Dens. Máxima - Kg/m ³		1,949		Peso da amostra				Úmido		6.000			
Umidade ótima - %		8,9						Seco		5.958			
Umidade Higrosc. - %		0,7		Água adicionada em função da umidade ótima da compactação						N.º 1.447			
Diferença de Umidade - %		8,2						489		Constante k= 0,095			
ENSAIO DE PENETRAÇÃO						Expansão							
Tempo min.	Penetração		Leitura	Pressão - Kg/cm ²				Datas		Leitura	Difer.	Exp.	
	Pol	mm	Extens.	Determ.	Corrigido	Padrão	%	Dia	Hora	Defl. mm	mm	mm	
00:30	0,025	0,63	36	3,4				28/03/2010		1,00			
01:00	0,050	1,27	62	5,9									
01:30	0,075	1,90	75	7,1				29/03/2010	-	1,00			
02:00	0,100	2,54	90	8,6	8,6	70	12,2						
03:00	0,150	3,81						30/03/2010	-	1,00			
04:00	0,200	5,08	135	12,8	12,8	105	12,2						
06:00	0,300	7,62	135	12,8		132		31/03/2010	-	1,00			
08:00	0,400	10,16				161							
10:00	0,500	12,70				182							
				CBR = 12,0		EXP. = 0,0		01/04/2010		-	1,02	0,02	0,02
Moldagem de Verificação													
P. Bruto Úmido													
8.510 g													
Peso Úmido													
4.350 g													
Dens. Úmida													
2,140 g/cm ³													
Dens. Seca													
1,968 g/cm ³													
Grau de compac.													
101,0 %													
<p style="text-align: center;">Índice de Suporte California</p>													
OBS.: VAREF!													
OBS.: ESTUDO DO SUB-LEITO PARA DIMENSIONAMENTO DA PI-397													
OBS.: 0													
RODOVIA:		TRECHO:						SUB-TRECHO					
PI-397		Entr. PI-324(Sebastião Leal)-PI-254(Gilbués)						Gilbués - Sebastião Leal					
CAMADA		COLETA (KM)		LADO		PROFUND. (CM)		N.º DE ENSAIOS		FICHA N.º			
SUB-LEITO		21,5		X		1,50		1		1			
LABORATÓRIO:		OPERADOR:		DATA:		CALCULISTA		Monitorado		digite S ou N			
GMS-ENG. Ltd		EQUIPE		28/03/10		Meira				S			
		SETOR DE SOLOS											

Figura 9 - Furo 2 - Índice de Suporte Califórnia

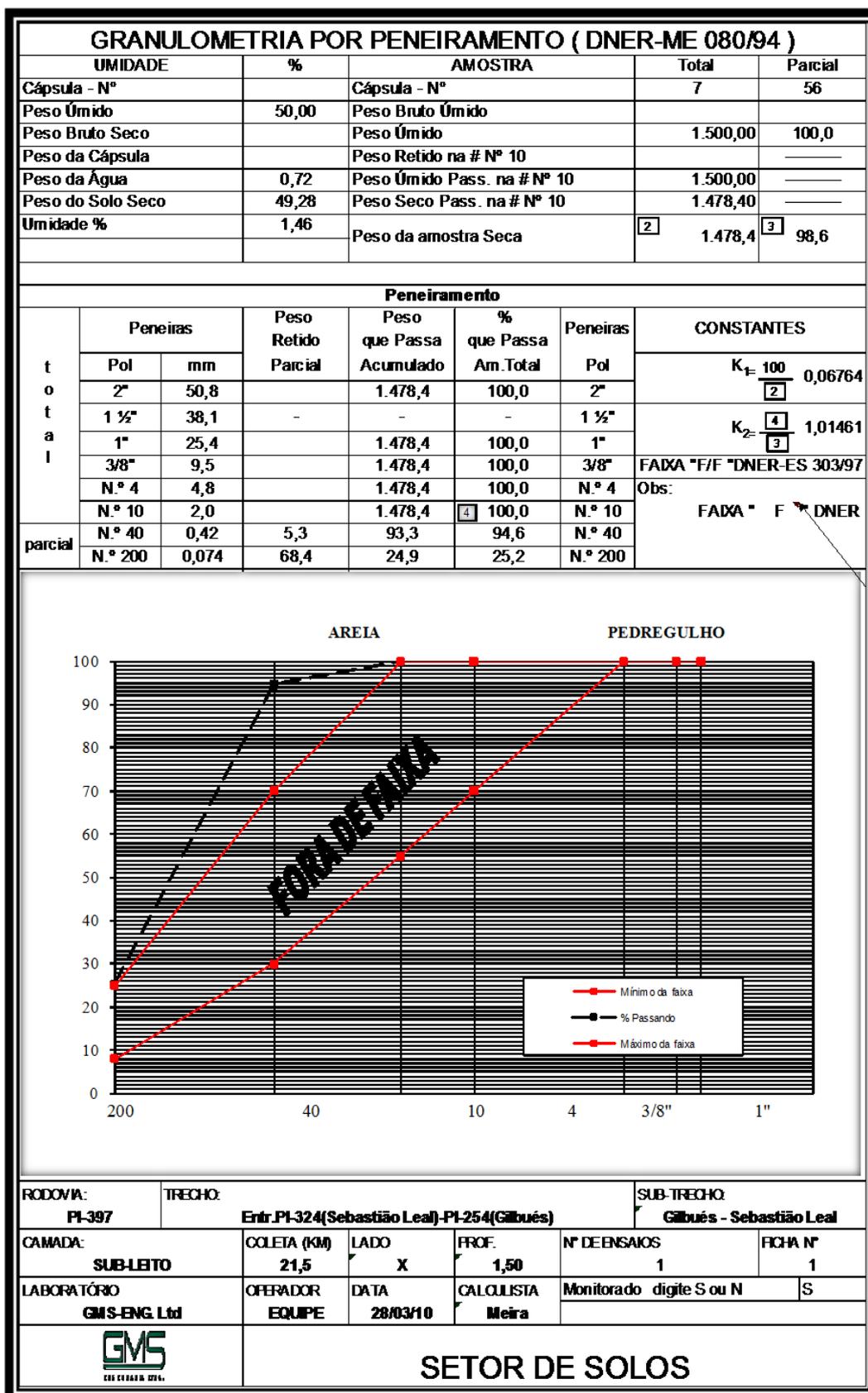


Figura 10 - Furo 2 - Granulometria por Peneiramento

LIMITES DE CONSISTÊNCIA							
LIMITE DE LIQUEZ (DNER-ME 122/94)							
Cápsula	N.º	21	22	23	24	25	Operador:
Golpes	g	10	19	30	40	59	
Peso Bruto Úmido	g	20,09	20,18	20,19	20,22	20,16	Data: 28/03/10
Peso Bruto Seco	g	17,65	18,34	18,46	17,88	18,21	
Peso da Cápsula	g	6,23	9,04	9,12	4,48	6,28	Calculista:
Peso da Água	g	2,44	1,84	1,73	2,34	1,95	
Peso do Solo Seco	g	11,42	9,30	9,34	13,40	11,93	LL= 18,9%
Umidade	%	21,37	19,78	18,52	17,46	16,35	
LIMITE DE PLASTICIDADE (DNER-ME 082/94)							
Cápsula	N.º	10	11	12	13	14	LP= 14,5%
Peso Bruto Úmido	g	6,00	6,12	6,13	6,11	6,15	
Peso Bruto Seco	g	5,65	5,74	5,75	5,72	5,84	LP= 4,4%
Peso da Cápsula	g	3,23	3,02	2,93	3,00	3,92	
Peso da Água	g	0,35	0,38	0,38	0,39	0,31	Obs:
Peso do Solo Seco	g	2,42	2,72	2,82	2,72	1,92	
Umidade	%	14,46	13,97	13,48	14,34	16,15	
RODOVIA:		TRECHO:			SUB-TRECHO:		
PI-397		Entr.PI-324(Sebastião Leal)-PI-254(Gilbués)			Gilbués - Sebastião Leal		
CAMADA		COLETA (KM)	LADO	PROF.	Nº DE ENSAIOS	FICHA Nº	
SUB-LEITO		21,5	X	1,50			
LABORATÓRIO	OPERADOR	DATA	CALCULISTA	Monitorado digite S ou N		S	
GMS-ENG. Ltd	EQUIPE	28/03/10	Meira				
SETOR DE SOLOS							

Figura 11 - Furo 2 - Limites por Consistência

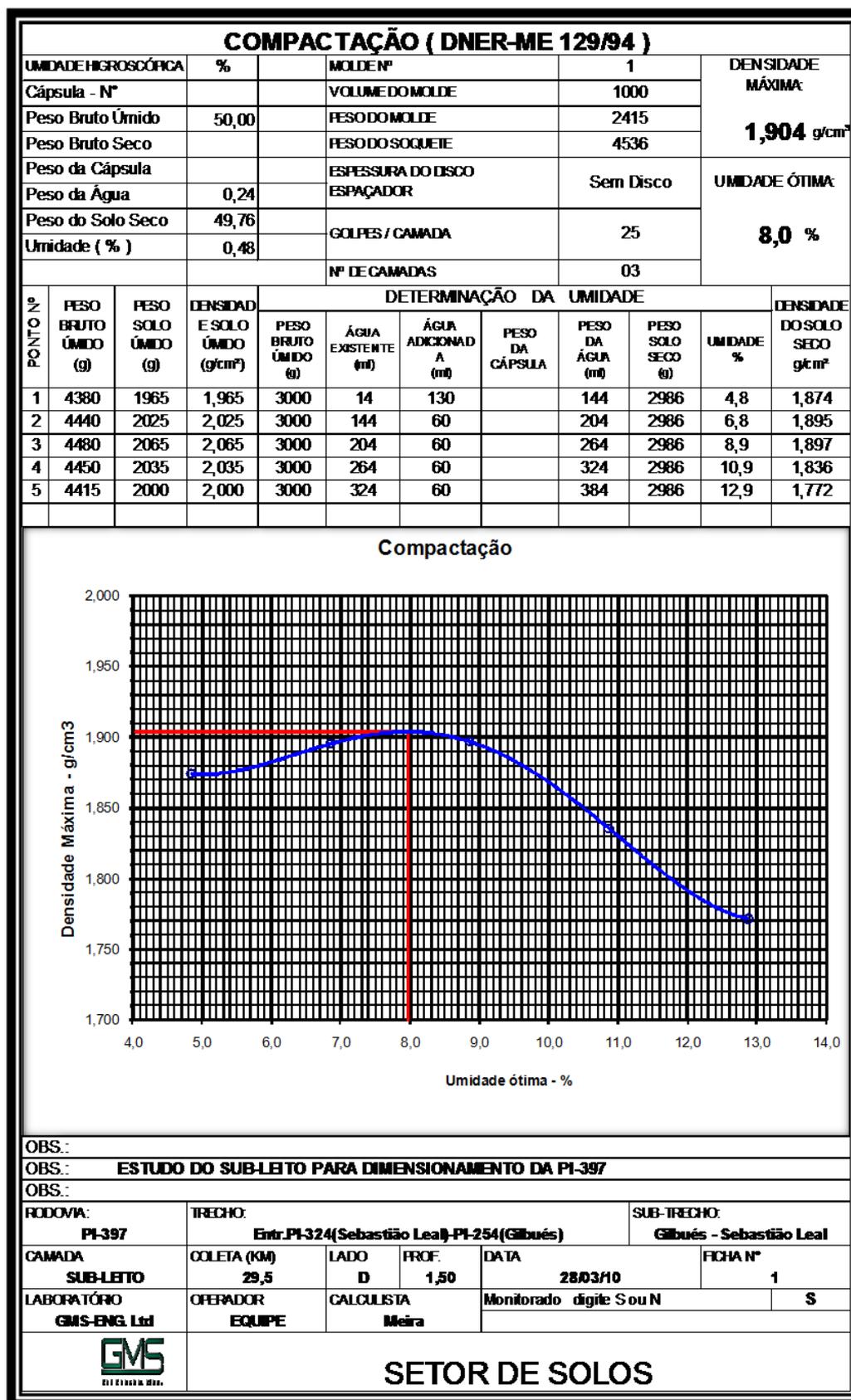


Figura 12 - Furo 3 - Compactação

ÍNDICE DE SUPORTE CALIFÓRNIA (DNER-ME 049/94)													
UMIDADE		Higroscópica		De Moldagem			Molde N.º		02				
Cápsula - N.º							Peso do Molde		4250				
Peso Úmido		50,00		50,00			Volume do Molde		2056				
Peso Bruto Seco		-		-			Altura do Molde		11,39				
Peso da Cápsula		-		-			N.º de Camadas		03				
Peso da Água		0,24		3,80			Golpes/Camada		25				
Peso do Solo Seco		49,76		46,20			Peso do Soquete		4.536				
Umidade (%)		0,5		8,2			Espessura do disco		2 1/2 "				
DADOS DE COMPACTAÇÃO						CÁLCULO DA ÁGUA				Anel Din.			
Dens. Máxima - Kg/m ³		1,904		Peso da amostra			Úmido		6.000		N.º 1.447		
Umidade ótima - %		8,0					Seco		5.970				
Umidade Higrosc. - %		0,5		Água adicionada em função da umidade ótima da compactação			448		Constante k= 0,095				
Diferença de Umidade - %		7,5											
ENSAIO DE PENETRAÇÃO						Expansão							
Tempo min.	Penetração		Leitura Extens.	Pressão - Kg/cm ²				Datas		Leitura Def. mm	Difer. mm	Exp. mm	
	Pol	mm		Detem.	Corrigido	Padrão	%	Dia	Hora				
00:30	0,025	0,63	28	2,7				28/03/2010		0,00			
01:00	0,050	1,27	42	4,0									
01:30	0,075	1,90	55	5,2				29/03/2010	"	0,00			
02:00	0,100	2,54	75	7,1	7,1	70	10,2						
03:00	0,150	3,81						30/03/2010	"	0,00			
04:00	0,200	5,08	110	10,5	10,5	105	10,0						
06:00	0,300	7,62	112	10,6				31/03/2010	"	0,00			
08:00	0,400	10,16											
10:00	0,500	12,70											
				CBR = 10,0		EXP. = 0,0		01/04/2010		"	0,00	0,00	0,00
Moldagem de Verificação													
P. Bruto Úmido		8.540 g											
Peso Úmido		4.290 g											
Dens. Úmida		2,087 g/cm ³											
Dens. Seca		1,928 g/cm ³											
Grau de compac.		101,3 %											
<p style="text-align: center;">Índice de Suporte California</p> <p style="text-align: center;">Pressão Kg/m²</p> <p style="text-align: center;">Penetração em pol.</p>													
OBS.:													
OBS.: ESTUDO DO SUB-LEITO PARA DIMENSIONAMENTO DA PI-397													
OBS.:													
RODOVIA:		TRECHO:					SUB-TRECHO						
PI-397		Entr.PI-324(Sebastião Leal)-PI-254(Gilbués)					Gilbués - Sebastião Leal						
CAMADA		COLETA (KM)		LADO	PROFUND. (CM)		N.º DE ENSAIOS		FOLHA N.º				
SUB-LEITO		29,5		D	1,50		1		1				
LABORATÓRIO:		OPERADOR		DATA:		CALCULISTA		Monitorado		digite S ou N		S	
GMS-ENG. Ltd		EQUIPE		28/03/10		Meira							
		SETOR DE SOLOS											

Figura 13 - Furo 3 - Índice de Suporte Califórnia

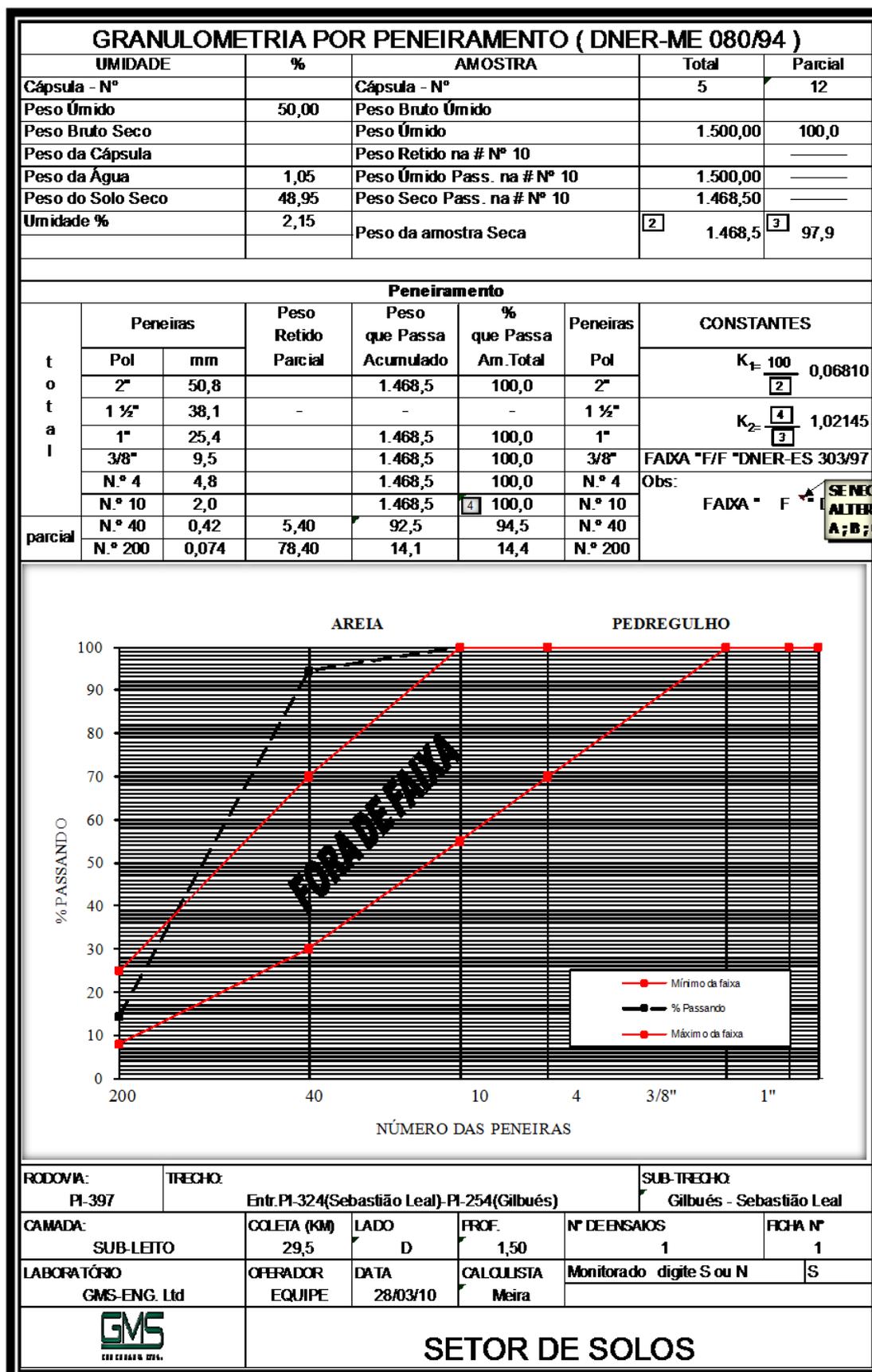


Figura 14 - Furo 3 - Granulometria por Peneiramento

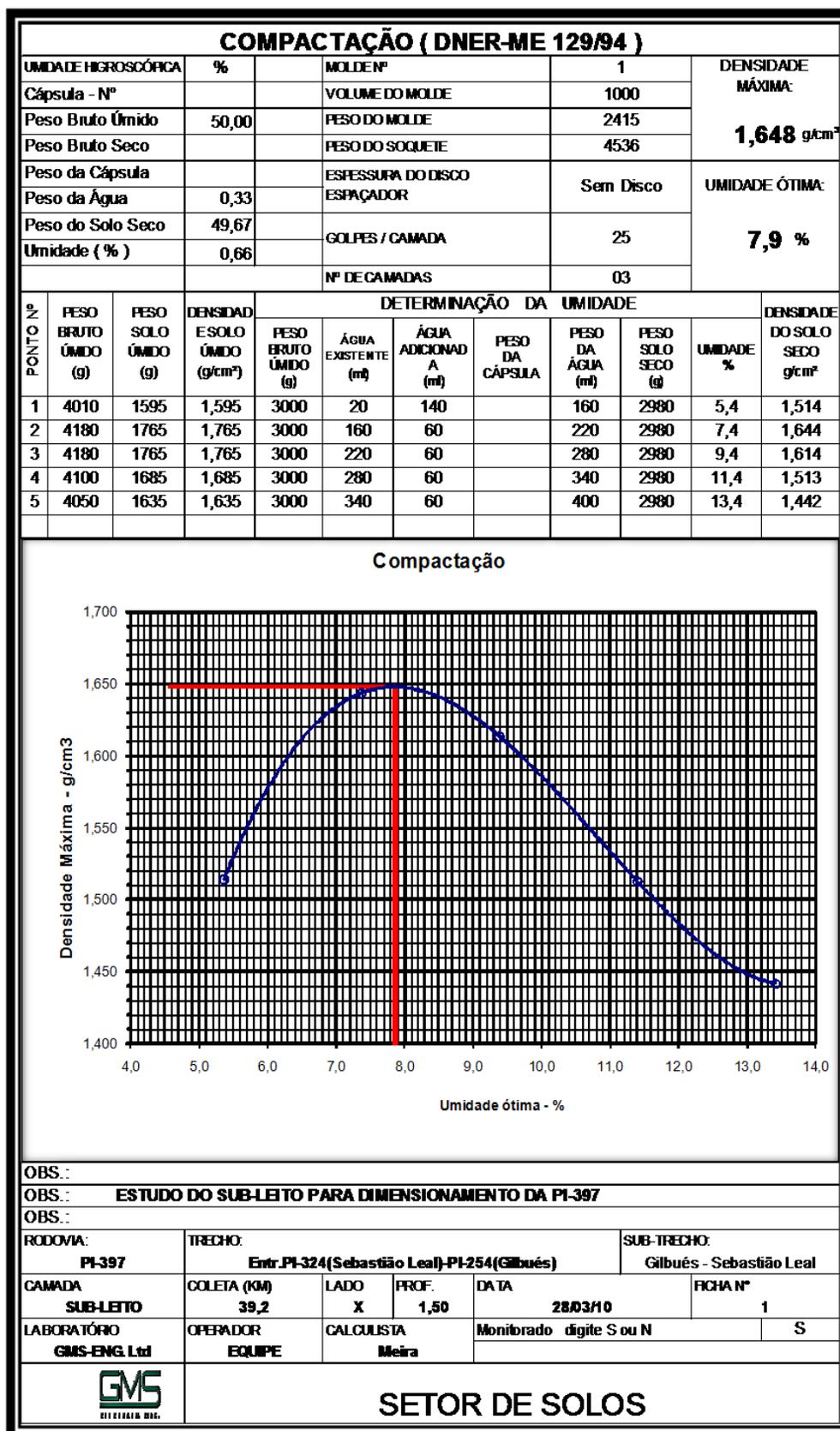


Figura 16 - Furo 4 - Compactação

ÍNDICE DE SUPORTE CALIFÓRNIA (DNER-ME 049/94)														
UMIDADE		Higroscópica		De Moldagem		Molde N.º		06						
Cápsula - N.º						Peso do Molde		4740						
Peso Úmido		50,00		50,00		Volume do Molde		2050						
Peso Bruto Seco		-		-		Altura do Molde		11,45						
Peso da Cápsula		-		-		N.º de Camadas		03						
Peso da Água		0,33		3,71		Golpes/Camada		25						
Peso do Solo Seco		49,67		46,29		Peso do Soquete		4.536						
Umidade (%)		0,7		8,0		Espessura do disco		2 1/2 "						
DADOS DE COMPACTAÇÃO					CÁLCULO DA ÁGUA									
Dens. Máxima - Kg/m ³		1,648		Peso da amostra			Úmido	6.000						
Umidade ótima - %		7,9					Seco	5.958						
Umidade Higrosc. - %		0,7		Água adicionada em função da umidade ótima da compactação					N.º 1.523					
Diferença de Umidade - %		7,2					429		Constante k = 0,095					
ENSAIO DE PENETRAÇÃO					Expansão									
Tempo min.	Penetração		Leitura	Pressão - Kg/cm ²				Datas		Leitura	Difer.	Exp.		
	Pol	mm	Extens.	Detem.	Corrigido	Padrão	%	Dia	Hora	Del. mm	mm	mm		
00:30	0,025	0,63	15	1,4				28/03/2010		1,00				
01:00	0,050	1,27	35	3,3										
01:30	0,075	1,90	55	5,2				29/03/2010	"	1,00				
02:00	0,100	2,54	75	7,1	7,1	70	10,2							
03:00	0,150	3,81						30/03/2010	"	1,00				
04:00	0,200	5,08	115	10,9	10,9	105	10,4							
06:00	0,300	7,62	145	13,8		132		31/03/2010	"	1,00				
08:00	0,400	10,16				161								
10:00	0,500	12,70				182		01/04/2010	"	1,03	0,03	0,03		
		CBR = 10,0		EXP. = 0,0										
Moldagem de Verificação														
P. Bruto Úmido	8.410 g													
Peso Úmido	3.670 g													
Dens. Úmida	1,790 g/cm ³													
Dens. Seca	1,658 g/cm ³													
Grau de compac.	100,6 %													
OBS.:														
OBS.: ESTUDO DO SUB-LEITO PARA DIMENSIONAMENTO DA PI-397														
OBS.:														
RODOVIA:	PI-397					TRECHO:	Entr.PI-324(Sebastião Leal)-PI-254(Gilbués)					SUB-TRECHO:	Gilbués - Sebastião Leal	
CAMADA	SUB-LEITO		COLETA (KM)	39,2		LADO	X		PROFUND. (CM)	1,50		N.º DE ENSAIOS	1	
LABORATÓRIO:	GMS-ENG. Ltd		OPERADOR	EQUIPE		DATA:	28/03/10		CALCULISTA	Meira		Monitorado	digite S ou N S	
			<p style="text-align: center;">SETOR DE SOLOS</p>											

Figura 17 - Furo 4 - Índice de Suporte Califórnia

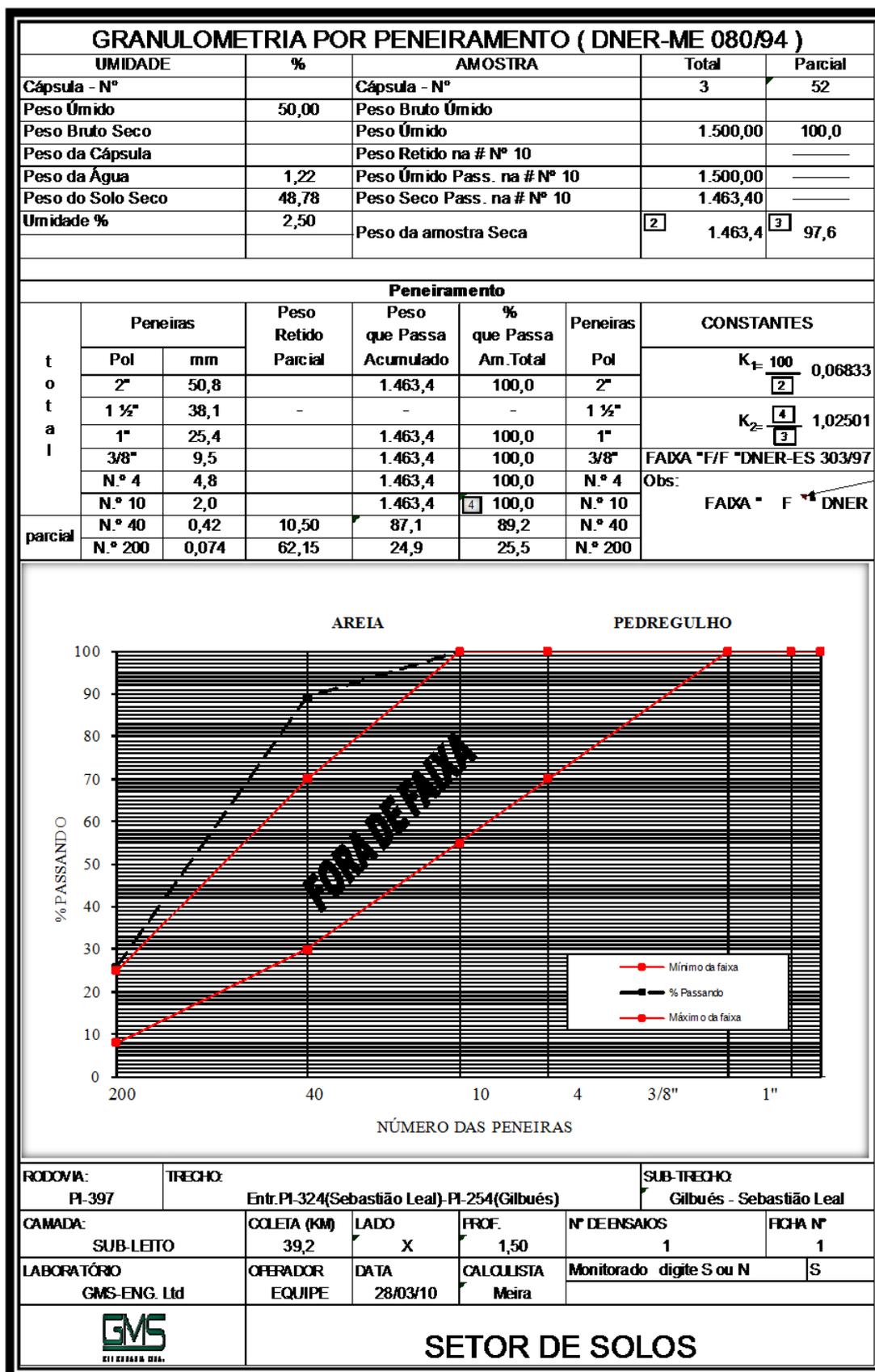


Figura 18 - Furo 4 - Granulometria por Peneiramento

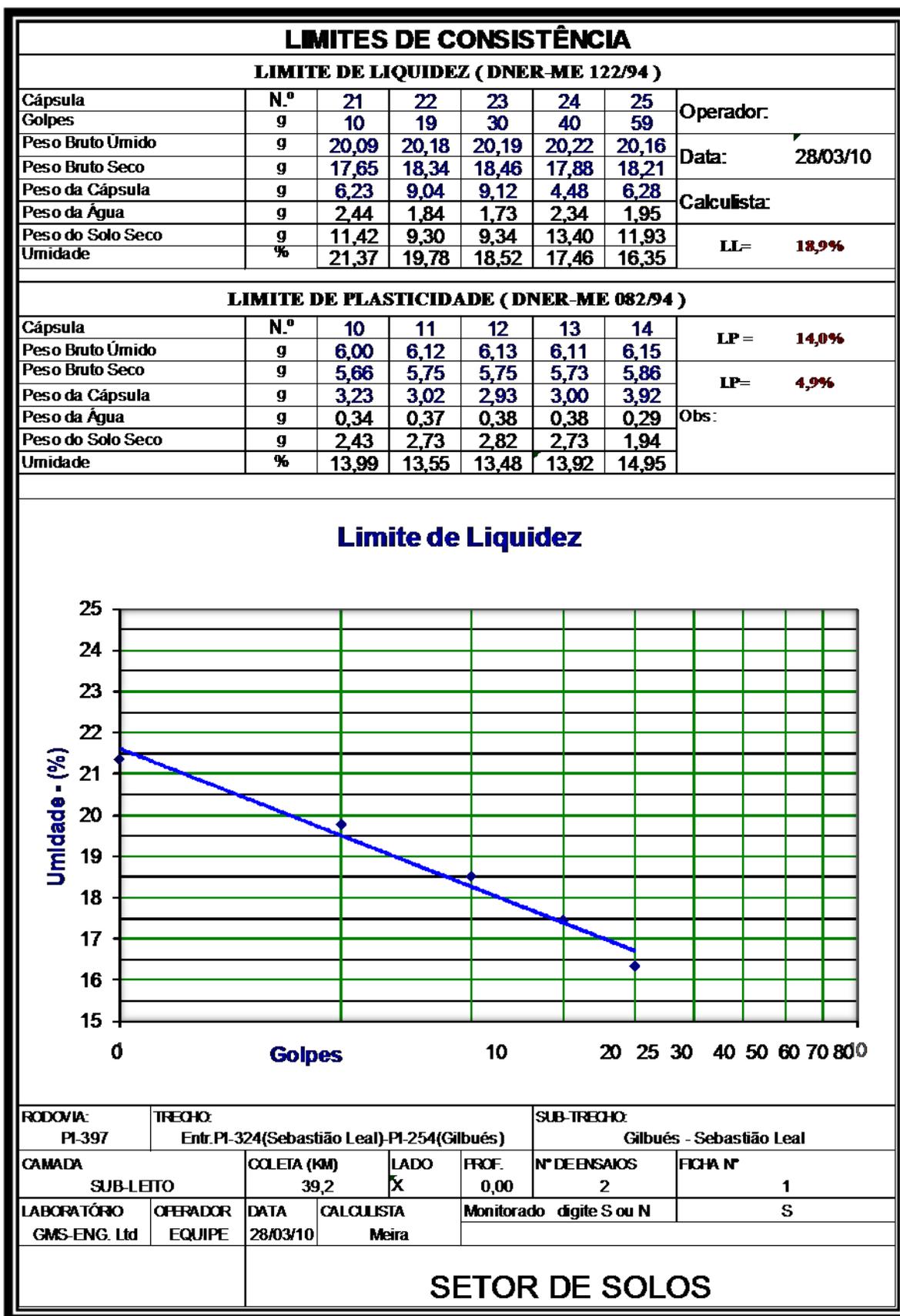


Figura 19 - Furo 4 - Limites de Consistência

5.2.8. Projeto de Sinalização

Este projeto funcional foi feito tanto para a sinalização horizontal como vertical de acordo com as premissas normalmente utilizadas pelo DNIT.

A sinalização atende a rodovia em si e suas interseções.

De qualquer forma, é conveniente destacar que uma sinalização adequada deve, além disso, ser resultado também de um processo de medidas comuns, que envolvam:

- projeto - elaboração de projetos específicos de sinalização definindo os dispositivos a serem utilizados, dentro dos padrões de forma, cor, e dimensão, e sua localização ao longo da via;
- implantação - a sinalização deve ser implantada levando em conta os padrões de posicionamento estabelecidos para os dispositivos e eventuais ajustes decorrentes de condicionantes específicas de cada local, nem sempre passíveis de serem consideradas no projeto;
- operação - a sinalização deve ser permanentemente avaliada quanto à sua efetividade para a operação da via, promovendo-se os ajustes necessários de inclusão, remoção e modificação de dispositivos;
- manutenção - para manter a credibilidade do usuário, deve ser feita uma manutenção cuidadosa da sinalização, repondo dispositivos danificados e/ou substituindo aqueles que se tornaram inapropriados.
- materiais - o emprego de materiais, tanto na Sinalização Vertical quanto na Horizontal, deve estar de acordo com Normas da A.B.N.T. para chapas, estruturas de sustentação, tintas, películas e dispositivos auxiliares (tachas e elementos refletivos).

Quantitativos

- Placas

Placas	Regulamentação								Advertência		Indicativa	Total
	R-19-40	R-19-60	R-19-80	R-19-100	R-28	R-24a	R-24b	R-2	MP-1	MP-3		
Dim.	D=1,0m	D=1,0m	D=1,0m	D=1,0m	D=1,0m	D=1,0m	D=1,0m	D=1,0m	0,30x0,90	0,30x0,90	3 x 2	
Qtde	18	18	18	18	18	18	27	10	18	12	18	
Área (m2)	18	18	18	18	18	18	27	10	4,86	3,24	108	261,1

- Pintura de solo

			Área(m ²)		
			Intersecções	Rodovia	Total
T.Frio	Res. Acr.	Am	85,60	8.530,25	8.615,85
		Br	416,70	68.242,00	68.658,70
Elastoplast. Pelíc.		Am			
		Br			
termopl.	Hot Spray	Am	34,39		34,39
		Br	80,09		80,09
	Extrud.	Am			
		Br			

- Taxas

bi 21.326 un.
mono 42.651 un.

- Marco Quilométrico e Indicação da rodovia

Marco Quilométrico 334 un.
Indicação da rodovia 34 un.

- Dispositivos de Segurança

Barreiras de proteção de placas e obstáculos fixos junto a pista (4+12) 5,632 km (18 placas + obstáculos a cada km)
Proteção nas curvas da serra 0,51 km (30% da extensão da serra)

O projeto de sinalização segue anexo e tem a seguinte numeração:

- PI397-DE-SI1-001 – Rev.A – Sinalização.
- PI397-DE-SI1-002 – Rev.A – Sinalização.
- PI397-DE-SI1-003 – Rev.A – Sinalização.
- PI397-DE-SI1-004 – Rev.A – Sinalização.
- PI397-DE-SI1-005 – Rev.A – Sinalização.

O s custos estão apresentados no Anexo denominado “Orçamento”.

5.2.9. Projeto de Paisagismo

5.2.9.1. Introdução

Para o Projeto de paisagismo elegeu-se apresentar as diretrizes que devem servir de base para toda a rodovia, assim como as edificações que farão parte da mesma. Em geral, ao redor da via recomenda-se que a adoção de gramíneas típicas do cerrado deve ser prioritária, ao invés da utilização de grama de espécies exógenas e para as edificações apresentamos cuidados paisagísticos e de conforto e economia que devem ser considerados na elaboração dos projetos finais.

Tanto a faixa de domínio quanto as bacias de contenção situadas nas laterais das pistas devem, preferencialmente, ter uma cobertura vegetal.

Para eleger o tipo de cobertura vegetal devem ser realizados testes "in loco" para determinar a espécie nativa que mais se adaptará a rodovia. Segue abaixo alguns artigos científicos sobre vegetação típica do cerrado estão em anexo, onde mencionam algumas espécies adequadas como:

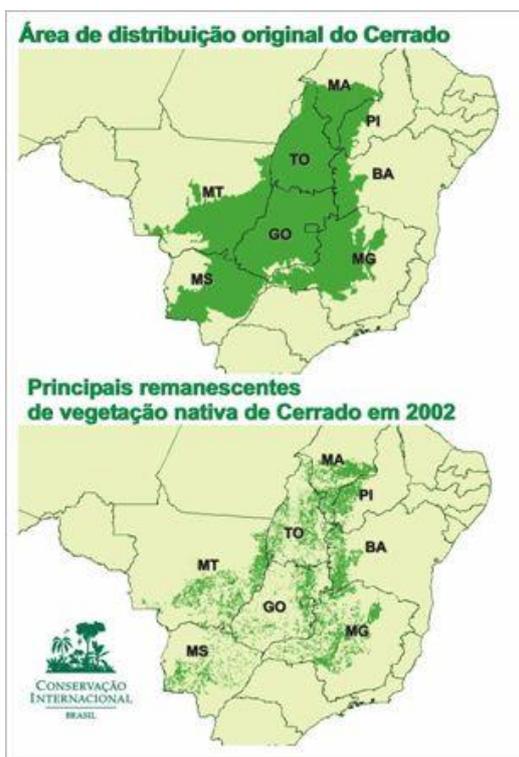
- *Mesosetum chaseae* (conhecida como grama-do-cerrado)
- *Echinolaena inflexa* (Poir.) Chase (flexinha)

Além dessas, mais conhecidas, há também as seguintes 22 gramíneas nativas da região dos cerrados:

- *Andropogon bicornis*,
- *Andropogon selloanus*,
- *Aristida gibbosa*,
- *Aristida recurvata*,
- *Aristida setifolia*,
- *Aristida torta*,
- *Axonopus barbigerus*,
- *Axonopus canescens*,
- *Ctenium cirrhosum*,
- *Diectiomis fastigiata*,
- *Hypogynium virgatum*,
- *Paspalum gardnerianum*,
- *Paspalum pectinatum*,

- *Paspalum pilosum*,
- *Paspalum polyphilum*,
- *Paspalum reduncum*,
- *Paspalum splendens*,
- *Paspalum stellatum*,
- *Paspalum trichostomum*,
- *Schizachyrium microstachyum*,
- *Setaria geniculata*,
- *Thrasya glaziovii*.

5.2.9.2. Ambiente do Cerrado



O *cerrado* constitui uma região de espaço vasto e relativamente heterogêneo, no qual se encontram diversos ecossistemas, manchas de florestas, variados tipos de solos, clima, relevo e altitude. A cobertura vegetal é caracterizada por árvores baixas, tortuosas, de casca grossa, folhas largas, sistema radicular profundo (o volume de biomassa na parte subterrânea tende a superar o da parte aérea da planta), além de gramíneas e outros tipos de vegetação rasteira. A aparência do Cerrado não decorre da falta de água, mas sim dos solos profundos de baixa fertilidade e alta

permeabilidade, aliados à topografia plana e períodos secos e chuvosos bem definidos.

O Cerrado ocupa originariamente cerca de um quarto do território brasileiro e é um dos mais ricos ecossistemas do planeta. Situa-se no Planalto Central Brasileiro, estendendo-se pelos estados de Goiás, Tocantins, Distrito Federal e parte dos estados do Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, Bahia, Maranhão, Piauí, Pará, Rondônia, Amapá e São Paulo.



Figura 20 - Cerrado

5.2.9.3. Diretrizes para a Rodovia

No caso da Rodovia Transcerrado, o percurso passa por uma área planáltica de vegetação pouco densa e tem paisagens que variam de formações arbustivas a árvores de pequeno porte. No trecho mais ao sul, a vegetação se adensa, e encontram-se árvores de médio porte. Essas mudanças na paisagem devem ser aproveitadas no tratamento paisagístico da faixa de domínio da rodovia, por indicarem diferenças no solo e no clima que condicionam o desenvolvimento da vegetação.

A seguir são apresentadas fotos que foram tiradas em diferentes trechos da área de implantação.





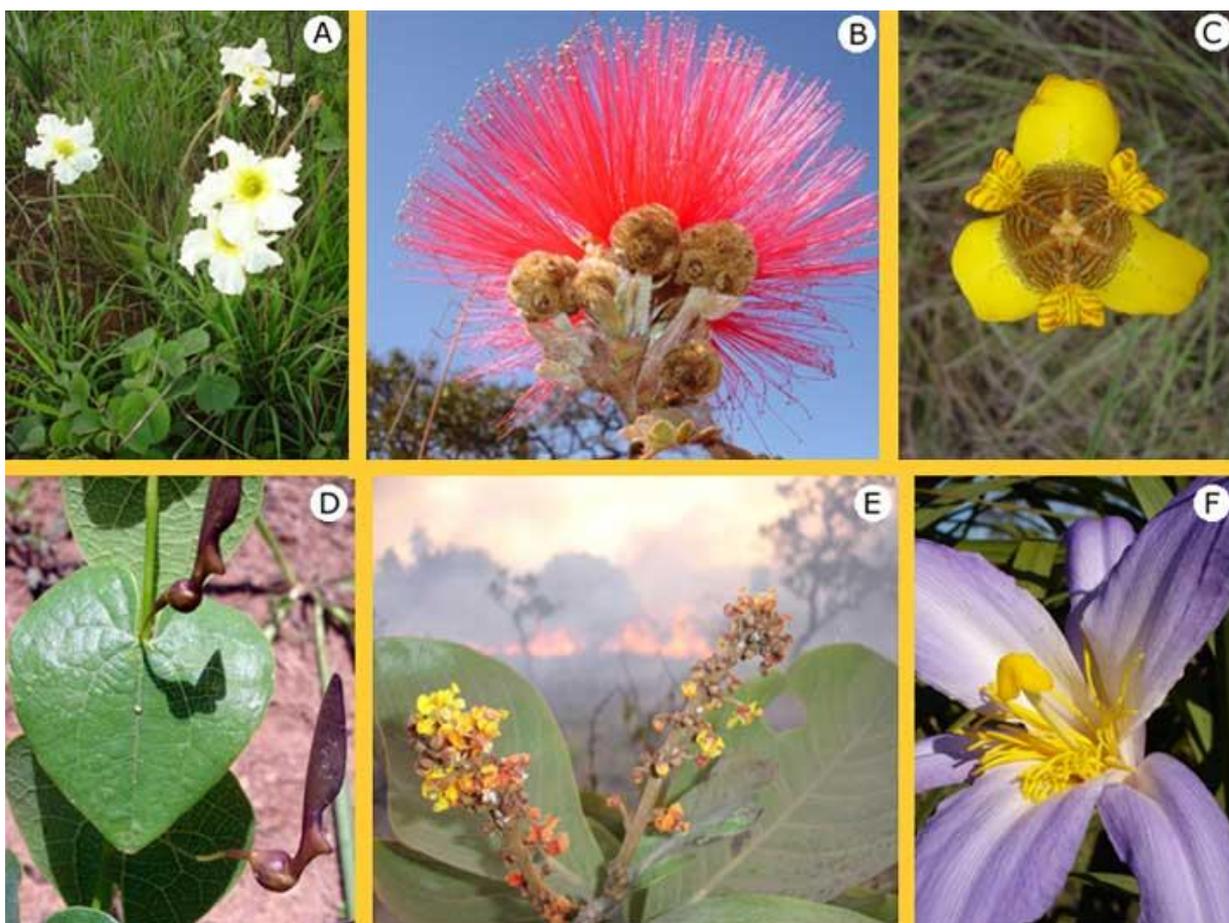
Figura 21 - Trechos da Rodovia

A importância do desenvolvimento do tratamento paisagístico da faixa de domínio da Rodovia (15 metros de cada lado da pista) relaciona-se à possibilidade de evitar erosão decorrente da exposição do solo a chuvas, e da oportunidade de aí implementar parte da compensação ambiental prevista nos processos de aprovação do empreendimento. Ainda no sentido de se ampliar o leque de possibilidades de vantagens na implantação de um projeto deste tipo, poderá o Governo do Piauí ou o Concessionário verificar posteriormente a possibilidade comercial relativa à venda de créditos de carbono, assim como do desenvolvimento de projetos de manejo sustentável com engajamento de comunidades locais. Tais iniciativas podem qualificar a imagem institucional do órgão ou concessionário responsável pelo gerenciamento da rodovia, sendo em alguns casos fator essencial para a obtenção de certificações ou financiamentos específicos.

Alguns procedimentos gerais devem ser adotados no projeto definitivo de paisagismo, comuns a intervenções junto a estradas de rodagem. Todas as mudas, quando da época do plantio, deverão receber cuidados com relação às regas, às podas e com a adubagem do solo até que atinjam o porte adulto,

quando não necessitarão mais de cuidados especiais. Além disso, devem ser respeitadas distâncias mínimas entre as plantas e o acostamento, dispondo-as de forma a não criarem barreiras visuais nas curvas nem representarem perigo de colisão com veículos que percam controle e saiam da pista. Nesse sentido, recomenda-se para o aproveitamento da sombra, o plantio de árvores junto às edificações operacionais da concessionária ou de outras edificações que venham ser implantadas na rodovia.

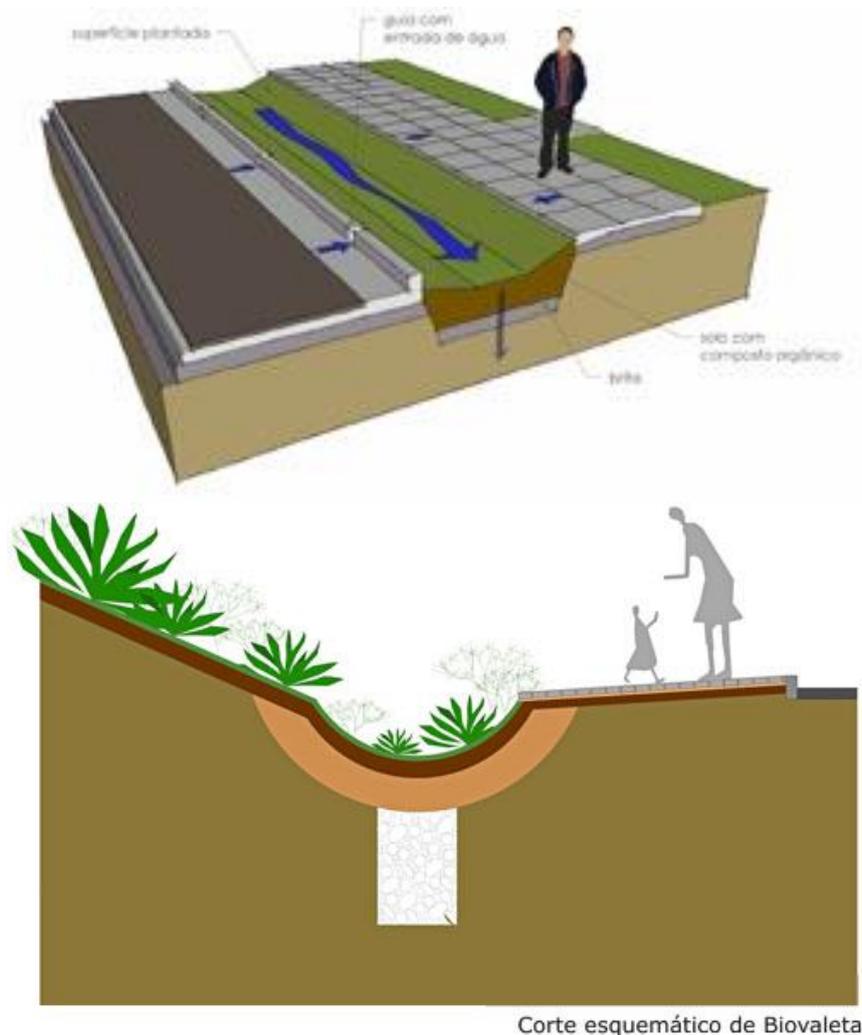
O projeto de plantio na faixa de domínio - respeitados itens de segurança de tráfego e visibilidade - deve valorizar a vegetação típica do cerrado piauiense, com a utilização exclusiva de espécies nativas constituintes desse ecossistema. As espécies mais comuns do Cerrado são Pequizeiro, Barbatimão, Buriti, Jatobá, Ipê, Pau-terra, Murici, Vinhático, Tingüi, Candeia, Copaíba, Lixeira, Sucupira e Canela-de-ema.



A. Velame-branco *Macrosymphonia velame*; B. Caliandra ou Flor-do-cerrado (*Calliandra dysantha*); C. Ruibarbo (*Trimezia juncea*); D. Jarrinha (*Aristolochia clausenii*); E. Murici (*Byrsonima* sp.) F. Canela-de-ema (*Vellozia squamata*).

Figura 22 - Vegetação Típica do Cerrado

Detalhes de porte, tempo de desenvolvimento e interação ecossistêmica deverão ser levados em conta, de modo a promover um conjunto durável e equilibrado. Para tal, estudos sobre as espécies típicas do cerrado indicarão as melhores opções a serem plantadas, assim como as combinações mais adequadas. Nesse sentido, nos locais em que não for possível o plantio de árvores, a adoção de gramíneas típicas do cerrado deve ser prioritária, ao invés da utilização de grama de espécies exógenas. Além disso, a adoção de infraestrutura verde junto à rodovia (biovaletas, por exemplo) é recomendada, de modo a promover drenagem e filtragem d'água de forma natural, com materiais baratos e de fácil manutenção.



Corte esquemático de Biovaleta

Figura 23 - Biovaleta

5.2.9.4. Diretrizes para as edificações e áreas de descanso na rodovia

Os mesmos princípios devem ser adotados junto aos edifícios operacionais da rodovia (centros de controle, bases para serviço de atendimento ao usuário, áreas de descanso, postos de pesagem e praças de pedágio), tanto pela manutenção da identidade visual do paisagismo da Transcerrado, quanto pela possibilidade de criação de microclimas mais amenos no entorno dessas edificações e equipamentos (aumento de umidade e de sombreamento decorrentes da presença vegetal). Quando possível, recomenda-se também a utilização de espelhos d'água sombreados nos projetos de paisagismo junto às edificações, contribuindo para atenuar os efeitos do calor nos locais de trabalho da concessionária. O aproveitamento de flores típicas do cerrado na composição de canteiros e jardins completa as diretrizes paisagísticas, com a qualificação estética dos projetos de plantio.



Figura 24 - Fotos de Buriti (*Mauritia vinifera*) e Vinhático (*Plathymenia reticulata*)

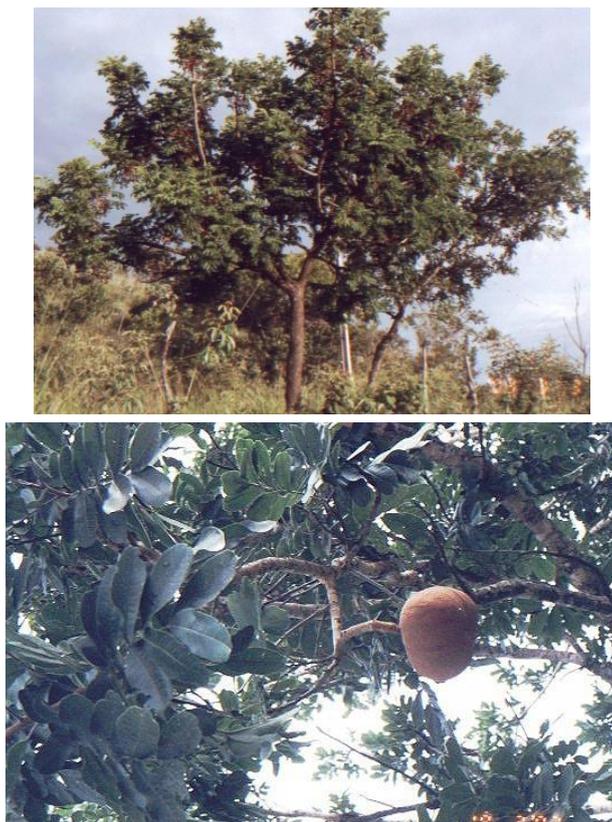


Figura 25 - Barbatimão (*Stryphnodendron adstringens*) e Tingui (*Magonia pubescens*)

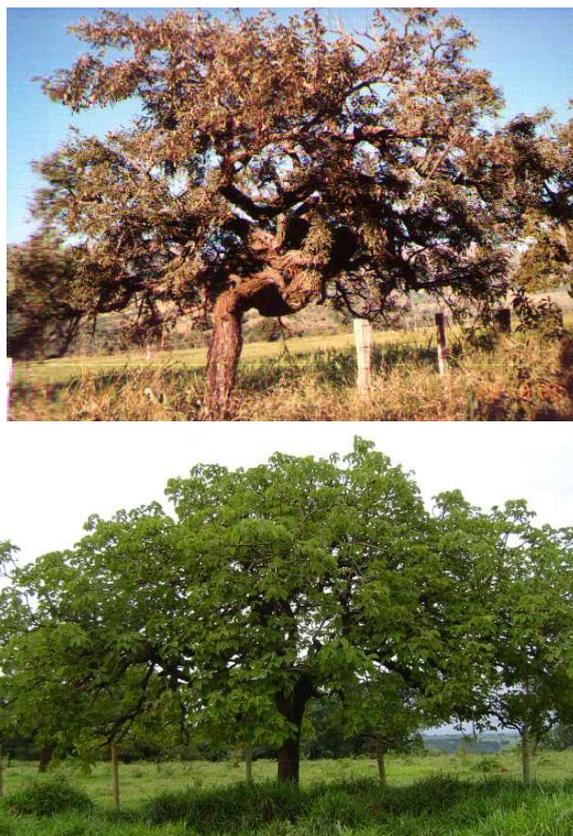


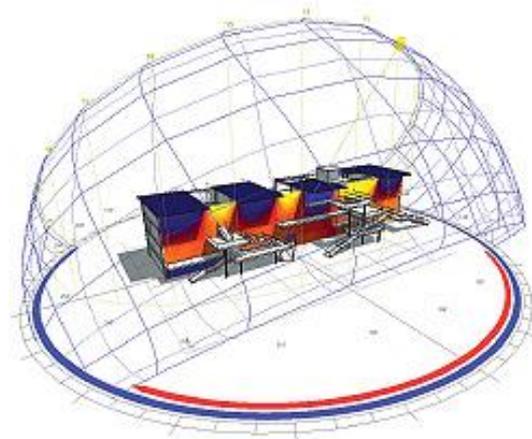
Figura 26 - Caviúna do cerrado (*Dalbergia miscolobium*) e Pequi (*Caryocar brasiliensis*)

As áreas de estacionamento também devem receber tratamento paisagístico, de modo a evitar a impermeabilização de grandes áreas com asfalto. O uso de piso drenante (como os intertravados) ou concreto permeável (especialmente aqueles que contêm agregados provenientes de reciclagem de pneus) para os pátios e caminhos de pedestres, aliado ao plantio de vegetação junto às vagas (para sombreamento e aumento de umidade do ar) são elementos fundamentais para estacionamentos funcionais e de baixo impacto no entorno. Tais preocupações evitam com que tais áreas tornem-se problemáticas quanto à drenagem ou criem ilhas de calor que reduzem a qualidade do ambiente construído junto a elas.



Figura 27 - Exemplo de biovaleta junto a estacionamento e caminho de pedestres

O projeto arquitetônico das edificações também tem papel fundamental na redução da absorção de calor pelos edifícios. A correta orientação solar (da implantação geral e das aberturas), a criação de pátios internos, o uso de *brise-soleil* na fachada e o correto aproveitamento de luz e ventilação naturais configuram construções com maior qualidade de ocupação humana e redução de custos de operação. Conjugados ao paisagismo do entorno, os significativos efeitos na redução de consumo de energia por ar condicionado torna tal preocupação altamente relevante economicamente - em especial a longo prazo.



radiação - verão

Figura 28 - Radiação - Verão

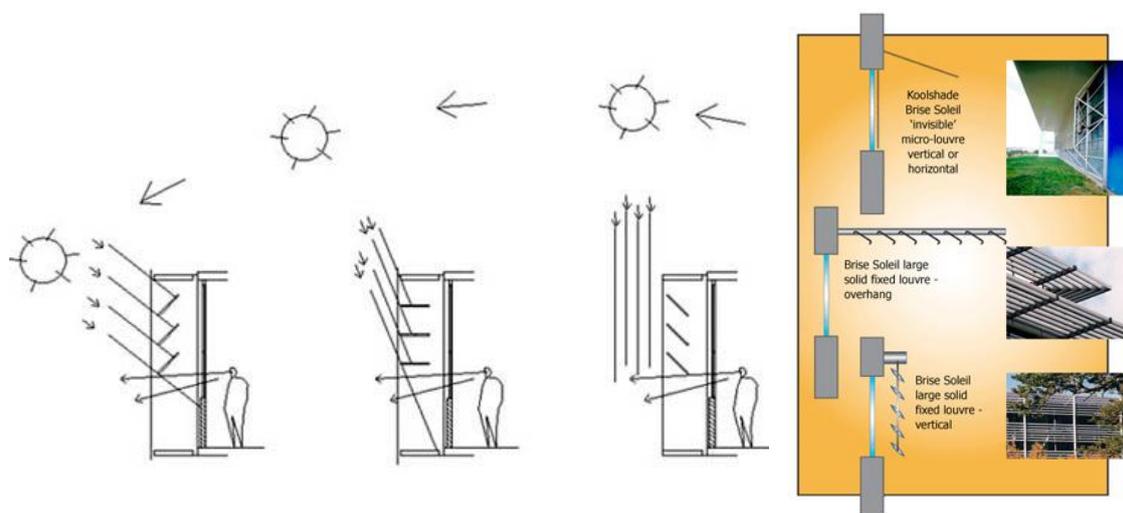


Figura 29 - Brise-Soleil

O uso de brises na fachada (condicionados pelo estudo da trajetória da radiação solar no edifício) diminuem a incidência direta de raios de sol nos elementos construtivos e no interior dos ambientes, reduzindo o ganho de calor da edificação.

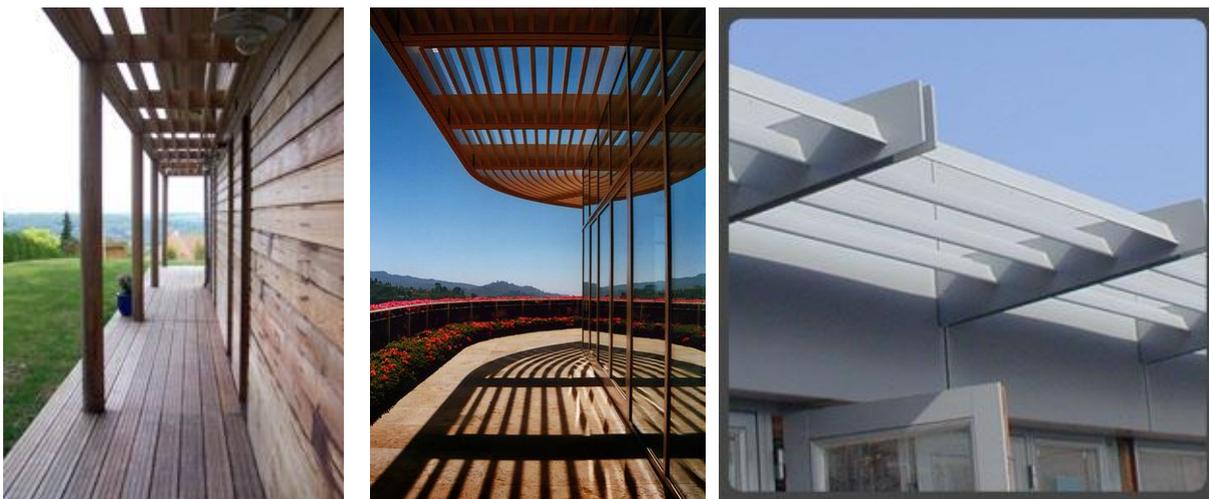


Figura 30 - Brise-Soleil

5.2.9.5. Sistemas de Ventilação Natural

Ventilação por convecção



O ar quente sobe porque é mais leve do que o ar frio. Quando o ar quente sobe até à cobertura de um edifício, um pequeno vácuo é criado ao nível mais baixo, sugando o ar fresco através de janelas abertas ao nível do chão - assim, é criado um fluxo de ar natural. Devido à sua natureza física,

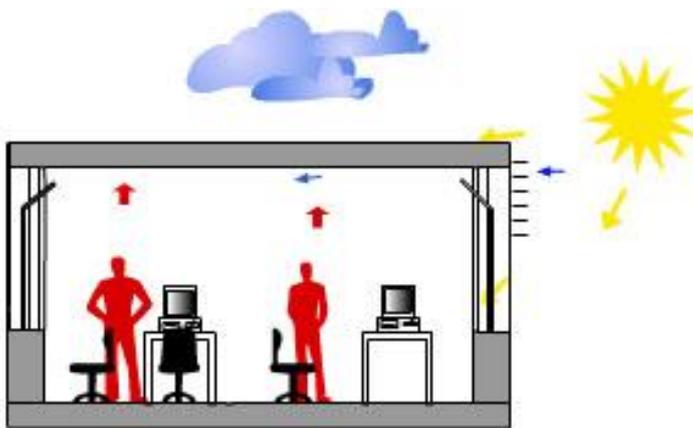
para que este princípio de ventilação funcione é necessário haver uma certa diferença de altura entre as janelas de saída e de entrada de ar.

As janelas da cobertura são utilizadas para deixar sair o ar "viciado", enquanto que as janelas dos níveis inferiores são para permitir a admissão de ar ambiente fresco para o edifício.

Neste sistema, o efeito de convecção é combinado com o movimento do vento no exterior do edifício. O efeito de convecção é o mesmo, mas as janelas por onde é deixado entrar e sair o ar são definidas pela direcção do vento. As janelas de entrada de ar fresco do lado onde sopra o vento abrem menos dos

que as janelas do lado contrário, enquanto que na cobertura, só abrem as janelas que estiverem do lado contrário ao do vento.

Ventilação cruzada (varrimento):



A ventilação cruzada é obtida com janelas em dois lados de uma sala, causando um fluxo de ar através do espaço - varrimento. Uma pressão positiva do lado do vento e/ou uma depressão do lado oposto do edifício

provoca um movimento de ar através da(s) sala(s), no sentido de onde sopra o vento para o lado oposto, desde que as janelas de ambos os lados estejam abertas.

As janelas do lado do vento abrem menos do que as janelas do lado oposto, de forma a obter um fluxo de ar otimizado com a menor corrente de ar possível.