



CENTRO UNIVERSITÁRIO LUTERANO DE PALMAS

COMUNIDADE EVANGÉLICA LUTERANA "SÃO PAULO"
Recredenciado pela Portaria Ministerial nº 3.607 - D.O.U. nº 202 de 20/10/2005

ANTÔNIO RICARDO O. DE MORAIS

**ESTUDOS DE MATERIAIS GRANULARES UTILIZADOS NAS
CAMADAS DA PAVIMENTAÇÃO ASFÁLTICA**

Palmas - TO

2016



CENTRO UNIVERSITÁRIO LUTERANO DE PALMAS

COMUNIDADE EVANGÉLICA LUTERANA "SÃO PAULO"
Recredenciado pela Portaria Ministerial nº 3.607 - D.O.U. nº 202 de 20/10/2005

ANTÔNIO RICARDO O. DE MORAIS

**ESTUDOS DE MATERIAIS GRANULARES UTILIZADOS NAS
CAMADAS DA PAVIMENTAÇÃO ASFÁLTICA**

Projeto de Pesquisa elaborado e apresentado como requisito parcial para aprovação na disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso - TCC I sobre a supervisão do Prof. Especialista Euzir Pinto Chagas.

Palmas - TO

2016

ANTÔNIO RICARDO O. DE MORAIS

**ESTUDOS DE MATERIAIS GRANULARES UTILIZADOS NAS
CAMADAS DA PAVIMENTAÇÃO ASFÁLTICA**

Projeto apresentado como requisito parcial da disciplina Trabalho de Conclusão de Curso TCC I do curso de Engenharia Civil, orientado pelo Professor Especialista Euzir Pinto Chagas.

Aprovado em ____/____/2016

Prof. Especialista Euzir Pinto Chagas
CEULP/ULBRA – Orientador

Prof.^a M.Sc. Jaqueline Henrique
CEULP/ULBRA

Prof.^a M.Sc. Elizabeth Hernandez
CEULP/ULBRA

**Palmas - TO
2016**

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus, aquele que me concedeu o dom da vida, por ele ser um pai tão misericordioso, estando sempre me dando força, fortalecendo minha alma e minha mente em todos os momentos desta caminhada acadêmica, mostrando sempre o melhor caminho a seguir. Obrigado, senhor, por teu infinito amor e por ser o meu guia em todos os momentos.

Aos meus pais, Maria Elzanira Oliveira de Moraes e Alcides Monteiro de Moraes, que foram os escolhidos por Deus para me conceder a vida, sendo simplesmente os melhores pais, revestindo sempre minha vida de amor, carinho, cuidado e dedicação.

A minha esposa Edinólia Oliveira Silva pelo incentivo, carinho, cooperação, conselhos que sempre me deu e também pela amizade e companheirismo, aos meus filhos Sarah, Richard e Lara pelo carinho nas horas difíceis.

A meu fiador e amigo de longas datas João Batista Mariano, que tem parte nesse projeto, se disponibilizando para ajudar com o FIES, que facilitou bastante minha vida.

Ao meu Orientador Prof.^o Euzir Pinto Chagas, que além de tudo é meu amigo e irmão em Jesus, obrigado pelas orientações, apoio em depositar essa confiança em mim.

RESUMO

OLIVEIRA MORAIS, A. R. **Estudo de Materiais Granulares Utilizados nas Camadas de Pavimentação Asfáltica**. 2016. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Centro Universitário Luterano de Palmas CEULP/ULBRA, Palmas – TO.

Na execução de vias urbanas, a utilização dos recursos existentes e a proximidade da jazida são fatores fundamentais para que a obra se torne tecnicamente viável. Entretanto, como nem sempre é possível encontrar materiais com características aceitáveis nas regiões onde serão executadas as obras de pavimentação, surge a necessidade do melhoramento dos materiais disponíveis. Dessa forma a adição de cimento ou brita em determinados solos com a utilização de baixos teores, é uma solução que resolve o problema da baixa resistência. Assim, os experimentos realizados em laboratório consistiram em ensaios de caracterização (Análise granulométrica, Limites de liquidez, Limites de plasticidade, Compactação e CBR) e classificação TRB do solo em seu estado natural. Nos estudos foram coletadas amostras de solo natural de três jazidas localizadas nas proximidades do perímetro urbano de Palmas – TO, e foram adicionados 2%, 3% e 4% de cimento e nos ensaios de solo-brita foram adicionados 50% de brita. Para os solos melhorados com cimento e com brita, foram moldados 5 corpos de provas, para cada 5,0Kg de solo foram adicionados os respectivos percentuais citados anteriormente, tanto para cimento quanto para brita. Após a realização de todos os ensaios, eles serão analisados e será escolhida a jazida que obtiver os melhores resultados, a qual será submetida a uma análise econômica, confrontando-se os dados com a jazida padrão, que não necessita de melhoramento, ou seja, o solo é natural e de boa resistência de suporte, esse fator possibilita o emprego dos materiais nas vias urbanas.

Palavras-chave: jazida, solo melhorado com cimento; solo-brita;.

ABSTRACT

OLIVEIRA MORAIS, A. R. Study of Granular Materials Used in Asphalt Pavement Layers. 2016. Work Completion of course (Diploma in Civil Engineering) - Lutheran University Center Palmas CEULP / ULBRA, Palmas - TO

In the implementation of urban roads, the use of existing resources and the proximity of the deposit are key factors so that the work becomes technically feasible. However, it is not always possible to find materials with acceptable characteristics in the regions where the works of paving will be performed, comes the need to improve the materials available. The addition of cement or gravel soils in particular, with the use of low levels, a solution to solve the problem of low resistance. The experiments conducted in the laboratory consisted of characterization tests (Particle size analysis, liquidity limits, plasticity limits, compaction and CBR) and TRB classification of soil in its natural state. In studies were natural soil samples collected three fields located near the urban area Palmas - TO and added to 2%, 3% and 4% cement, but also in crushed soil testing was added 50% gravel. For improved soil cement and gravel, 5 test samples were molded for each soil 5.0kg were added the respective aforementioned percentages for both cement and for gravel. After conducting all tests, they will be analyzed and will be chosen to deposit to get the best results, which will be subjected to an economic analysis, comparing the data with the standard field that does not need improvement, that is, the soil is natural and good support resistance, this factor enables the use of materials on urban roads.

Keywords: field, improved soil cement; soil-gravel

LISTA DE FIGURAS

Figura 1:	Via Ápia Antiga Roma.....	18
Figura 2:	Croqui do Pavimento Rígido.....	20
Figura 3:	Croqui do Pavimento Flexível.....	21
Figura 4:	Croqui do Pavimento Semi-Rígido.....	21
Figura 5:	Representação da Distribuição das Tensões Provenientes do Tráfego.....	22
Figura 6:	Curva Granulométrica.....	26
Figura 7:	Obtenção do Diâmetro Efetivo.....	27
Figura 8:	Sequência de Ensaio de Granulometria.....	28
Figura 9:	Colher de Casagrande.....	30
Figura 10:	Canelura na Massa de Solo.....	31
Figura 11:	Ensaio de Limite de Plasticidade.....	33
Figura 12a:	Equipamento de Ensaio do Proctor Normal.....	35
Figura 12b:	Solo Sendo Misturado.....	35
Figura 13:	Curva de Compactação.....	36
Figura 14:	Preparo do Corpo de Prova.....	39
Figura 15:	Corpos de Prova Submerso.....	40
Figura 16:	Execução do Ensaio CBR.....	40
Figura 17:	Esquema de Sondagem para Prospecção de Materiais.....	48
Figura 18:	Localização das Jazidas de Cascalho.....	51
Figura 19:	Coleta das Amostras de solos.....	52
Figura 20:	Fluxograma da Sequência dos Procedimentos.....	54
Figura 21a:	Destorroamento do Solo.....	56
Figura 21b:	Solo Pesado e Armazenado em Embalagens.....	56
Figura 22:	Ensaio Casagrande.....	58
Figura 23:	Limite de Liquidez e Limite de Plasticidade.....	59
Figura 24:	Ensaio de Limite de Plasticidade.....	60
Figura 25:	Compactando os Solos.....	61
Figura 26:	Imersão dos Corpos de Prova no Tanque.....	62
Figura 27a:	Retirada dos Corpos de Prova da Imersão.....	62

Figura 27b: Corpos de Prova Secando.....	63
Figura 27c: Corpos de Prova na Prensa.....	63
Figura 28: Resumo do Custo Unitário de Transporte.....	72
Figura 29: Preço do Metro Cúbico da Brita.....	74

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Evolução da Rede Rodoviária Federal e estadual.....	19
Tabela 2: Componentes Utilizados na Química do Cimento.....	43
Tabela 3: Tipos de Cimento.....	43
Tabela 4: Classificação dos Solos.....	45
Tabela 5: Teor do Cimento para Ensaio de Compactação.....	46
Tabela 6: Normas Referentes aos Ensaios.....	55
Tabela 7: Etapas e Números de golpes Correspondentes.....	58
Tabela 8: Análise Granulométrica Jazida 1, 2 e 3.....	64
Tabela 9: Resumo dos Limites de Atteberg.....	67
Tabela 10: Resultado do CBR e Expansão na Umidade Ótima.....	69
Tabela 11: Porcentagem de Cimento para 5,0Kg de solo.....	72
Tabela 12: Proporção da Adição de Cimento.....	73
Tabela 13: Análise de Custo do Solo Melhorado com Adição de 3% de Cimento na J01.....	73
Tabela 14: Peso de Brita para 5Kg de Solo.....	74
Tabela 15: Proporção de Brita em Relação ao Peso Específico do Solo.....	75
Tabela 16: Análise do Custo do Solo Melhorado com Adição de 50% de Brita na Jazida J01.....	75
Tabela 17: Estudo Econômico da Jazida Padrão.....	76

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Gráfico da Curva Granulométrica – Jazida 01.....	68
Gráfico 2: Gráfico da Curva Granulométrica – Jazida 02.....	68
Gráfico 3: Gráfico da Curva Granulométrica – Jazida 03.....	69
Gráfico 4: Umidade Ótima de Compactação nas Jazidas J01, J02 e J03 X Teor de Cimento	72
Gráfico 7: Análise comparativa do CBR com adição de cimento x Solo-brita.....	75
Gráfico 8: Análise Econômica do Custo Final.....	81

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABCP	Associação Brasileira de Cimento Portland
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ASTM	<i>American Society for Testing and Materials</i>
CBR	<i>Califórnia Bearing Ratio</i>
CNT	Confederação Nacional de Transporte
CPs	Corpos-de-prova
CSH	<i>Silicato de Cálcio Hidratado</i>
DNER	Departamento Nacional de Estradas de Rodagem
DNIT	Departamento Nacional de Infra-estrutura de Transportes
IG	Índice de Grupo
IP	Índice de Plasticidade
IPAT	Instituto de Pesquisas Ambientais e Tecnológicas
ISC	Índice Suporte Califórnia
LL	Limite de Liquidez
LMS	Laboratório de Mecânica dos Solos
LP	Limite de Plasticidade
NBR	Norma Brasileira Regulamentadora
PCA	<i>Portland Cement Association</i>
RCS	Resistência a Compressão Simples
TRB	<i>Transportation Research Board</i>

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
1.2	OBJETIVOS.....	16
1.2.1	Objetivos Gerais.....	16
1.2.2	Objetivos Específicos.....	16
2	REFERENCIAL TEÓRICO.....	17
2.1	Pavimento	17
2.2	Evolução histórica da pavimentação.....	17
2.2.1	Situação atual da pavimentação no Brasil	19
2.3.	Classificação dos pavimentos.....	20
2.3.1	Pavimentos rígidos.....	20
2.3.2	Pavimentos flexíveis	20
2.3.3	Pavimentos semi-rígido.....	21
2.4	Camadas constituintes.....	22
2.4.1	Subleito	22
2.4.2	Regularização do subleito	23
2.4.3	Sub-base.....	23
2.5	Definição de solo.....	24
2.5.1	Estrutura dos solos	24
2.5.2	Índices físicos.....	25
2.6	Ensaio para caracterização do solo	25
2.6.1	Análise granulométrica.....	26
2.6.2.	Limites de Atterberg	29
2.6.3	Compactação dos solos	34
2.6.4	Índice de suporte Califórnia – CBR	39
2.7	Estabilização de solos.....	41
2.7.1	Tipos de estabilização.....	41
2.8	Conceitos de dosagem de solo cimento	44

2.8.1	Classificação dos solos.....	44
2.8.2	Métodos de dosagem.....	45
2.10	Solo – brita.....	46
2.10.1	Execução do ensaio.....	47
2.11	Exploração de jazidas.....	47
2.11.1	Procedimento de coleta de material na jazida.....	47
2.11.2	Exigências para materiais de reforço do subleito, sub-base e base.	48
3	METODOLOGIA.....	50
3.1	Apresentação do objeto de estudo.....	50
3.2	Mapeamento das jazidas de materiais granulares.....	50
3.3	Materiais utilizados.....	51
3.3.1	Solo.....	51
3.3.2	Cimento.....	52
3.3.3	Brita.....	52
3.3.4	Água.....	53
3.3.5	Materiais necessários para coleta das amostras.....	53
3.4	Métodos.....	53
3.4.1	Metodologia de laboratório.....	53
3.4.2	Ensaio de caracterização.....	55
3.5	Preparação das amostras.....	55
3.5.1	Solo natural.....	56
3.5.2	Análise granulométrica (NBR 7181/84).....	57
3.5.3	Limite de liquidez (LL).....	57
3.5.4	Limite de plasticidade (LP).....	59
3.5.5	Ensaio mecânicos.....	60
4	APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS.....	64
4.1	Propriedades físicas.....	64
4.1.1	Composição granulométrica do solo natural, solo melhorado com cimento e solo-brita.....	64

4.2	Caracterização do solo	65
4.2.1	Ensaio de granulometria do solo natural nas jazidas J01, J02 e J03.	65
4.2.2	Limites de Atterberg	67
4.3	Ensaio mecânicos	68
4.3.1	Ensaio de compactação	68
4.3.2	Umidade ótima de compactação nas jazidas J01, J02 e J03.	69
4.4.	Índice de Suporte Califórnia (CBR) e expansão.....	69
4.4.1.	Análise dos ensaios de suporte Califórnia (CBR) e expansão do solo natural.....	70
4.4.2	Análise dos ensaios do solo melhorado com adição de cimento nas jazidas J01, J02 e J03.	70
4.4.3	Análise de custos da jazida J01 com adição de 3% de cimento.	71
4.4.4	Análise de custos da jazida J01 com adição de brita.	73
4.4.5	Análise de custos da jazida padrão.....	75
4.4.6	Comparativo econômico entre as três possibilidades de uso do solo	76
5	CONCLUSÃO.....	78
6	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	80
7	ANEXOS	83

1 INTRODUÇÃO

Segundo a Confederação Nacional de Transporte (CNT), a malha rodoviária brasileira tem aproximadamente 212.000km de rodovias pavimentadas e praticamente todas de pavimento flexível, o que significa que o solo é um dos principais componentes, pois representa bem mais de 50% do pavimento, e é usado como estrutura para suportar os carregamentos provenientes do tráfego.

Aí está a importância de se ter um material de boa qualidade, tanto no quesito segurança, quanto conforto, pois muitas vezes a região que está sendo construída o pavimento, não possui material de boa qualidade, e o custo do transporte é um dos fatores que mais encarecem a obra de pavimentação. Portanto, o intuito desse trabalho, é apresentar formas de melhoramento do solo utilizando porcentagens de cimento e brita, a fim de solucionar o problema da qualidade do solo, e evitar custos desnecessário de transporte de materiais e fazer uma comparação entre a qualidade dos solos melhorados com cimento e brita e dos solos de boa qualidade, porém, analisando o fator custo, tanto do cimento e da brita como do transporte de solos de boa qualidade de jazidas distantes.

Trazendo mais conforto e segurança aos usuários da via e diminuindo custos de produção da empresa responsável pela construção.

É pensando nisso que este trabalho busca viabilizar um projeto econômico significativo, e vem apresentar um estudo dos materiais de baixo suporte encontrados nas proximidades da capital, com o objetivo de melhorar sua qualidade de modo a ser usado nas camadas de base e/ou sub-base, diminuindo com isso, a supressão vegetal bem como o auto custo com transporte.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivos Gerais

Estudar os materiais granulares de jazidas próximas ao perímetro urbano de Palmas para uso na pavimentação flexível de vias urbanas.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Prospectar jazidas de materiais granulares no entorno de Palmas.
- Estudar as amostras de solos através dos seguintes ensaios:
 - ✓ Granulometria por peneiramento;
 - ✓ Limite de Atterberg
 - Limite de Liquidez
 - Plasticidade
 - ✓ Compactação;
 - ✓ CBR – Índice Suporte Califórnia (ISC).
- Elaborar dosagem dos materiais coletados no estudo do solo natural, solo-brita e solo melhorado com cimento.
- Analisar os resultados quanto a redução de custos na aplicação dos mesmos.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Pavimento

Segundo Senço (2008), pavimento é a estrutura formada sobre a terraplenagem, e deve ser determinada técnica e economicamente para suportar os esforços verticais proveniente do tráfego e distribuí-los; além de melhorar as condições de rolamento, no que se refere a segurança e conforto do usuário; e resistir também ao desgaste (esforços horizontais), tornando a superfície de rolamento mais duradoura.

Já Bernucci *et al.* (2007) considera que pavimento é uma estrutura formada por camadas de espessuras definidas, construída após o término do terraplenagem. Ele é projetado baseado em especificações técnicas, de forma economicamente viável, com a finalidade de proporcionar aos seus usuários maior segurança e conforto, gerar economia nos transportes e resistir aos esforços produzidos pelo tráfego de veículos e o clima.

Para Sousa (1980) é a superestrutura – como rodovias, ruas e aeroportos – formada por um sistema de camadas de espessuras finitas, sobrepostas em um espaço considerado como infinito, a infraestrutura ou terreno de fundação. Essa infraestrutura é denominada subleito.

2.2 Evolução histórica da pavimentação

Segundo Bernucci (2008) explorar a história da pavimentação nos faz retornar à própria história da humanidade, passando pelas grandes conquistas territoriais, pelo povoamento dos continentes. A história também é constituída de camada como os pavimentos e, frequentemente, as estradas formam um caminho para examinar o passado, daí serem uma das primeiras buscas dos arqueólogos nas explorações de civilizações antigas.

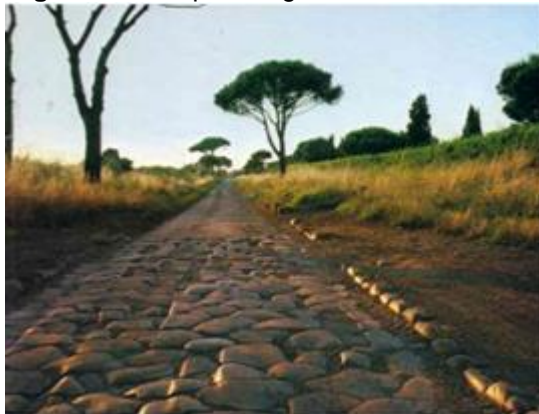
Chevallier (1976) aponta que as construções na Roma antiga não eram padronizadas para as estradas, embora características comuns sejam encontradas. As informações hoje disponíveis advêm fundamentalmente das vias remanescentes. De documentos antigos do século I, sabe-se que as vias eram classificadas de acordo com a sua importância, sendo as mais importantes as vias públicas do Estado (viae

publicae), seguidas das vias construídas pelo exército (viae militare), que eventualmente se tornavam públicas; das vias locais ou actus, e finalmente das vias privadas ou privatae (Adam, 1994). Semelhantemente aos dias de hoje, as vias eram compostas por uma fundação e uma camada de superfície, que variavam de acordo com os materiais disponíveis e a qualidade do terreno natural.

Segundo Hagen(1955) apesar de ser reconhecida a existência de sistemas de estradas em diversas partes do mundo, construída seja para fins religiosos ou comerciais, foi atribuído à arte do planejamento e da construção viária aos romanos. Pois estes visavam objetivos militares, que teve início com Otaviano Augusto no ano 27 a.C que movia suas tropas dos pontos estratégicos para maiores distâncias. Os romanos desenvolveram um sistema com alto nível técnico, no qual esse sistema viário já existia antes mesmo da instalação do império. Pode-se afirmar que os romanos já tinham uma boa malha viária há mais de 2.000 anos.

Das vias romanas, a mais conhecida de todas, criada em 312 a.C. é a Via Ápia (Figura 1), tinha o objetivo de ligar Roma a Cápuia, uma distância de 195 km, para que o exército romano chegasse mais rápido no período de não-inverno.

Figura 1: Via Ápia Antiga, Roma - Itália



Fonte: www.panoramio.com/photo/5133257. Dia 16/04/2016

Para Senço (2008) após a multiplicação de grande número de métodos de dimensionamento de pavimentos, a maioria deles de forma empírica e intuitiva, e outros buscando somar pontos positivos de alguns métodos, criando um novo e patenteando como autoria própria.

Para Senço (2008) o responsável por um dos primeiros métodos de dimensionamento de pavimentos, o engenheiro O.J. Porter, era diretor da Divisão de Materiais do *California Highway Department*, nos anos 30. Seu dimensionamento

é aplicado até hoje em dia, no qual seu fundamento consistia na realização de um ensaio de resistência a penetração, o CBR - *California Bearing Ratio*, associado a curvas estabelecidas em função da intensidade do tráfego

Segundo Senço (2008), no Brasil usa-se no desenvolvimento de projetos, o método do DNER proposto pelo engenheiro Murilo Lopes de Sousa, método empírico baseado no ensaio de CBR, no qual usa-se amostras de solo para dimensionar as camadas do pavimento.

2.2.1 Situação atual da pavimentação no Brasil

Segundo os levantamentos da Confederação Nacional do Transporte – CNT, (2015), a grande maioria dos pavimentos do Brasil é considerado de baixo conforto ao rolamento, incluindo muitos trechos concessionados da malha federal. Estima-se que são gastos de 1 a 2 bilhões de reais, por ano, para manutenção das rodovias federais. Acredita-se que seriam necessários R\$ 10 bilhões para recuperação de toda a malha viária federal. Nas últimas décadas, o investimento em infra-estrutura rodoviária se encontra bem aquém das necessidades do país, havendo uma crescente insatisfação do setor produtivo com esse nível de investimento.

Segundo dados do Geipot, 2001, aproximadamente 60% do transporte de cargas realizado no Brasil é rodoviário. O modal ferroviário responde por 21%, o aquaviário por 14%, o dutoviário por 5% e o aéreo por menos de 1%.

Tabela 1: Evolução da Rede Rodoviária Federal e Estadual (km)

Ano	FEDERAL			ESTADUAL		
	Pavimentada	Não-pavimentada	Total	Pavimentada	Não-pavimentada	Total
1970	24.146	27.394	51.540	24.431	105.040	129.471
1975	40.190	28.774	68.964	20.641	86.320	106.961
1980	39.685	19.480	59.165	41.612	105.756	147.368
1985	46.455	14.410	60.865	63.084	100.903	163.987
1990	50.310	13.417	63.727	78.284	110.769	189.053
1993	51.612	13.783	65.395	81.765	110.773	192.538
2003	57.143	14.049	71.192	84.352	111.410	195.762
2005	58.149	14.651	72.800	98.377	109.963	208.340
2007	61.304	13.636	74.940	106.548	113.451	219.999

Fonte: Ministério dos Transportes – <http://transportes.gov.br/bit/inrodo>

2.3. Classificação dos pavimentos

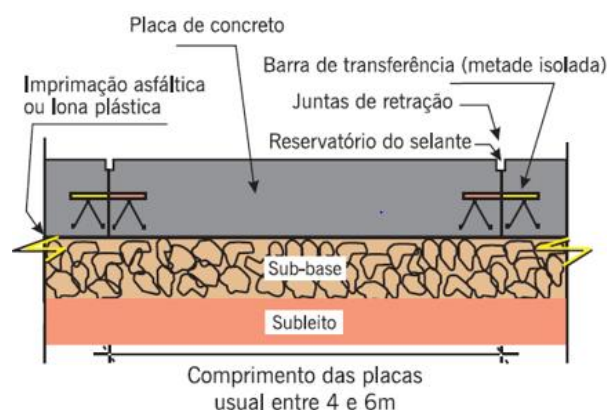
A divisão dos pavimentos é classificada dois grupos: Rígidos e Flexíveis. Alguns autores classificam os pavimentos em três grupos diferentes, adicionando o grupo de pavimento semi-rígidos aos demais.

2.3.1 Pavimentos rígidos

Conforme Senço (2008) Pavimentos rígidos são aqueles que se deformam pouco, e são constituídos especialmente de concreto de cimento. Quando sujeitos a deformação, rompem por tração na flexão.

Segundo Souza (1980), o pavimento rígido é constituído por uma placa de concreto de cimento, camada que desempenha o papel de base e revestimento. No pavimento rígido o dimensionamento é comandado pela resistência do próprio pavimento, (Figura 2).

Figura 2: Croqui do Pavimento Rígido- camadas constituintes



Fonte: <http://quemmandouofazendoengenharia.files.wordpress.com>

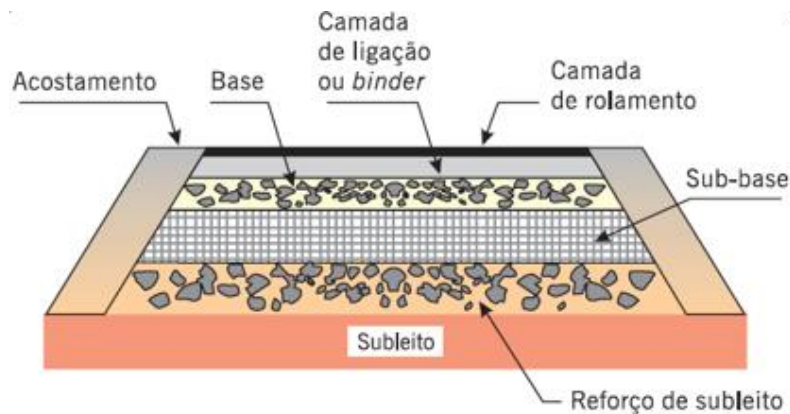
Em grande parte dos casos, o pavimento rígido é composto pelas camadas de subleito, sub-base e uma placa de concreto – esta desempenha a função de base e revestimento.

2.3.2 Pavimentos flexíveis

DNIT (IPR 719) afirma que pavimento flexível é aquele no qual todas as camadas sofrem deformação elástica sob o carregamento aplicado, dessa forma a carga é distribuída em parcelas equivalentes entre as camadas.

Segundo Senço (2008) Pavimento Flexível são aqueles que as deformações, num certo limite, não levam ao rompimento. Esse tipo de pavimento é dimensionado a compressão e a tração na flexão (Figura 3).

Figura 3: Croqui do Pavimento Flexível



Fonte: <http://quemmandooufazendoengenharia.files.wordpress.com>

Para pavimentos flexíveis, a estrutura é formada por quatro camadas principais: subleito, regularização do subleito, reforço do subleito (pode ou não existir), sub-base, base e revestimento asfáltico.

2.3.3 Pavimentos semi-rígido

Para o DNIT (IPR 719) – (2006), esse pavimento é caracterizado por uma base cimentada por algum aglomerante com propriedades cimentícias (estabilização química). É o caso de uma camada de solo-cimento revestida por asfalto, conforme a figura 4.

Figura 4: Croqui do Pavimento Semi - Rígido



Figura 4: www.ecivilnet.com/

2.4 Camadas constituintes

Segundo Medina e Motta (2005) a camada destinada a resistir às ações do tráfego e transmiti-las de forma distribuída para as camadas inferiores é chamada de revestimento. As camadas de subleito, reforço do subleito, sub-base e base tem grande importância estrutural. Elas são responsáveis por restringir as tensões e deformações na estrutura do pavimento (Figura 5). Isto acontece graças a combinação de materiais e espessura das camadas, esse fenômeno é estudado pela mecânica dos pavimentos, conforme a figura 5.

Figura 5: Representação da distribuição das tensões provenientes do tráfego

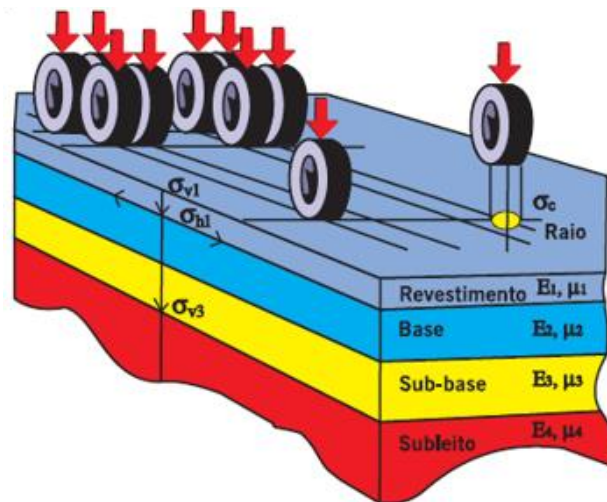


Figura 4: Próprio autor Medina

2.4.1 Subleito

A NBR 11170 (TB 372) -1990 o subleito é definido como um composto de terra firmemente unido, teoricamente infinito que serve como fundação para um pavimento.

Segundo Senço (2008) A camada mais próxima da superfície é considerada subleito, que é o terreno de fundação do pavimento.

Conforme Souza (1980), o subleito é considerado e estudado até as profundidades em que atuam as cargas impostas pelo tráfego. Do ponto de vista prático, as profundidades das camadas devem estar num intervalo de 0,60 a 1,50 m.

2.4.2 Regularização do subleito

Segundo o DNIT 137/2010 - ES, é a operação destinada a conformar o leito estradal, transversal e longitudinalmente, obedecendo às larguras e cotas constantes das notas de serviço de regularização de terraplenagem do projeto, compreendendo cortes ou aterros até 20 cm de espessura

Conforme Senço (2008), o preparo do subleito deve dar à superfície as características geométricas do pavimento acabado.

2.4.2.1 Reforço do subleito

Segundo Senço (2008) é uma camada de espessura constante, construída acima da regularização do subleito. Este reforço tem função de complemento da sub-base, tem características tecnológicas superiores à da regularização e inferior a da sub-base.

Já para Senço (2008) é uma camada que existe em pavimentos muito espessos, é executada com um único objetivo, de minimizar a espessura da própria camada de sub-base. Essa camada pode ou não existir, isto depende muito das características dos materiais utilizados, volume de veículos dimensionado em projetos e etc.

2.4.3 Sub-base

Pinto (2002) definem a sub-base como sendo aquela camada situada acima do reforço ou regularização do subleito e abaixo da base do pavimento. É bastante usada em rodovias importante, no qual suportam tráfegos pesados, se o solo de subleito é de boa qualidade, a sub-base torna-se desnecessário. Com exceção da função estrutural ao pavimento, a sub-base tem outras características, tais como:

- ✓ Se o material tiver qualidades granulométricas drenantes, podem prevenir o acúmulo de água livre no pavimento;

- ✓ Prevenir a intrusão do solo do subleito na base, ocasionando a destruição do pavimento.

Segundo Senço (2008) Sub-base é a camada complementar à base, indicada quando, em condições técnicas e econômicas, não for prudente construir a base diretamente sobre a regularização ou reforço do subleito. A regra geral indica que o

material da sub-base deve ter características tecnológicas superiores às do material de reforço.

2.5 Definição de solo

Segundo Das (2007) a definição de solo seria um agregado não-cimentado de grãos minerais e matéria orgânica decomposta (partículas sólidas), com líquido e gás nos espaços vazios entre as partículas sólidas. De acordo com as áreas profissionais, a palavra solo pode adquirir várias definições. No geral quer dizer superfície do chão. A palavra solo em mecânica do solo tem o significado voltado para a Engenharia.

Para Vargas (1977), “sob ponto de vista puramente técnico, aplica-se o termo solo a materiais da crosta terrestre que servem de suporte, são arrimados, escavados ou perfurados e utilizados nas obras de Engenharia Civil”.

2.5.1 Estrutura dos solos

Segundo Vargas (1977) solo é definida como o arranjo ou configuração das partículas do solo entre si. A forma, o tamanho e composição mineralógica das partículas são fatores que afetam a estrutura do solo. Em geral os solos classificam-se em dois grandes grupos:

- ✓ Coesivos
- ✓ Não-coesivos

2.5.1.1 Solos coesivos

Para Vargas (1977) os grãos desse solo são geralmente imperceptíveis a olho nu, pois são muito finos. Para entender as estruturas básicas em solos coesivos, é necessário primeiramente conhecer os tipos de forças que agem entre as partículas de argila suspensas em água. As partículas podem sedimentar muito vagorosamente ou permanecer em suspensão.

2.5.1.2 Solos não-coesivos

As estruturas geralmente encontradas em solos não-coesivos podem ser divididas em duas categorias principais: com grãos isolados e alveolares. Segundo Das (2007, p.63), a densidade do agrupamento é influenciada pela forma e distribuição do tamanho das partículas do solo e suas posições relativas, assim um

grande intervalo de índices de vazios é possível. Assim, solos com estrutura alveolar apresentam elevado índice de vazios e conseqüentemente, grande probabilidade de recalque quando submetidos a cargas elevadas.

2.5.2 Índices físicos

Segundo Caputo (1988) no estudo das propriedades dos solos os índices e as relações, desempenham um importante papel, sendo que dependem dos seus constituintes e das relativas proporções, são eles:

“**Umidade:** a umidade de um solo pode ser definida como sendo a razão entre o peso da água contida em um determinado volume de solo úmido e o peso seco. **Peso específico aparente:** é a razão entre o peso total da amostra e seu volume. **Peso específico aparente seco:** corresponde à relação entre o peso total da amostra seca e seu volume total. **Índice de vazios:** é a razão entre o volume de vazios e o volume ocupado pela parte sólida do solo. Pode ser determinado em função do peso específico das partículas do solo e o peso específico aparente seco. **Grau de compactidade:** o estado natural de um solo não coesivo (areia, pedregulho) define-se pelo grau de compactidade ou densidade relativa. **Porosidade:** é a razão entre o volume de vazios e o volume total de uma amostra de solo, sempre expressa em porcentagem.

Grau de saturação: é a porcentagem volumétrica de água existente nos vazios de um solo. É a relação entre o volume de água e volume de vazios.

Peso específico aparente saturado: é o peso específico do solo que pode ficar saturado, sem que ocorra variação no seu volume. **Peso específico aparente submerso:** é o peso específico efetivo do solo quando submerso, e corresponde ao peso específico natural menos o peso específico da água”.

2.6 Ensaio para caracterização do solo

Em 1908 o Engenheiro Atterberg estabeleceu os limites de consistência para confirmar as mudanças entre os estados de consistência. Logo em seguida Casagrande adaptou para a mecânica dos solos o procedimento proposto por Atterberg, para descrever a consistência de solos com grãos finos e teor de umidade variável (Das, 2007). Portanto, dependendo do teor de umidade o comportamento do solo pode ser dividido em quatro estados básicos: sólido, semi-sólido, plástico e líquido.

2.6.1 Análise granulométrica

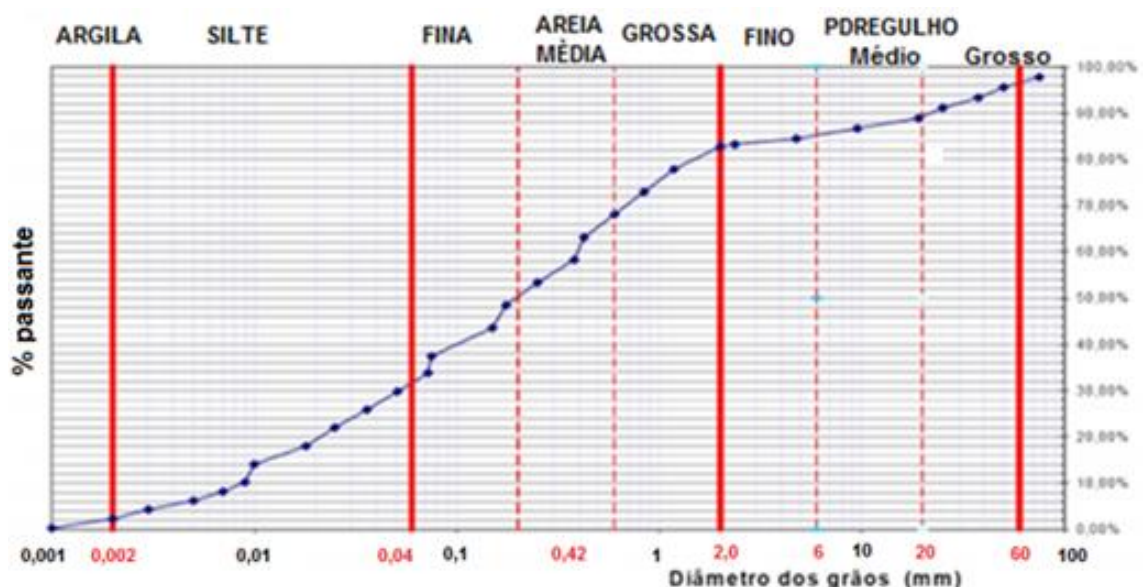
Segundo Caputo (1988) é a determinação das dimensões das partículas do solo e as proporções relativas em que elas se encontram.

“As dimensões das partículas do solo são muito variáveis, sendo designadas pelas frações: pedregulho, areia, silte e argila, conforme o tamanho predominante de seus grãos” (Das, 2007).

No Brasil estes ensaios são padronizados pela NBR 7181 (1984). A curva de distribuição granulométrica na Figura 6, podem ser utilizadas para determinar alguns parâmetros do solo, como:

- ✓ Diâmetro efetivo;
- ✓ Coeficiente de uniformidade;
- ✓ Coeficiente de curvatura;
- ✓ Coeficiente de segregação.

Figura 6: Curva granulométrica



Fonte: www.google.com.br/search?q=curva+granulometrica

Na curva de distribuição representada na Figura 6, que sobre o eixo das abscissas são marcados os logarítmicos das dimensões das partículas e sobre o eixo das ordenadas as porcentagens em massa, dos grãos de diâmetros inferiores aos da abscissa correspondente.

A classificação granulométrica de um solo, deve ser feita pelo comportamento do solo e não pela predominância de grãos de um determinado tamanho.

Para auxiliar a identificação das características de uniformidade e graduação dos solos, são definidos os seguintes índices obtidos diretamente do gráfico, figura 7.



Pinto (2006) classifica os solos de acordo com os seguintes diâmetros:

- Diâmetro Efetivo (D_{10} ou D_{60}): É o diâmetro correspondente a 10% em peso total de todas as partículas menores que ele. O valor de D_{10} fornece uma das informações necessárias para o cálculo da permeabilidade, utilizado no dimensionamento de filtros e drenos.
- D_{30} e D_{60} : diâmetros correspondentes a 30% e 60% em peso total das partículas menores que eles.
- Grau de Uniformidade (U): O grau de uniformidade indica a falta de uniformidade, sendo tanto menor quanto mais uniforme for o solo (Carvalho, 2005).

$$U = D_{60} / D_{10} \quad (01)$$

Quanto menor o grau de uniformidade, maior é a inclinação da curva granulométrica, e o solo é mais bem graduado, segundo a seguinte classificação:

- $U < 5$: muito uniforme**
- $5 < U < 15$: uniformidade média**
- $U > 15$: desuniforme.**

2.6.1.1 Ensaio de peneiramento

De acordo com Caputo (1988) o ensaio de peneiramento consiste em agitar uma amostra de solo seca por um conjunto de peneiras com aberturas normalmente empregada neste ensaio é a de 0,075 mm (nº 200). Após os solos padronizados pela NBR 10703 (1997), que são progressivamente menores. A menor peneira ser agitado, a massa retida em cada peneira é determinada.

De acordo com a NBR-7181-1984/ABNT os equipamentos e materiais necessários para a execução dos ensaios (Figura 8) de peneiramento são descritos abaixo:

- ✓ Balança
- ✓ Almofariz e mão de grau
- ✓ Cápsulas para determinação de umidade
- ✓ Estufa
- ✓ Jogo de peneiras (50|38|25|19|9,5|4,8|2,38|2|1,2|0,6|0,42|0,29|0,15|0,075mm)
- ✓ Agitador de peneiras e dispersor elétrico
- ✓ Proveta graduada de 1000ml
- ✓ Densímetro graduado de bulbo simétrico
- ✓ Termômetro
- ✓ Cronômetro

Figura 8: Sequência do ensaio de granulometria



Peneiramento com auxílio do agitador mecânico

Solo retido na peneira

Pesagem do solo retido em cada peneira

Fonte: <https://www.google.com.br/search?q=ensaios+de+peneiramento>

2.6.1.2 Preparação da amostra

De acordo com a norma NBR-7181-1984/ABNT, a preparação da amostra após o recebimento da mesma, obedece ao seguinte procedimento:

1º) Seca-se uma determinada quantidade de solo ao ar (uma quantidade maior do que aquela que será utilizada no ensaio), desmancham-se os torrões e, em seguida, homogeneizasse o material cuidadosamente.

2º) Para que o material ensaiado seja representativo da jazida, a quantidade de solo a ser utilizada no ensaio deve ser obtida por quarteamento (realizado manualmente ou com o uso do quarteador), obtendo-se assim uma amostra de solo com o peso necessário para se efetuar os ensaios (a quantidade de solo necessária para a realização do ensaio de granulometria é função do tipo de solo: solos grossos requerem uma maior quantidade de solo e vice-versa).

3º) Pesa-se a amostra de solo seco ao ar e peneira-se o material na #10 (2,00mm). Deve-se tomar o cuidado de desmanchar os possíveis torrões que ainda possam existir no solo, de modo a assegurar que fiquem retidos na #10 apenas os grãos maiores que a abertura da malha.

4º) O material retido na #10 (2,00mm) é utilizado no peneiramento grosso do solo. Do material que passa na #10 retiram-se quantidades suficientes de solo para a realização do peneiramento fino, do ensaio de sedimentação, para a determinação do peso específico dos sólidos e para a determinação do teor de umidade do solo:

2.6.2. Limites de Atterberg

2.6.2.1 Limite de liquidez (LL)

De acordo com Das (2007, p.51) o limite de liquidez é definido como a taxa de umidade no ponto e mudança do estado plástico para o estado líquido. No Brasil este ensaio é padronizado pela NBR 6459 (1984) conforme a figura 9.

A determinação do limite de liquidez (LL) é realizada com o aparelho de Casagrande (figura 9), que se resume em um prato de latão em forma de concha, sobre um suporte de ebonite. Por meio de um excêntrico, defere-se ao prato repetidamente, quedas de altura de 1 cm e intensidade constante (Caputo, 1983, p.54).

Figura 9: Aparelho de Casagrande



Fonte: Autor Das

2.6.2.1.1 A aparelhagem

De acordo com a norma do DNER-ME 122/94 os aparelhos utilizados para determinação do Limite de Liquidez, são os seguintes:

- a) estufa capaz com potência entre 105 °C a 110 °C;
- b) cápsula de porcelana para 500 ml;
- c) espátula de lâmina flexível com aproximadamente 80 mm de comprimento e de 20 mm de largura;
- d) recipientes para guardar a amostra sem perda de umidade;
- e) balança sensível a 0,01 g;
- f) pinça para retirar objetos da estufa;
- g) cronômetro para intervalo de tempo até 30 minutos, com precisão de 1 segundo;
- h) esfera de aço com 8mm de diâmetro;

2.6.2.1.2 Execução do ensaio do limite de liquidez

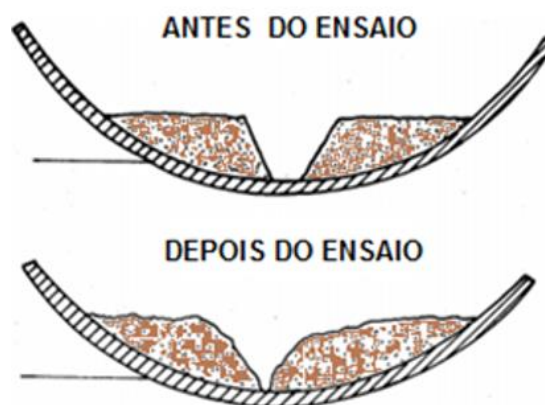
De acordo com a norma do DNER-ME 122/94 a execução do ensaio do Limite de Liquidez se procede de acordo com os seguintes itens abaixo.

Colocar a amostra na cápsula de porcelana, adicionar 15cm³ a 20cm³ e mistura com uma espátula. Posteriores adições de água serão de ordem de 1cm³ a 3cm³ procedendo-se a perfeita homogeneização da mistura, que se deve apresentar como uma massa plástica. O tempo de homogeneização deve estar compreendido entre 15min e 30 min.

✓ Pega-se uma porção suficiente da mistura preparada, colocando-a na concha em torno do ponto correspondente ao de contato entre a concha e a base do aparelho. Espalhar a seguinte massa plástica, de tal modo que a mesma ocupe aproximadamente 2/3 da superfície da concha. Empregar o menor número possível de passadas da espátula, para evitar formação de bolhas de ar no interior da massa. Alisar com a espátula a massa de solo, até que esta se apresente com 1cm de espessura no ponto de máxima espessura. O excesso da massa de solo deve ser retirado da concha do aparelho e colocado na cápsula de porcelana antes da referida.

✓ Produzir uma canelura (abertura) na massa de solo segundo o plano de simetria do aparelho, usando o cinzel, de tal modo que a espessura da massa na parte central seja de 1 cm (Figura 10).

Figura 10: Canelura na massa de solo



Fonte: DNER- ME 122/94

✓ Golpear contra a base do aparelho, pelo acionamento da manivela, a concha contendo a massa de solo, com a velocidade de duas voltas por segundo, até que as duas bordas inferiores da canelura se unam na extensão de 1cm.

✓ Transferir com a espátula, para o recipiente referido em 3.e uma porção de solo colhida de ambos os lados da canelura, e transversalmente a ela, abrangendo a porção em que se verificou a união das bordas: pesar imediatamente o conjunto recipiente mais solo, levando-o, a seguir, para uma estufa a 105°C, para determinação da umidade. As determinações são com aproximação de 0,01g.

Segundo a norma DNER-ME 122/94, a umidade é determinada pela fórmula:

$$h = \frac{P_h - P_s}{P_s} \times 100 \quad (02)$$

em que:

h - teor da umidade, em porcentagem;

P_h - massa do solo úmido;

P_s - massa do solo seco em estufa a 105 °C - 110 °C, até constância de massa.

✓ Retirar o solo remanescente na concha, transferindo-o para a cápsula de porcelana.

✓ Repetir as ações descritas de a) a f), pelo menos três vezes, com adições de água gradativamente crescente; objetiva esse procedimento obter massas de solo de consistência que permitam pelo menos uma determinação do número de golpes em cada um dos seguintes intervalos 25-35, 20-30, 15-25.

O limite de liquidez é determinado pela fórmula:

$$LL = h \left(\frac{N}{25} \right)^{0,156} \quad (3)$$

ou

$$LL = h \times K_{(N)} \quad (4)$$

em que:

h - teor de umidade (%), correspondente a N golpes;

N - número de golpes na determinação de um ponto do ensaio;

LL - limite de liquidez (%)

$$K_{(N)} = \left(\frac{N}{25} \right)^{0,156} \quad (5)$$

2.6.2.2. Limite de plasticidade (LP)

Limite de plasticidade (LP) é, segundo Caputo (1983), determinado pelo cálculo da porcentagem de umidade para a qual o solo começa se fraturar quando se tenta moldar um cilindro de 3mm de diâmetro e de 10cm de comprimento. É realizado manualmente por repetidos rolamentos da massa de solo sobre a placa de vidro despolido (figura 11).

Figura 11: Ensaio de Limite de Plasticidade



Fonte: www.google.com.br/search?q=foto+limite+de+plasticidade

2.6.2.2.1 Equipamentos

Segundo a norma do DNER - ME 082/94, os equipamentos necessários para realizar os procedimentos para a determinação do Limite de Plasticidade são os seguintes:

- ✓ Cápsula de porcelana com capacidade de 500ml
- ✓ Espátula com lâmina flexível de cerca de 8cm de comprimento e 2 cm de largura;
- ✓ Placa de vidro de superfície esmerilhada;
- ✓ Cilindro de comparação de 3mm de diâmetro e cerca de 10cm de comprimento;
- ✓ Recipiente que permite guardar amostra sem perda de umidade antes de sua pesagem;
- ✓ Balança com capacidade de 200g, sensível a 0,01g;
- ✓ Estufa capaz de manter a temperatura entre 105°C e 110°C.

2.6.2.2.2 Ensaios

A norma do DNER - ME 082/94 define os seguintes ensaios para a determinação do Limite de plasticidade, são eles:

✓ Coloca-se a amostra na cápsula e junta-se água destilada em quantidade suficiente para se obter massa plástica. Deve-se adicionar água aos poucos, misturando-se continuamente até completa homogeneização da massa;

✓ Separam-se cerca de 20g da massa obtida como descrito na alínea a, modelando-a na forma elipsoidal. Rola-se esta massa entre os dedos e a face esmerilhada da placa de vidro, com pressão suficiente, afim de moldá-la na forma de um cilindro uniforme. O número de rolagem deverá estar compreendido entre 80 e 90 por minuto, considerando-se uma rolagem como movimento da mão para a frente e para trás retornando ao ponto de partida.

✓ Ao se fragmentar o cilindro, transferem-se imediatamente os seus pedaços para o recipiente e determine-se a umidade pela fórmula:

$$h = \frac{P_h - P_s}{P_s} \quad (06)$$

onde:

h = teor de umidade, em porcentagem;

P_h = peso do material umido;

P_s = peso do material seco em estufa a 105°C a 110°C, até constância de peso.

Fazem-se as pesagens com a aproximação de 0,01g;

2.6.2.3. Índice de Plasticidade (IP)

É a diferença entre o limite de liquidez e o limite de plasticidade de um solo. Para Caputo (1988), o ponto em que o terreno se encontra no estado plástico, máximo para as argilas e nulo para areias, fornece fundamento para se medir o caráter argiloso de um solo. Assim quanto maior o IP, mais plástico será o solo.

Fórmula:

$$IP = LL - LP \quad (07)$$

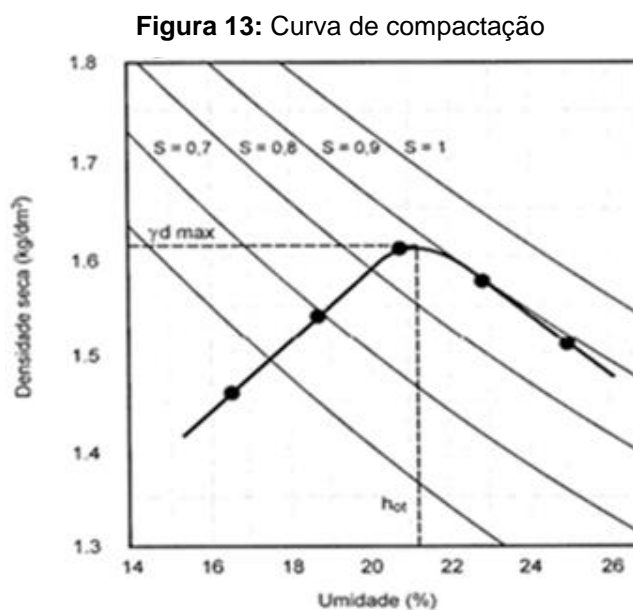
2.6.3 Compactação dos solos

De acordo com CAPUTO (1988), entende-se por compactação de um solo o processo manual ou mecânico que visa reduzir o volume de seus vazios, e assim, aumentar sua resistência, tornando-o mais estável. A compactação de um solo visa

2.6.3.2 Curvas de compactação

O traçado da curva de compactação é baseado nos dados obtidos no ensaio de compactação para os diferentes teores de umidade, a umidade ótima (w_{opt}) e o peso específico seco máximo (γ_{dmax}) são obtidos através desta curva.

É conveniente a determinação de pelo menos cinco pontos, para o traçado da curva de compactação, dos quais dois se encontrem no ramo seco à esquerda da curva, como na (figura 13), um próximo à umidade ótima e os outros dois no ramo úmido à direita da curva (CAPUTO, 1983, p.175).



Fonte: DNIT-2006, p42

De acordo com PINTO (2002, p. 65), “quando se compacta com umidade baixa, o atrito entre as partículas é muito alto e não se consegue uma significativa redução dos vazios. Para umidades mais elevadas, a água provoca certo efeito de lubrificação entre as partículas, que deslizam entre si, acomodando-se num arranjo mais compacto”.

2.6.3.3 Ensaio de compactação

Para Senço (2008), a aplicação de alguma forma de energia, seja ela impacto, vibração, compressão estática ou dinâmica, é chamada de compactação. A sua aplicação atribui ao solo um aumento de seu peso específico e resistência ao cisalhamento, e uma diminuição do índice de vazios, permeabilidade e compressibilidade.

2.6.3.4 Aparelhagem usado na compactação

Segundo norma do DNIT 164/2013-ME, a aparelhagem necessária para o ensaio de compactação são as seguintes:

- ✓ Molde cilíndrico metálico de 15,24 cm \pm 0,05 cm de diâmetro e 17,78 cm \pm 0,02 cm de altura
- ✓ Misco espaçador metálico de 15,00 cm \pm 0,05 cm de diâmetro e de altura igual a 6,35 cm \pm 0,02 cm.
- ✓ Soquete metálico cilíndrico, de diâmetro igual a 5,08 cm \pm 0,01 cm, massa de 4,536 kg \pm 0,01 kg, e com a altura de queda igual a 45,72 cm \pm 0,15 cm;
- ✓ Extrator de amostra do molde cilíndrico.
- ✓ Balança com capacidade de 20 kg, com sensibilidade de 1 g;
- ✓ Balança com capacidade de 1 kg, com sensibilidade de 0,1 g;
- ✓ Estufa capaz de manter a temperatura a 110°C \pm 5°C;
- ✓ Almofariz e mão de gral recoberta de borracha, com capacidade para 5 kg de solo;
- ✓ Régua de aço biselada, rija, de cerca de 30 cm de comprimento;
- ✓ Repartidor de amostras de 5,0 cm de abertura;
- ✓ Cápsulas de alumínio com tampa, ou de outro material adequado, capaz de impedir a perda de umidade durante a pesagem;
- ✓ Peneiras de 50 mm, 19 mm e 4,8 mm, conforme NBR NM ISO 3310-1:2010;
- ✓ Proveta graduada, com capacidade para 1 000 ml;
- ✓ Papel de filtro circular com 15 cm de diâmetro;
- ✓ Acessórios, tais como bandeja, espátula, colher de pedreiro etc.

2.6.3.5 Execução do ensaio de compactação

Segundo a norma do DNIT 164/2013-ME, para executar o ensaio de compactação segue-se os seguintes passos:

- ✓ Fixar o molde à base metálica, ajustar o cilindro ou cubo de concreto com massa igual ou superior a 90 kg. Coletar duas cápsulas de solo úmido, quando siltosos ou argilosos, e uma cápsula para solos arenosos e/ou pedregulhosos, determinar a massa destas amostras úmidas e secar em estufa numa temperatura de 110°C \pm 5°C, até constância de massa; fazer as determinações de massas com a

aproximação de 0,01 g e tomar a média como umidade representativa do corpo de prova compactado. Compactar o solo no molde com o disco espaçador especificado na alínea “b” da seção desta Norma, como fundo falso, em cinco camadas iguais, de forma a se obter uma altura total do corpo de prova de cerca de 12,5cm após a compactação.

✓ Aplicar em cada camada golpes com o soquete caindo de 45,72 cm, distribuídos uniformemente sobre a superfície da camada. Por ocasião da compactação deve ser assente, previamente, sobre o disco espaçador um papel de filtro circular de 15 cm de diâmetro.

✓ Remover o cilindro complementar, tomando-se o cuidado de destacar com a espátula o material a ele aderente. Com a régua de aço biselada rasar o excesso de material na altura exata do molde e determinar, com aproximação de 1 g, a massa do material úmido compactado mais a do molde. Por subtração da massa do molde se determina a massa do material úmido compactado (P_h).

✓ Repetir as operações referidas nas subseções a), b) e c) para teores crescentes de umidade, utilizando amostras de solo não trabalhadas, tantas vezes quantas necessárias para concretizar a curva de compactação do material e, no mínimo, cinco vezes.

Nota: Os corpos de prova moldados (conjunto cilindro + solo úmido compactado) deverão ser utilizados nos ensaios de expansão e penetração, para determinação do Índice de Suporte Califórnia.

Segundo norma do DNIT 164/2013-ME para obter o valor do teor de umidade calcula-se pela fórmula logo abaixo.

$$h = \frac{P_h - P_s}{P_s} \times 100 \quad (08)$$

onde:

h - teor de umidade em percentagem;

P_h - massa da amostra úmida, como obtida em 5.1;

P_s - massa da amostra seca em estufa na temperatura de $110^\circ\text{C} \pm 5^\circ\text{C}$, até constância de massa.

2.6.4 Índice de suporte Califórnia – CBR

No final da década de 30 o ensaio de Índice de Suporte Califórnia (ISC), ou *California Bearing Ratio* (CBR) foi realizado por O.J Porter, diretor da Divisão de Materiais do *Califórnia Highway Department*, com a finalidade de definir a resistência dos materiais grenulares empregados nos serviços de pavimentação.

Para Senço (1997), a relação do percentual entre a pressão necessária para fazer penetrar de maneira controlada, um pistão num corpo de prova conforme foi preparado e a pressão para fazer penetrar o mesmo pistão, à mesma profundidade, numa amostra padrão de pedra britada, ou material equivalente, exigindo a pressão de 1.000psi a penetração de 0,1” ou 1.500psi para penetração de 2”, é a definição do CBR.

Segundo a norma brasileira DNIT-ME 049/2004, do Departamento Nacional de Estradas de Rodagem, apresenta os procedimentos para a execução do ensaio de CBR.

Preparo do corpo de prova: o solo que foi passado na peneira $\frac{3}{4}$ ” e compactado na massa especifica e umidade ótima de projeto, em um cilindro que tem um anel de 50mm de altura, provido de uma altura de 125mm e um diâmetro de 150mm - Figura 14.

Figura 14: Preparo do corpo de prova



Fonte: www.google.com.br/search

Imersão do Corpo de Prova: Se dá em colocar os corpos de provas já compactados, imersos em água por um período de 96 horas, onde são realizadas medidas de expansão - Figura 15.

Figura 15: Corpos de prova imersos



Fonte: www.google.com.br/search?q=ensaio+de+expansão

Penetração do Corpo de Prova: A penetração do corpo de prova é feita através do puncionamento na face superior da amostra por um pistão com aproximadamente 50mm de diâmetro, sob uma velocidade de penetração de 1,25mm/min. Anotam-se, ou registram-se no caso de equipamento automatizado, as pressões do pistão e os deslocamentos correspondentes, de forma a possibilitar a plotagem de uma curva pressão-penetração, na qual se definem os valores de pressão correspondentes a 2,54mm (P 0,1") e 5,08mm (P 0,2") – Figura - 16

Figura16: Execução do ensaio CBR



Fonte: [://www.google.com.br/search?q=aparelho+cbr&biw](http://www.google.com.br/search?q=aparelho+cbr&biw)

Segundo (DNER, 1981), as exigências quanto ao limite do ISC e da expansão impostas por esse método de dimensionamento são as seguintes:

- ✓ Os materiais do subleito devem apresentar $ISC \geq 2\%$ e expansão $\leq 2\%$;
- ✓ Os materiais para reforço do subleito devem apresentar ISC maior que o do subleito e expansão $< 1\%$;
- ✓ Os materiais para a sub-base devem apresentar $ISC \geq 20\%$ e expansão $< 1\%$, com IG igual a 0;
- ✓ Os materiais para a base devem apresentar $ISC \geq 80\%$ e expansão $< 0,5\%$, $LL \geq 25\%$ e $IP \geq 6\%$.

2.7 Estabilização de solos

Segundo Marques (2009), estabilizar um solo significa conferir-lhe a capacidade de resistir e suportar as cargas e os esforços induzidos pelo tráfego normalmente aplicados sobre o pavimento e também às ações erosivas de agentes naturais sob as condições mais adversas de solicitação consideradas no seu dimensionamento.

Segundo Batista (1976), estabilizar o solo é tratar os solos sem aditivos ou com eles, de modo que se tenha os subleitos, as sub-bases e bases, capazes de suportar, durante a sua vida útil, as cargas do tráfego normalmente aplicadas sobre o pavimento, sem deslocamento aplicáveis, desgaste excessivos e desagregação devido as intemperes.

2.7.1 Tipos de estabilização

2.7.1.1 Estabilização mecânica

Segundo (Silva, 2007 apud Santos, 2008) a estabilização não é necessariamente um processo ao qual toda e qualquer propriedade de um solo é alterada para melhor. A aplicação de qualquer método exige a identificação clara das propriedades do solo que se pretende melhorar. De acordo com Marques (2005, p.65) podem ser citados os seguintes tipos de estabilização: mecânica, granulométrica, química, elétrica e térmica.

2.7.1.2 Estabilização química

Segundo Teixeira (2010), a estabilização química consiste em uma técnica de melhoramento permanente, com a incorporação de materiais ao solo natural. Os mais aplicados no âmbito da pavimentação é o aglomerante cimento em maior proporção e a cal hidratada, onde por meio de reações químicas entre os grãos do solo e o material estabilizante resulta uma mistura com requisitos necessários para seu emprego.

Para Corteleti (2013). É muito importante a obtenção de uma estabilização eficiente o conhecimento do princípio de atuação da substância adicionada e das características do solo a ser tratado, pois a interação entre as partículas e o aditivo é distinta para cada procedimento, seja por cimentação, modificação mineralógica, troca de íons, precipitação, dentre outros.

2.7.1.2.1 Cimento Portland

De acordo com o manual de pavimentação do DNIT IPR – 719, dentre as categorias de cimentos atualmente fabricados no Brasil, destacam-se os do tipo Portland comum, composto, de alto-forno, pozolânico, de alta resistência inicial, e resistente a sulfatos. Assim, tem-se:

- _ Cimento Portland comum - CP I e CP I - S (ABNT EB - 1/91);
- _ Cimento Portland composto - CP II - E, CP II - Z e CP II – F (ABNT EB -2138/91);
- _ Cimento Portland de alto-forno - CP III (ABNT EB-208/91);
- _ Cimento Portland pozolânico - CP IV (ABNT EB - 758/91);
- _ Cimento Portland de alta resistência inicial - CP V - ARI (ABNT EB - 2/91);
- _ Cimentos Portland resistente à sulfatos - RS (NBR - 5737).

Após o processo químico, o ligante obtido é designado cimento Portland e apresenta os componentes químicos apresentados pela Tabela 4, segundo Vieira (2010).

Tabela 2: Componentes utilizados na química do cimento

Nome	Fórmula	Símbolo
Óxido de cálcio	CaO	C
Óxido de silício	SiO ₂	S
Óxido de alumínio	Al ₂ O ₃	A
Óxido de ferro	Fe ₂ O ₃	F
Água	H ₂ O	H
Trióxido de enxofre	SO ₃	S̄

Fonte : Vieira 2010

Segundo Wang (2002) o cimento Portland Tipo I ou Tipo II são usados para a maioria das aplicações. O tipo de cimento a ser usado varia de acordo com as propriedades desejadas e tipo de solo. A quantidade de cimento pode variar de 4% a 16% do peso de solo seco. Geralmente, quando a proporção de solo argilosa aumenta, a quantidade de cimento necessária também aumentará

Conforme a norma da ABNT NBR 8491 (1984), o cimento Portland para ser utilizado em materiais de solo-cimento, deve atender, conforme o tipo empregado, as normas da ABNT NBR 5732, NBR 5733, NBR 5735 e NBR 5736. Tabela 3

Tabela 3: Tipos de cimento

Tipos de Cimento	Nomenclatura
Cimento Portland Comum	CP I
Cimento Portland Comum com Adição	CP I – S
Cimento Portland Composto com Escória	CP II – E
Cimento Portland Composto com Pozolana	CP II – Z
Cimento Portland Composto com Filer	CP II – F
Cimento Portland de Alto Forno	CP III
Cimento Portland Pozolânico	CP IV – 32
Cimento Portland	ARI (Alta Resistência Inicial) CP V
Cimento Portland Branco	CBP

Fonte: ABCP – Associação Brasileira de Cimento Portland

Para Pires (2005) O solo-cimento é uma mistura íntima e bem proporcionada de solo com aglomerante hidráulico artificial denominado cimento Portland, de tal modo que haja uma estabilização do solo pelo cimento, melhorando as propriedades da mistura.

2.8 Conceitos de dosagem de solo cimento

Segundo Pinto (2002) a dosagem indicada e adicionada ao solo depende das características que se pretende do material resultante. Conforme Segantini (2000), a PCA - *Portland Cement Association* dispunha de uma norma geral e de uma norma simplificada para a dosagem do solo-cimento. Segundo a ABCP - *Associação Brasileira de Cimento Portland* (1986), a norma geral de dosagem, não mais utilizada, hoje em dia pode ser resumida nas seguintes operações:

- Identificação e classificação do solo;
- Escolha do teor de cimento para o ensaio de compactação;
- Execução do ensaio de compactação;
- Escolha dos teores de cimento para o ensaio de durabilidade;
- Moldagem de corpos-de-prova para o ensaio de durabilidade;
- Execução do ensaio de durabilidade por molhagem e secagem;
- Escolha do teor de cimento adequado em função dos resultados do ensaio.

2.8.1 Classificação dos solos

De acordo com o manual de pavimentação do DNIT IPR-719, o solo é um material que ocorre na natureza nas mais diferentes formas, para ser utilizado com a fundação ou material de construção, há a necessidade de ser classificado de modo que se possam formular métodos de projetos baseados em algumas propriedades de cada grupo. Em virtude disso foram desenvolvidos vários sistemas de classificação, cada um adequado a uma utilização dos solos ou métodos de projeto.

A referência supracitado ainda acrescenta que, o *Highway Research Board* (HRB) é uma sistema de classificação de solos bastante utilizados em pavimentação, aprovado em 1945 e que constitui um aperfeiçoamento do antigo sistema da *Public Roads Administration*, proposto em 1929.

2.8.1.1 Classificação TRB (ANTIGO HRB)

Nesse tipo de classificação, os solos são reunidos em grupos de subgrupos, em função de sua granulometria, limite de consistência e índice de grupo. A análise da tabela é da seguinte maneira: determina-se o grupo do solo, por processo a partir

da esquerda, com o qual os valores do solo ensaiado coincidir, será a classificação correta, como mostra a tabela 4.

Tabela 4: Classificação dos solos

Classificação Geral	Materiais granulares (35% ou menos passando na peneira nº 200)							Materiais siltosos e argilosos (mais de 35% passando na peneira nº 200)			
	A-1		A-3	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7
	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				A-7-5 / A-7-6
Grupo											
Peneiração: % que passa: Nº 10 Nº 40 Nº 200 (p)	50 máx. 30 máx. 15 máx.	50 máx. 25 máx.	51 mín. 10 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.	36 mín.	36 mín.	36 mín.	36 mín.
Características da fração que passa nº 40 Limite de Liquidez - LL (%) Índice de Plasticidade IP (%)				40 máx.	41 mín.	40 máx.	41 mín.	40 máx.	41 mín.	40 máx.	41 mín.
Índice de Grupo	0		0	0		4 máx.		8 máx.	12 máx.	16 máx.	20 máx.
Materiais que predominam	Pedra Britada pedregulho e areia		Areia fina	Areia e areia silosa ou argilosa				Solos Siltosos		Solos argilosos	
Comportamento geral como subleito	Excelente a bom							Fraco a pobre			

Fonte: DNIT - 2006

2.8.2 Métodos de dosagem

2.8.2.1 Método da ABNT

Inicialmente a norma de dosagem de misturas solo-cimento recebeu o número de registro NB 01336, foi baseado no método de dosagem da *Portland Cement Association* (PCA) e na comprovação dos resultados de um grande número de obras executadas com grande variedade de solos. Atualmente a norma é ABNT NBR 12253 (1992).

Segundo a norma NBR 12253 a representação simplificada dos procedimentos de dosagem podem ser:

a) Executam-se os ensaios de caracterização do solo, faz-se a classificação HRB (ASTM D 3282) e somente os solos tipo A1, A2, A3 e A4 são considerados para a mistura solo-cimento, descartando-se, os solos argilosos e siltsosos.

b) A escolha do teor de cimento para o ensaio de compactação é baseada na tabela 5.

Tabela 5: Teor de cimento sugerido para o ensaio de compactação do solo - cimento

Classificação do solo, segundo a ASTM D 3282	Teor de cimento sugerido, em massa (%)
A1-a	5
A1-b	6
A2	7
A3	9
A4	10

Fonte: NBR 12253/92

c). Obtém-se a umidade ótima e massa específica máxima no ensaio de compactação.

d) preparam-se corpos-de-prova com estes teores sugeridos e submetem-se os mesmos ao ensaio de compressão simples (RCS) após 7 dias de cura.

e). Analisam-se os resultados, se não for atingido a RCS estipulada, varia-se o teor de cimento. Também é possível aumentar um pouco a RCS aumentando-se a energia de compactação.

Oliveira (2011) afirma que, quando um solo se apresenta com estabilização inviável, porém mostra ganhos de resistência pré-fixada, ele ainda pode ser utilizado para fins de pavimentação utilizando pequenas adições de cimento. Estas adições não visam grande melhoria, como por exemplo, a ligação de todas as partículas de solo com o ligante, mas ganhos em propriedades físicas, aumento do Limite de Plasticidade, redução do Limite de Liquidez, reduzir mudanças de volume e inchamento do solo.

2.10 Solo – brita

Segundo Bernucci (2010), solo-brita começou a ser empregado no estado de São Paulo ainda na década de 1950, conhecido então por “virado paulista” (Nogami e Villibor, 1995). Somente na década de 1980, o solo laterítico-brita voltou a ser empregado em maior escala, com aplicação estendida também a vias urbanas. Atualmente, tem-se empregado também o solo-brita-cimento, com porcentagem de cimento variando em geral de 3 a 6% em peso. Esse material tem sido empregado como material de base, predominantemente em misturas de 80% brita – 20% solo ou

no máximo 70% brita – 30% solo. Eles vêm sendo empregados em vias de tráfego médio a pesado com sucesso. Preferencialmente nesses casos a mistura deve ser feita em usina.

Segundo a NBR 12053/92, o método para descobrir os valores de solo e brita que devem compor uma mistura de solo-brita para ser empregada como base ou sub-base de pavimentos, bem como o teor de umidade ótima e os valores de massa específica aparente seca máxima.

2.10.1 Execução do ensaio

Segundo a NBR12053/92, os materiais solo e brita que serão empregados nesse método devem atender à NBR 11805 e os procedimentos para encontrar a dosagem certa de solo em relação ao total da mistura é diretamente ligada aos resultados dos ensaios de compactação e ISC, utilizando os seguintes percentuais 0%, 20%, 30% e 40% de solo em relação a massa seca.

2.11 Exploração de jazidas

Segundo o DNIT IPR-719 (2006) o estudo da localização dos materiais para pavimentação é feito em duas fases com base nos dados de geologia e pedologia da região, são ele:

- a) Prospecção Preliminar
- b) Prospecção Definitiva durante os trabalhos

A Prospecção é feita identificar a possibilidade de aproveitamento de materiais, a qualidade e volume aproximado. Ela compreende em:

- a) Inspeção expedida no campo
- b) Sondagens
- c) Ensaio de laboratórios

2.11.1 Procedimento de coleta de material na jazida

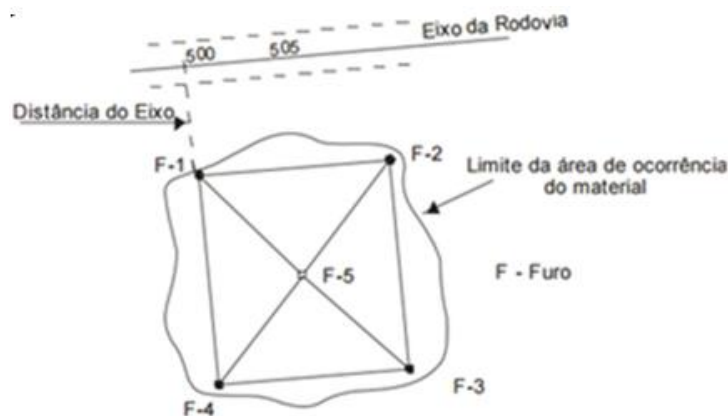
I – Delimita-se, aproximadamente, a área de onde existe a ocorrência do material:

Faz-se 4 e 5 furos de sondagem nos arredores e no interior da área marcada, convenientemente localizados até à profundidade necessária, ou compatível com os métodos de extração a serem adotados;

II – Para cada furo e para cada camada, coleta-se uma amostra suficiente para atender os ensaios desejados. Anota-se as cotas de mudanças de camadas, adotando-se uma denominação expedita que as caracterize. Assim o material indesejado será expurgado.

III – Faz-se a amarração dos furos de sondagem, anotando-se as distâncias aproximadas entre os mesmos e a posição da ocorrência em relação a rodovia em estudo. Como mostra a Figura 17.

Figura 17: Esquema de sondagem para prospecção de materiais



Fonte: Manual do DNIT (PR-719)

2.11.2 Exigências para materiais de reforço do subleito, sub-base e base.

Para reforço do subleito: características geotécnicas superiores a do subleito, demonstrados pelos ensaios de ISC. E de caracterização (granulometria, LL, LP).

Para reforço de sub-base granulometricamente estabilizada: $ISC^3 \geq 20$ e índice de grupo IG = para qualquer tipo de tráfego.

Para base estabilizada granulometricamente:

- I – Limite de Liquidez máximo: 25%
- II – Índice de Plasticidade máximo: 6%

III – Equivalente de Areia mínimo: 30%

Caso o Limite de Liquidez seja maior que 25% e/ou índice de plasticidade, maior que 6, poderá o solo ser usado em base estabilizada, desde que apresente Equivalente de Areia maior que 30%, satisfaça as condições de Índice Suporte Califórnia e se enquadre nas faixas granulométricas citadas adiante. O Índice Suporte Califórnia deverá ser maior ou igual a 60 para qualquer tipo de tráfego; a expansão máxima deverá ser 50%. Poderá ser adotado ISC até 40, quando economicamente justificado, em face da carência de matérias e prevendo-se a complementação da estrutura do pavimento pedida pelo dimensionamento pela construção de outras camadas betuminosas (DNIT IPR - 719)

3 METODOLOGIA

O presente trabalho tratou do estudo dos materiais granulares das jazidas nas proximidades da cidade de Palmas, sendo que este foi composto por algumas etapas: o mapeamento das jazidas, retiradas das amostras dos solos no campo, ensaio de laboratório dos mesmos, e, por último, interpretação dos dados obtidos.

3.1 Apresentação do objeto de estudo

Foram estudadas três jazidas, as quais estão localizadas próximas à cidade de Palmas, com as seguintes referências geográfica, Datum – WGS 84

✓ Jazida 01:

- Localização: Região Norte de Palmas (Chácaras)
- Latitude: 10° 8' 29. 04" S
- Longitude: 48° 19'10 .40" O

✓ Jazida 02:

- Localização: Norte de Palmas (Chácaras)
- Latitude: 10° 8'29. 58" S
- Longitude: 48° 19' 41.82"O

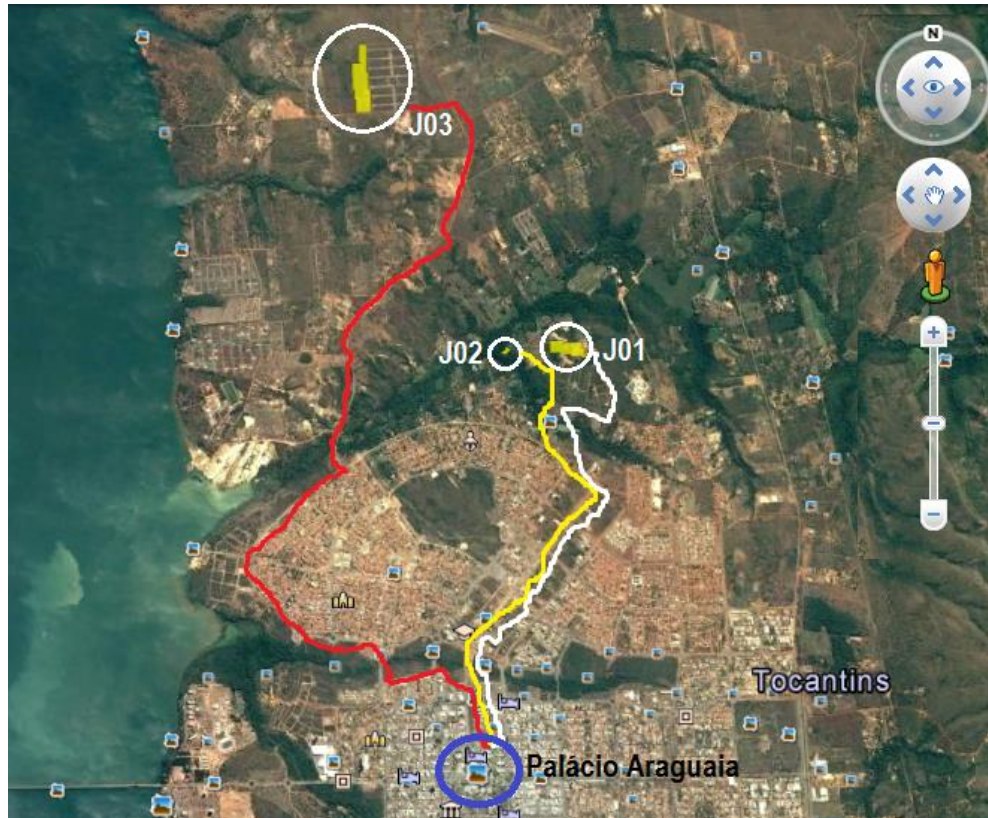
✓ Jazida 03

- Localização: Norte de Palmas (Chácaras)
- Latitude: 10° 6'49.55"S
- Longitude: 48°20'31.74"

3.2 Mapeamento das jazidas de materiais granulares

O mapeamento e localização das jazidas foi realizado utilizando as ferramentas computacionais como o Google Maps e com auxílio de um GPS de navegação, a fim de obter as coordenadas geográficas e as fotos de satélites, figura 18.

Figura 18: Localização das jazidas de cascalho



Fonte: Google Heart - 2016

3.3 Materiais utilizados

3.3.1 Solo

Os solos utilizados nesse estudo foram coletados nas três jazidas, (Jazida 01, Jazida 02 e Jazida 03) conforme a figura 18, cuja localização foi citada no item 5.1, a uma distância de aproximadamente 6,0km, 6,3km e 8,5km respectivamente em relação ao Palácio Araguaia.

A coleta dos materiais granulares foi baseada no Manual de Pavimentação DNIT – IPR 719 (2006), na qual foi definido os procedimentos para coleta das amostras de solo.

Foram coletadas 180kg de solo das jazidas um (01), dois (02) e três (03), a quantidade necessária para a realização dos ensaios (Figura 19). Após a coleta das amostras, os solos foram armazenados em sacos plásticos e rotulados, a fim de impedir interferências do meio e posteriormente transportados até o Laboratório de Mecânica de Solos (LMS) da Universidade Luterana (ULBRA), campus Palmas/TO, para a preparação das amostras e dos demais ensaios.

Figura 19: Coleta das amostras de solos



Fonte: Próprio autor

3.3.2 Cimento

Conforme a revisão da norma DNIT 142/2010 - ES, os teores de cimento usados nos ensaios serão 2%, 3% e 4% em peso em relação ao total da mistura e o cimento utilizado será o CP IV – Cimento Portland Pozolânico.

3.3.3 Brita

De acordo com Villibor e Nogami (2009), o agregado britado é obtido da britagem de rocha ou de seixo lavado. Utilizar-se-á um tipo de brita, classificada como número 1, com diâmetro máximo igual a 19mm.

De acordo com a NBR 12053-1992, na energia intermediária, os percentuais de solo utilizados são 0%,10%,20%,30% e 40% em relação ao total da mistura, em massa seca.

3.3.4 Água

Na realização dos ensaios, será utilizado água potável proveniente da rede de distribuição que abastece a ULBRA, campus Palmas/TO. .

3.3.5 Materiais necessários para coleta das amostras

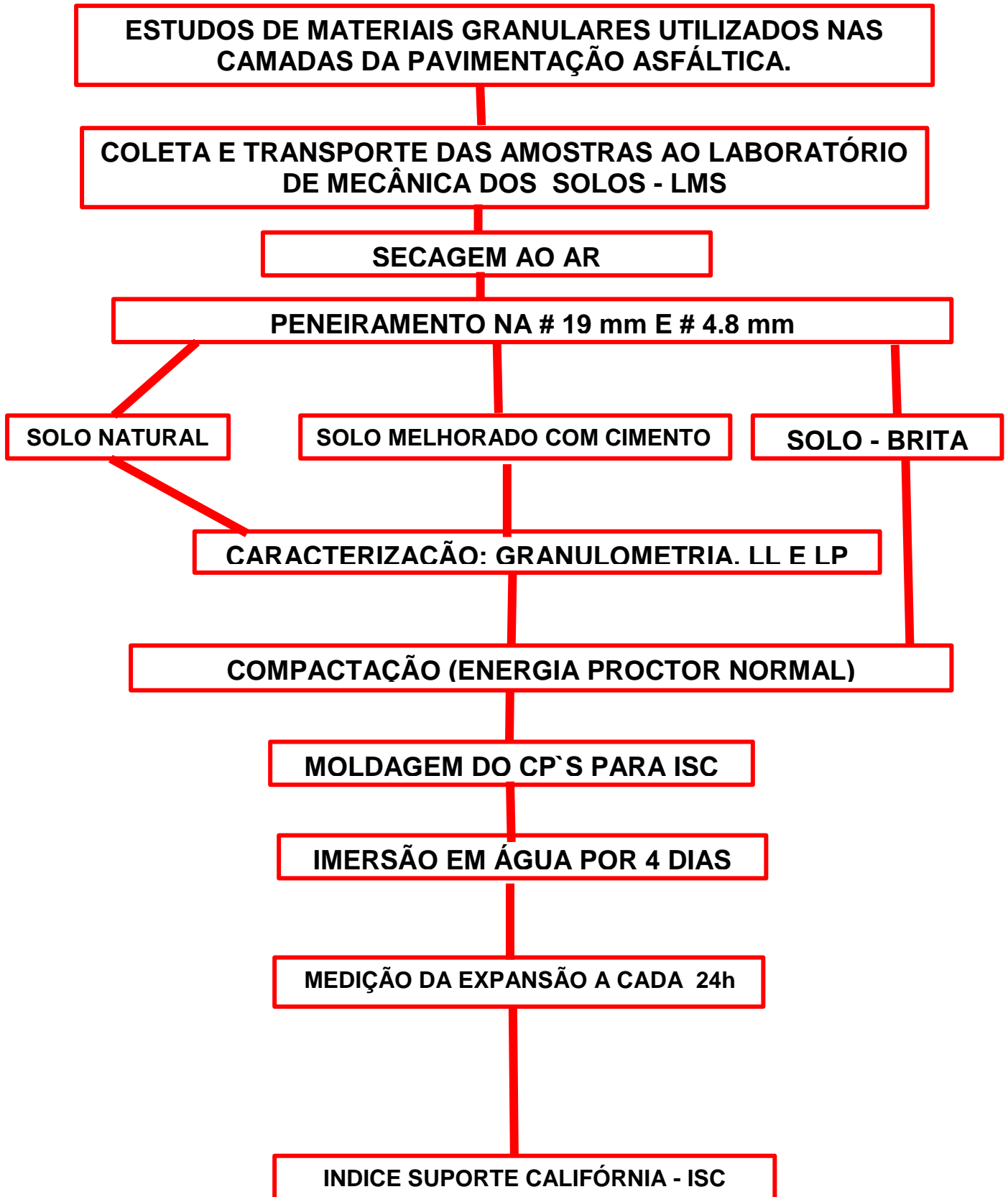
- ✓ Máquina fotográfica (para realizar o relatório fotográfico);
- ✓ Prancheta e caneta (para anotações);
- ✓ Sacos plásticos (para armazenar as amostras de solo);
- ✓ Ferramentas manuais, como picareta, pá e uma escavadeira (para escavar e retirar as amostras de solo);

3.4 Métodos

3.4.1 Metodologia de laboratório

As etapas dos procedimentos em laboratório foram sistematicamente realizadas de acordo com as normas técnicas, as quais podem ser conferidas no fluxograma como mostra a figura 20.

Figura 20: Fluxograma da sequência dos procedimentos



Fonte: Arquivo pessoal - 2016

3.4.2 Ensaios de caracterização

Os ensaios de caracterização física e mecânica foram realizados de acordo com os procedimentos exigidos pelas normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) correspondentes a cada ensaio como conforme apresentado na Tabela 6.

Tabela 06: Normas referentes aos ensaios.

Especificação	Ensaio	Normas
Especificação Física	Preparação das amostras do solo	DNER-ME 041/94
	Granulometria	DNER - ME 051/94
	Limite de Liquidez	DNER-ME 122/94
	Limite de Plasticidade	DNER- ME 082/94
Especificação Mecânica	Compactação (Proctor Intermediário)	DNIT 164/2013-ME
	ISC e Expansão	DNER-ME 049/94 – Revisada NORMA DNIT 049/2014 - ME

Fonte: Próprio Autor - 2016

3.5 Preparação das amostras

Para a escolha do material granular que será usado na pavimentação, empregar-se-á os seguintes ensaios:

- ✓ Granulometria por peneiramento com passagem do material nas peneiras de 2,0 mm (nº 10) e de 0,075 mm (nº 200);
- ✓ Limite de Liquidez (LL);
- ✓ Limite de Plasticidade (LP);
- ✓ Compactação;
- ✓ Califórnia Bearing Ratio (CBR) – Índice de Suporte Califórnia (ISC);

3.5.1 Solo natural

As etapas de preparação das amostras foram realizadas conforme as diretrizes referenciadas pela norma DNER-ME 041/94 – Solos – Preparação de amostras para ensaios de caracterização. Em primeiro momento, os materiais coletados nas jazidas um (01), dois (02) e três (03) serão armazenados em sacos e destorroados no almofariz com o auxílio da mão de gral (Figura 21a) e passados nas peneiras de malha 4,8mm e 19mm para eliminar a porcentagem mais grossa do solo, denominada pedregulho. Depois desta etapa, o solo será armazenado em embalagens com identificação e quantidade suficiente para realização dos ensaios, conforme as (Figura 21a e 21b).

Figura 21a: Destorroamento do solo.



Fonte: Próprio autor 2016

Figura 21b: Solo pesado e armazenado em embalagens



Fonte: Próprio autor - 2016

3.5.2 Análise granulométrica (NBR 7181/84)

A realização da análise granulométrica foi aplicada primeiro no solo natural e repetida no solo com adição de cimento e também na análise do solo-brita.

3.5.2.1 Análise granulométrica por peneiramento

✓ Peneiramento grosso:

Neste ensaio, foi utilizado o material que ficou retido na peneira 2,0mm e, posteriormente, levado para a estufa para ser seco a uma temperatura de $\pm 105^{\circ}\text{C}$. Com a amostra completamente seca, deu-se início ao peneiramento grosso, passando-se o material nas peneiras de diâmetros 50, 38, 25, 19, 9,5 e 4,8mm e realizado com o auxílio de um agitador mecânico.

✓ Peneiramento fino:

Neste ensaio, foi utilizado o material que ficou retido na peneira 0,075 mm, o qual foi levado para estufa. De modo que, a amostra de solo seco é então peneirada nas peneiras de diâmetros 1,2; 0,6; 0,42; 0,25; 0,15 e 0,075mm. Em seguida, os pesos retidos em cada peneira foram anotados e transferidos para planilha.

3.5.3 Limite de liquidez (LL)

Todas as etapas do ensaio de Limite de Liquidez que foram realizadas no solo natural também foram repetidas para os solos com adição de cimento e solo-brita. Colocou-se uma porção do solo passante da peneira de nº40 (0,42 mm) no recipiente e foi-se adicionando água até que este se tornasse uma pasta homogênea. Em seguida, essa mistura foi colocada no aparelho Casagrande e realizado o ensaio conforme recomenda a norma que regula o mesmo (Figura 22).

Figura 22: Ensaio Casagrande

Fonte: Arquivo pessoal - 2016

Foram realizadas cinco (05) etapas para cada ensaio e para cada jazida, cujo parâmetro para a determinação da umidade é o número de golpes. Essas etapas foram obtidas através dos intervalos apresentados na Tabela 7.

Tabela 7 : Etapas e número de golpes correspondentes

Etapa	Número de Golpes
1	39 - 40
2	30 - 35
3	23 - 30
4	16 - 26
5	9 - 18

Fonte: Autor 2016

Para que fossem obtidas as etapas, as amostras foram homogeneizadas elevando-se a quantidade de água utilizada em cada uma delas. Para cada uma das etapas descritas, foram retiradas uma cápsula com uma parcela da mistura e levada à estufa para a determinação da umidade ótima (Figura 23).

Figura 23: Limite de liquidez e Limite de plasticidade juntos



Fonte: Arquivo pessoal - 2 016

Com os valores de umidade determinados, o próximo passo foi traçar um gráfico, no qual se determinou o valor do LL pela umidade correspondente a 25 golpes. O Limite de Liquidez determinado para o solo natural em estudo foi baseado na média de 3(três) repetições do ensaio.

3.5.4 Limite de plasticidade (LP)

Para o ensaio de Limite de Plasticidade, foi preparada uma amostra de solo passante na peneira número 40 (0,42 mm), a mesma utilizada para o ensaio de LL. Foi acrescentada água a esta amostra de solo até que se formasse uma pasta homogênea.

O procedimento do ensaio consiste em moldar uma amostra da massa de solo conforme um molde de metal com as seguintes dimensões: 3mm de diâmetro por 10 cm de comprimento. Isso é feito através da rolagem dessa amostra no vidro fosco. Essa etapa foi repetida até que o cilindro moldado inicie o processo de fissuração devido à perda de umidade.

Quando o cilindro apresentar fissuras, é colocado na cápsula, pesado e levado para a estufa para que ocorra a secagem. O resultado para o Limite de Plasticidade

foi obtido através da média de 3(três) ensaios, sendo que para cada ensaio foram moldados 5(cinco) cilindros (Figura 24).

Figura 24: Ensaio do Limite de plasticidade



Fonte: Arquivo pessoal - 2016

3.5.5 Ensaios mecânicos

3.5.5.1 Compactação (DNIT 164/2013-ME)

No ensaio de compactação, as amostras coletadas foram secadas ao ar e depois destorroadas com o almofariz, até se obter uma amostra representativa de 5kg no estado natural. Em seguida, a amostra foi passada na peneira de 4,8mm. Esse ensaio foi realizado para obtenção da umidade ótima necessária para o ensaio de ISC.

Após esse processo o solo foi misturado com água necessária para que atingisse a umidade ótima, até que se tornasse homogêneo. A compactação foi realizada com 26 golpes de soquete de massa de 2,5 kg, que cai de uma altura de 45,72 cm, em cada camada de solo que é acrescentada no cilindro.

Todos os passos anteriormente citados que foram realizados no solo natural, no solo com adição de cimento e também no solo-brita, bem como em todas as jazidas separadamente.

Concluída essa etapa, foi retirado o anel que complementa o cilindro e feita a regularização da superfície com o auxílio de uma régua; em seguida, pesou-se o conjunto (cilindro + solo). Posteriormente o solo compactado foi retirado do molde, pois como descrito anteriormente, o ensaio foi realizado sem reuso do material. Com os valores de peso específico seco e umidade obtida no ensaio, traçou-se a curva de

compactação, na qual se determinou o peso específico seco máximo e a umidade ótima (Figura 25)

Figura 25: Compactando os solos



Fonte: Arquivo pessoal - 2016

3.5.5.2 Índice de suporte Califórnia (DINT-ME 049/2014)

O ensaio do Índice de Suporte Califórnia - ISC - foi realizado com os solos no estado natural, solo melhorado com adição de cimento e com solo-brita. Para a execução deste ensaio, foi necessário primeiro a realização da compactação, pois este informa a umidade ótima em que serão moldados os corpos de prova a serem ensaiados. Esse procedimento consistiu basicamente na montagem do cilindro na base metálica e, sobre este, foi colocado um disco espaçador com a finalidade de proporcionar um espaço vazio para a disposição da sobrecarga para processo de determinação da expansão.

Portanto, os corpos de prova foram moldados adotando-se uma energia de compactação intermediária, ou seja, nas três camadas de solo foram aplicados 26 golpes utilizando-se um soquete grande. Na sequência, os corpos de provas foram imersos em água e permaneceram por quatro dias, simulando a ação dos agentes intempéries do clima, (Figura 26). Após o período citado, foi medida a expansão a cada 24h, possibilitando a determinação da expansão final, por meio do extensômetro acoplado.

Figura 26: Imersão dos corpos de prova no tanque



Fonte: Arquivo pessoal - 2016

No final, foram retirados os corpos de prova do tanque (Figura 27a) e após 15 minutos (tempo recomendado para a saída da água em excesso) (Figura 27b) o conjunto foi transportado até a prensa (Figura 27c), onde foi submetido à penetração do pistão, sendo anotadas as leituras para os tempos de 0,5; 1; 1,5; 2; 4; 6; 8 e 10 minutos. Posteriormente, com os valores obtidos, fez-se as correlações conforme descrito em norma para a obtenção dos resultados finais.

Figura 27a: Retirada dos corpos de prova da imersão



Fonte: Arquivo pessoal - 2016

Figura 27b: Corpos de prova secando



Fonte: Arquivo pessoal - 2 016

Figura 27c: Corpos de prova na prensa



Fonte: Arquivo pessoal - 2 016

4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

4.1 Propriedades físicas

4.1.1 Composição granulométrica do solo natural, solo melhorado com cimento e solo-brita

Os tamanhos e distribuição dos grãos do solo foram obtidos através do ensaio de granulometria por peneiramento, segundo a norma DNIT-ME 080/94, com uma amostra de solo separada e submetida ao peneiramento mecânico da série-padrão de peneiras. Os ensaios de granulometria foram realizados em todas as jazidas estudadas: J01, J02 e J03, foram apresentados como mostra a Tabela 8.

Tabela 08: Análise granulométrica – Jazidas 1, 2 e 3

Ø _p Peneiras (mm)	% Passante do solo natural			% Passante do solo melhorado com adição de cimento									% Passante do solo-brita		
	Amostras			Amostras com 2% de cimento			Amostras com 3% de cimento			Amostras com 4% de cimento			Amostras com 50% de brita N° 01		
	J01	J02	J03	J01	J02	J03	J01	J02	J03	J01	J02	J03	J01	J02	J03
25,4	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
9,5	91,02	93,67	90,24	62,04	71,57	72,49	74,22	73,32	70,49	62,04	63,97	62,15	59,56	58,24	74,88
4,8	54,96	55,24	55,74	37,59	39,17	40,26	40,28	41,70	41,57	37,59	39,34	37,83	44,33	44,00	46,42
2	33,38	32,78	35,48	25,41	26,07	27,24	28,34	28,74	28,47	25,41	26,04	25,59	35,35	35,48	35,00
1,19	29,84	28,59	29,77	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0,6	26,89	25,16	25,62	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0,42	22,88	20,86	20,36	16,61	16,12	15,98	18,53	17,28	16,89	16,61	15,93	15,02	24,89	24,72	24,25
0,25	14,62	13,14	13,24	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0,15	3,72	3,85	5,27	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0,074	0,00	0,00	0,00	5,84	5,37	5,69	5,49	5,17	5,58	5,84	5,45	5,35	6,44	5,90	9,62

Fonte: Próprio autor - 2016

Segundo a Norma **DNER – ES 304/97** Revisada - Pavimentos flexíveis – Base de solo melhorado com cimento; as peneiras necessárias para os ensaios de peneiramento são: 25,4; 9,5 ; 4,8 ; 2.0 ; 0,42 ; 0,15 e 0,075.

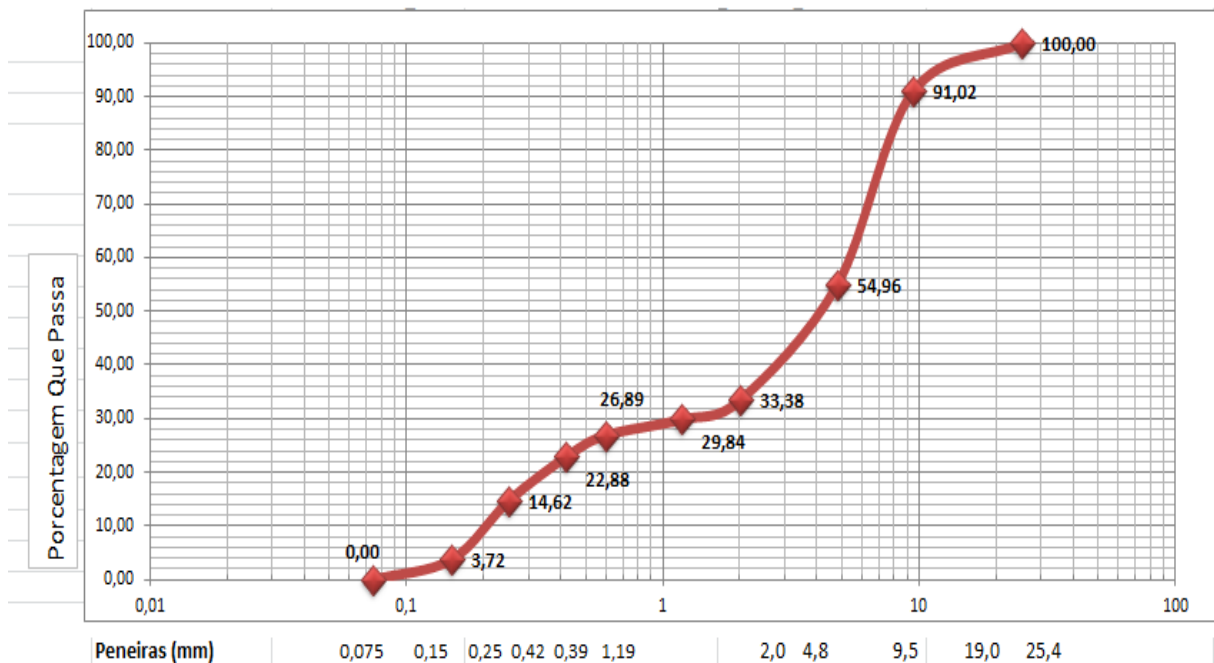
4.2 Caracterização do solo

4.2.1 Ensaio de granulometria do solo natural nas jazidas J01, J02 e J03.

Jazida J01

A partir do ensaio de granulometria, verificou-se que na jazida J01, o solo estudado possui em sua composição 66,62 de material fino e 33,38% de material grosso, portanto o solo se classifica como laterítico siltoso, conforme mostra o gráfico da curva granulométrica (Gráfico 1).

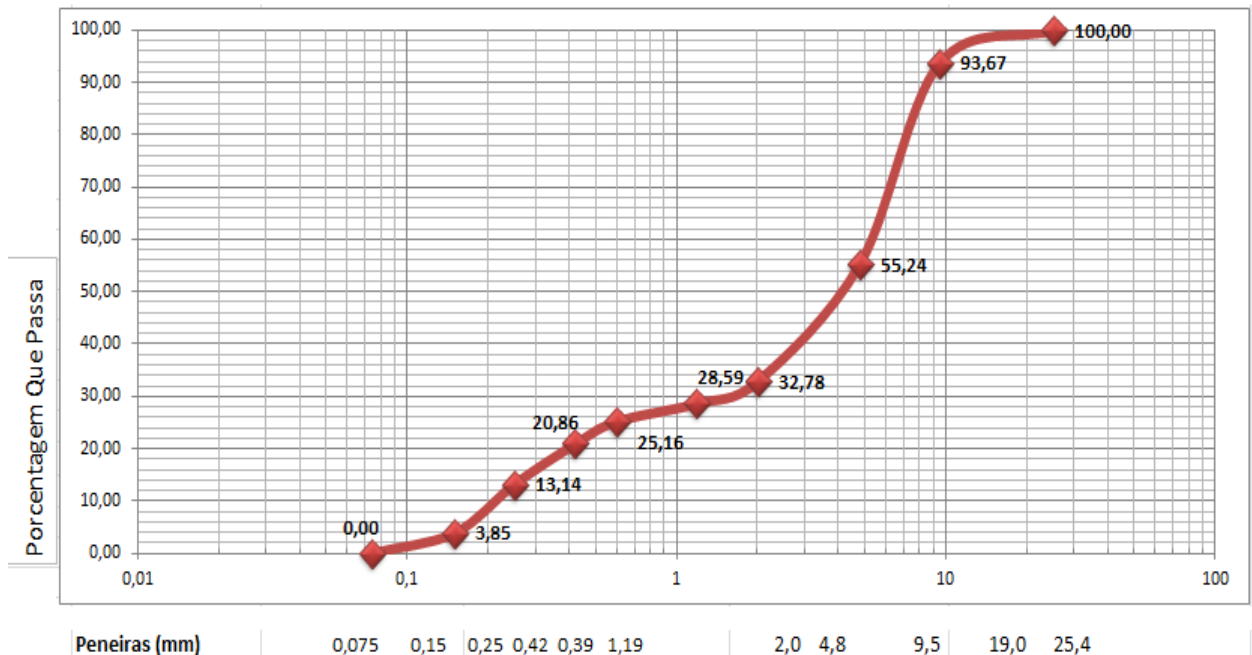
Gráfico 1: Gráfico da curva granulométrica – Jazida 1



Fonte: Próprio autor - 2016

Jazida J02

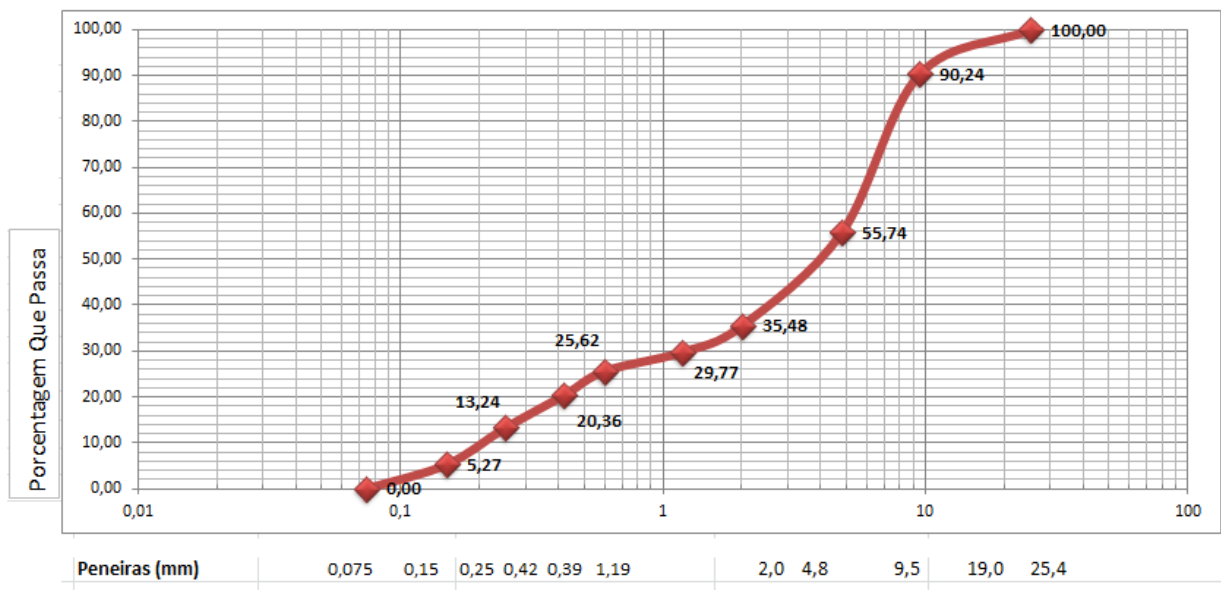
A partir do ensaio de granulometria, verificou-se que o solo da jazida 02 é classificado como laterítico arenoso que possui em sua composição 67,22% de material fino e 32,78% de material grosso, conforme mostra o gráfico da curva granulométrica (Gráfico 2).

Gráfico 2: Gráfico da curva granulométrica – jazida 2

Fonte: Próprio autor - 2016

Jazida J03

Conforme ensaio de granulometria, verificou-se que o solo da jazida 03 é classificado como laterítico arenoso que possui em sua composição 64,52% de material fino e 35,48% de material grosso, conforme mostra o gráfico da curva granulométrica (Gráfico 3).

Gráfico 3: Gráfico da curva granulométrica – Jazida 3

Fonte: Próprio autor - 2016

4.2.1.1 Ensaio de granulometria dos solos melhorados com adição de cimento e com solo-brita nas jazidas J01, J02 e J03.

A partir dos ensaios de granulometria com adição de 2%, 3% e 4% de cimento, e dos ensaios de solo-brita, as particularidades existentes entre os dois ensaios em relação aos resultados do solo natural foram com relação ao aumento da quantidade de finos, pois com adição de cimento é registrado valores passante na peneira menor que 0,074 e com relação aos ensaios do solo-brita, o que alterou foi o aumento de material grosso retido na peneira 9,5 devido ao acréscimo de 50% da brita nº1 em relação ao peso do solo seco.

4.2.2 Limites de Atterberg

Foram realizadas as análises de LL e LP para a determinação do Índice de Plasticidade dos materiais coletados das três jazidas. Os ensaios de LL e LP foram realizados com solo natural e com solo com adição de cimento, já no solo-brita não há necessidade, pois, os resultados dos ensaios de LL e LP do solo natural é o mesmo para o solo-brita (Tabela 09).

Tabela 09: Resumo dos Limites de Atterberg

Ensaio	Solo natural			Solo melhorado								
				Amostras com 2% de cimento			Amostras com 3% de cimento			Amostras com 4% de cimento		
	J01	J02	J03	J01	J02	J03	J01	J02	J03	J01	J02	J03
Limite de Liquidez (%)	25,0	27,0	26,0	24,9	25,0	22,0	24,8	24,9	21,0	25,0	24,7	19,8
Limite de Plasticidade (%)	17,8	18,9	18,6	19,07	19,8	17,08	19,5	20,0	16,45	19,5	20,1	15,4
Índice de Plasticidade (%)	7,2	8,10	7,50	5,83	5,2	4,92	5,3	4,9	4,55	5,10	4,6	4,4

Fonte: Próprio autor - 2016

De acordo com manual de pavimentação do DNIT (2006), as especificações para a utilização do solo em camadas de base e sub-base de pavimentos rodoviários são necessárias a fim de que se apresente um $LL \leq 25\%$ e um $IP \leq 6\%$. Desta forma, constata-se que o solo em seu estado natural não se enquadra no limite determinado em norma, impossibilitando a sua aplicação para os devidos fins.

Observou-se que, ao se adicionar cimento ao solo, houve mudanças em sua consistência e aumento do Limite de Plasticidade nas três jazidas, enquanto no LL houve uma pequena diminuição, na qual resultou também em uma redução do Índice de Plasticidade nas três jazidas.

Portanto, com o acréscimo de cimento, o valor do LL da mistura apresentou dentro do intervalo que é menor ou igual a vinte cinco por cento ($LL \leq 25\%$), ou seja, atende ao valor máximo especificado pelo DNIT. Em contrapartida, o solo no seu estado natural em todas as jazidas apresentaram o Índice de Plasticidade superior ao especificado pelo DNIT, portanto, só admite $IP \leq 6\%$, salvo em caso quando a equivalência de areia seja maior que 30%.

4.3 Ensaios mecânicos

4.3.1 Ensaio de compactação

Os ensaios de compactação foram realizados na energia intermediária, já que, o objetivo maior é a utilização desse material para a camada de base. Os ensaios de compactação foram realizados para determinar o teor de umidade ótima do solo (%) e sua densidade máxima aparente seca com adição de 2%, 3% e 4% de cimento em massa. Foram feitos também ensaios de compactação na umidade ótima de solo natural com adição de 50% de brita.

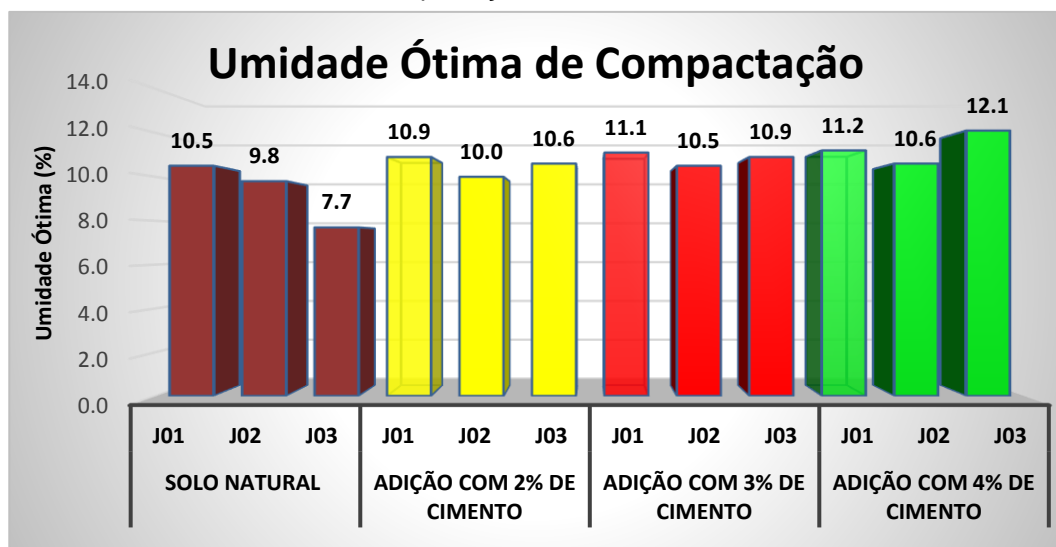
Para cada jazida foram feitos cinco ensaios com acréscimo 2%, 3% e 4% de cimento, mais cinco procedimentos de ensaios para solo-brita, totalizando 20 procedimentos. Para os cinco ensaios os quantitativos de água a ser adicionado nas misturas foram obtidos calculando os seguintes percentuais 5%, 7%, 9%, 11% 13% em relação ao peso do material a ser compactado que foi de 5000g, e as medidas de água adicionada para cada ensaio foram as seguintes: 250ml, 350ml, 450ml, 550ml e 650ml. Após as misturas foi determinado os três melhores ensaios para a imersão no tanque.

4.3.2 Umidade ótima de compactação nas jazidas J01, J02 e J03.

O gráfico 4, apresenta um resumo entre as três jazidas estudadas, mostrando o teor de cimento utilizado na mistura e o comportamento da quantidade ideal de água necessária para sua compactação.

Observou-se um pequeno aumento da quantidade de água nas misturas, sendo, diretamente proporcional ao acréscimo de cimento, ou seja, a medida que aumenta o teor de cimento aumenta também o volume de água.

Gráfico 4: Umidade ótima de compactação



Fonte: Próprio autor - 2016

4.4. Índice de Suporte Califórnia (CBR) e expansão

O objetivo do ensaio de CBR executado é para determinar a capacidade de suporte do solo natural e verificar o melhoramento dos dois ensaios: solo melhorado com a adição de cimento e solo-brita, e analisar também a expansão sofrida após quatro dias de imersão do conjunto ensaiado (Tabela 10)

Tabela 10: Resultados do CBR e expansão na umidade ótima

Parâmetro da amostra	Amostra de solo Natural			Amostra de solo com adição de 2% de cimento			Amostra de solo com adição de 3% de cimento			Amostra de solo com adição de 4% de cimento			Amostra de solo com adição de 50% de brita		
	J01	J02	J03	J01	J02	J03	J01	J02	J03	J01	J02	J03	J01	J02	J03
CBR %	46,2	33,6	37,3	55,2	48,7	52,9	82,0	70,1	88,0	91,0	83,5	85,7	83,5	63,4	61,1
Expansão %	0,88	0,44	0,79	0,45	0,44	0,43	0,44	0,49	0,48	0,40	0,44	0,49	0,49	0,50	0,48

Fonte: Arquivo pessoal - 2016

4.4.1. Análise dos ensaios de suporte Califórnia (CBR) e expansão do solo natural.

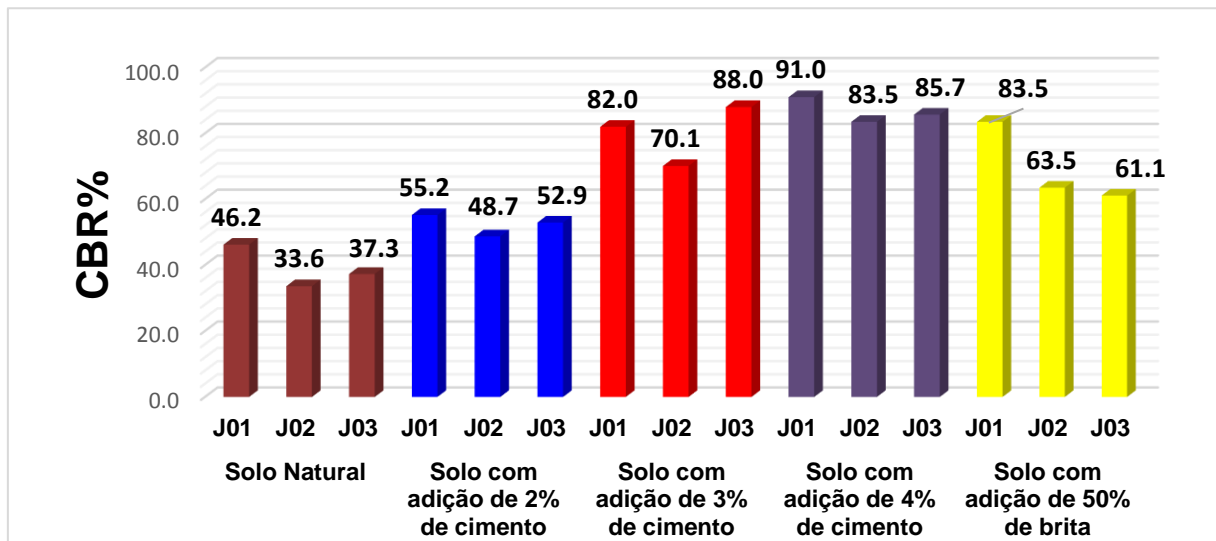
Conforme os valores expostos na Tabela 10, observou-se que os ensaios das jazidas J01, J02 e J03 com solo natural apresentaram resultados insatisfatórios para o uso na camada de base, pois os resultados dos CBR foram todos menores que 80%, portanto não atenderam aos valores especificados pelo DNIT que exige CBR $\geq 80\%$. Porém esses mesmos valores podem ser usados na camada de sub-base, pois atende ao valor especificado pelo DNIT que exige CBR $\geq 20\%$. Nos ensaios de expansão somente a jazida J02 alcançou o valor exigido pelo DNIT, o qual exige uma expansão de $\leq 0,5\%$.

O solo natural possui caráter expansivo, ou seja, aumenta o volume quando umedecidos e conseqüentemente quando resseca se contraem quando resseca. Portanto os problemas mais comuns dos solos são a expansão, são trincas e fissuras. Com a adição de cimento ou brita houve uma estabilização da sua expansão.

4.4.2 Análise dos ensaios do solo melhorado com adição de cimento nas jazidas J01, J02 e J03.

As misturas na umidade ótima modificadas com acréscimo de 2% de cimento não atingiram o valor especificado pelo DNIT para o uso do solo na camada de base, porém os valores da expansão atenderam o exigido pelo DNIT, enquanto que nos ensaios com acréscimo de 3% de cimento, somente a jazida J02 não atendeu ao valor especificado pelo DNIT para o uso do solo nas rodovias federais, exigem que o CBR deva estar dentro do intervalo especificado pelo DNIT, CBR $\geq 80\%$, porém, o solo da J02 pode ser usa nas rodovias estaduais, pois com CBR 70,1% atende ao valor especificado pelo DNIT que exige CBR $\geq 60\%$, ao passo que, nos ensaios com acréscimo de 4% de cimento todos os valores de CBR atenderam aos parâmetros exigidos pelo DNIT para uso do solo na base como também atenderam às exigências dos valores da expansão que no mínimo tem que ser $\leq 0,5\%$.

O gráfico 5 mostra os valores dos CBR das quatro análises: solo melhorado com 2%, 3% e 4% de cimento e o solo melhorado com brita.

Gráfico 5:: Resumo dos valores dos CBR

Fonte: Próprio autor - 2016

Pode-se concluir que as jazidas mais viáveis para a utilização do material de base foram J01 e J03, com apenas 3% de acréscimo de cimento alcançaram o valor do CBR especificado pelo DNIT. No tocante à economia, a jazida J01 é mais viável que a J3, pois, no critério distância é a que se localiza mais próxima do Palácio do Araguaia, distante apenas 6,0Km, economizando assim no transporte de material.

4.4.3 Análise de custos da jazida J01 com adição de 3% de cimento.

Em virtude dos estudos dos ensaios granulares realizados nas três jazidas (J01, J02 e J03), chegou-se à conclusão que a jazida J01 foi a que apresentou os melhores resultados nos ensaios, por isso, foi a escolhida para o comparativo econômico com a jazida padrão; que se encontra a uma distância de 34Km, ou seja, bem mais distante que a jazida J01 que se localiza apenas a 6,0Km do Palácio do Araguaia.

A utilização dos materiais das jazidas melhoradas, nas obras de pavimentação, em substituição dos solos de jazida padrão, além proporcionar a preservação dos recursos naturais e diminuição da exploração de novas jazidas, podem trazer também uma solução de minimizar o custo para a execução de obras de pavimentação. Portanto, neste trabalho procurou-se realizar a comparação das misturas de solo melhorado para a execução em camadas de base e sub-base, utilizando os menores percentuais de cimento ou brita e que torne possível a utilização das misturas

estudadas para o uso nas obras de pavimentação. Em relação ao custo das misturas com aditivos, usualmente empregadas para execução de base e sub-base com solo de baixa capacidade de suporte, os dados obtidos têm como base de preço o Sistema de Custo Rodoviário do DNIT - SICRO II/TO –16 maio 2016, como demonstra a figura 28.

Figura 28 - Resumo do custo unitário de transporte

DNIT - Sistema de Custos Rodoviários				SICRO2	
Atividades Auxiliares				Tocantins	
Resumo dos Custos Unitários de Referência: Maio de 2016				RCTR0330	
Código	Atividade / Serviço	Custo Unitário		Preço Unitário	
		Und	Direto	LDI	Total
1 A 00 001 05	Transp. local c/ base. 10m3 rodov. não pav (const)	tkm	0,80	0,00	0,80

Fonte: SICRO II/TO – 16/05/2016

Para a realização do estudo de custo da jazida J01 com adição de 3% de cimento, foi necessário obter alguns dados no site do SICRO, como o preço do transporte do material.

Sabe-se que a quantidade de solo necessária para realizar o ensaio no cilindro de compactação é de 5,0Kg, portanto o percentual da quantidade de cimento é calculado em cima de 5,0Kg de solo, como mostra a tabela 12.

Tabela 11: Porcentagem de cimento para 5,0Kg de solo

Porcentagem (%)	Peso (Kg)
3	0,15

Fonte: Próprio autor - 2016

Para o cálculo da quantidade de cimento por metro cúbico, foi necessário obter nos ensaios realizados em laboratório o valor da densidade aparente do solo da jazida J01, que é 1610Kg/m³.

Proporção de cimento em relação a densidade aparente do solo da jazida J01, (Tabela 12).

5,0Kg (solo) -----0,15Kg (cimento)

1610 Kg (solo) ----- x

$$X = 48,30\text{Kg/m}^3$$

Tabela 12: Proporção da adição de cimento

JAZIDA J01- SOLO MELHORADO COM ADIÇÃO DE 3% DE CIMENTO			
Adição de cimento (%)	Proporção da adição de cimento p/ 5,0Kg de solo	Densidade aparente do solo (Kg/m³)	Quantidade de cimento (Kg/m³)
2	0,10	1610	32,20
3	0,15	1610	48,30
4	0,20	1610	64,40

Fonte: Próprio autor - 2016

Observando a tabela 12, é importante ressaltar que os valores correspondentes a 2% e 4% de cimento foram calculados só para efeito de curiosidade, já que, o percentual de 2% não atingiu o CBR especificado pelo DNIT para uso na base, porém pode ser usado na camada de sub-base, já o percentual de 4% atingiu o especificado pelo DNIT para o uso na base, mas não atendeu ao critério economia, portanto, para o uso dos dados comparativos o percentual a ser considerado vai ser o de 3%, pois, o CBR pode ser usado tanto na sub-base quanto na base e atende ao critério economia.

Análise de custo do solo melhorado com adição de 3% de cimento na jazida J01, tabela 13.

Segundo o SICRO II/TO – 16/05/2016 os valores do saco de cimento de 50Kg e transporte do material são respectivamente **R\$26,80** e **R\$0,80t.Km**.

Tabela 13: Análise de custo do solo melhorado com adição 3% de cimento na J01

SOLO MELHORADO COM ADIÇÃO DE 3% DE CIMENTO – JAZIDA 01								
Densidade aparente do solo da J01 (t)	Distância (Km)	Momento de Transporte (t.Km)	Custo de Transporte (R\$)	Custo do Transp. p/ 6,0Km (R\$)	Preço do Kg de cimento (R\$)	Quantidade de cimento (Kg/m³)	Custo do cimento em m³ (R\$)	Custo Total em m³ (R\$)
1,61	6,0	9,66	0,80	7,73	0,536	48,30	25,88	33,61

Fonte: Próprio autor - 2016

4.4.4 Análise de custos da jazida J01 com adição de brita.

Para análise de custos da jazida J01 com adição de 50% de brita, foi necessário obter dois dados importantes, o primeiro é a densidade aparente da brita que é 1640Kg/m³ e o outro dado é o preço da brita. O preço da brita foi obtido no site DNIT - SICRO II/TO – 16 maio 2016, utilizando como referência o código 1A 00 717 00 da figura 29.

Figura 29: Preço do metro cúbico da brita

DNIT - Sistema de Custos Rodoviários				SICRO2	
Atividades Auxiliares				Tocantins	
Resumo dos Custos Unitários de Referência: Maio de 2016				RCTR0330	
Código	Atividade / Serviço	Und	Custo Unitário Direto	LDI	Preço Unitário Total
1 A 00 717 00	Brita Comercial	m3	81,58	0,00	81,58

Fonte: SICRO II/TO – 16/05/2016

Peso da brita numa amostra de 5,0kg de solo.

Tabela 14: Peso de brita para 5,0Kg de solo

Proporção (%)	Peso (Kg)
50	2,5

Fonte: Autor - 2016

Proporção de brita em relação a densidade aparente do solo da jazida J01, tabela 15.

1610 Kg (solo) ----- x

5,0Kg (solo) -----2,5Kg (brita)

$$X = 805,00 \text{ Kg/m}^3$$

Tabela 15: Proporção de brita em relação a densidade do solo

JAZIDA J01- SOLO MELHORADO COM ADIÇÃO DE 50% DE BRITA				
Adição de brita (%)	Quantidade de brita para 5,0Kg de solo (Kg)	Densidade do solo (Kg/m ³)	Densidade aparente da brita (Kg/m ³)	Proporção da adição de brita em relação a densidade do solo (Kg/m ³)
50	2,5	1610	1640	805,00

Fonte: Próprio autor - 2016

Análise de custos do solo melhorado com adição de 50% de brita na jazida J01, tabela 16.

Segundo o SICRO II/TO – 16/05/2016 o valor do m³ da brita é **R\$81,58** e o valor do transporte é o mesmo usado no item anterior **R\$0,80t.Km**.

Tabela 16: Análise de custos do solo melhorado com adição 50% de brita na J01

SOLO MELHORADO COM ADIÇÃO DE 50% DE BRITA – JAZIDA J01								
Densidade Aparente do Solo da J01 (t)	Distância (Km)	Momento de Transporte (t.km)	Custo Unitário de Transporte	Custo do Transp. p/ 6,0Km (R\$)	Preço do m ³ da Brita (R\$)	Proporção de brita em 1m ³ de solo (m ³)	Custo da Brita /m ³ de solo (R\$)	Custo Total de 1m ³ (R\$)
1,61	6,0	9,66	0,80	7,73	81,58	0,50	40,80	48,53

Fonte: Próprio autor - 2016

Observou-se a partir dos levantamentos das informações que o custo do transporte do solo mais o gasto com adição de 3% de cimento foi de **R\$33,61/m³**; e o custo do solo melhorado com adição de 50% de brita totalizou um valor de **R\$48,53/m³**. Portanto, o processo de melhoramento com adição de 3% de brita obteve uma economia de **R\$14,92/m³** em relação ao solo com adição de 50% de brita.

4.4.5 Análise de custos da jazida padrão

Para realização do estudo da jazida padrão, com características de suporte satisfatória, ou seja, não necessita de aditivo para atingir o valor do CBR especificado pelo DNIT, foi necessário obter a densidade aparente do solo, que é de 1610Kg/m³, como também, o valor da distância da jazida em relação ao ponto de referência adotado, que é de **34Km**, (Tabela 17).

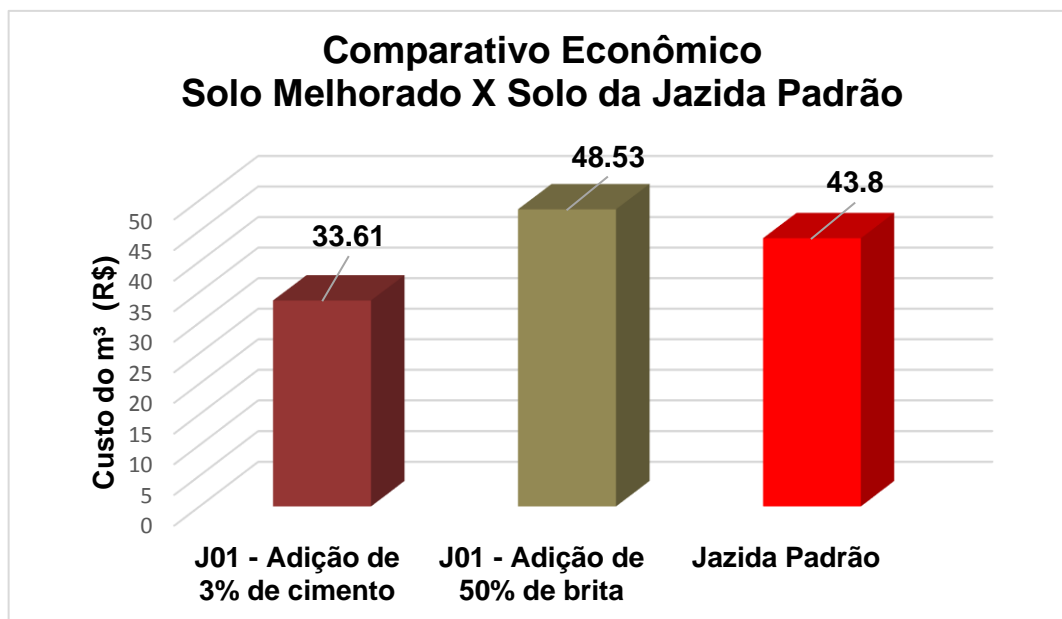
Tabela 17: Estudo econômico da jazida padrão

JAZIDA PADRÃO				
Densidade Aparente do Solo da J01 (t)	Distância (Km)	Momento de Transp. (t.Km)	Custo Unitário de Transporte (R\$/t.Km)	Custo Total (R\$)
1,61	34km	54,74	0,80	43,80

Fonte: Próprio autor - 2016

4.4.6 Comparativo econômico entre as três possibilidades de uso do solo

Conforme as três possibilidades de uso do solo estudada, a melhor opção é a que garante a execução da obra com o menor custo operacional, conforme o gráfico 8.

Gráfico 8: Análise econômica do custo Final

Fonte: Próprio autor -2016

Analisando as três possibilidades estudadas, o gráfico 8 define que o melhoramento do solo com adição de 50% de brita é inviável economicamente, pois um dos motivos foi o preço elevado da brita e o uso da grande quantidade de brita para cada m³. Já a jazida padrão também não ofereceu condições satisfatórias para o uso do material, devido ao gasto com transporte, uma vez que está localizada a uma distância de 34km em relação ao ponto de referência adotado, tornando assim a busca do material inviável. Portanto, a melhor opção entre as três jazidas é a J01; os motivos

que levaram a J01 com adição de 3% de cimento ser a melhor opção, foi a proximidade da jazida em relação ao ponto de referência adotado (Palácio do Araguaia) e o menor percentual de uso de cimento, economizando assim no transporte de material e no gasto com adição de cimento.

5 CONCLUSÃO

A pesquisa desenvolvida avaliou os resultados dos solos de três jazidas, considerando-as três situações, para utilização nas camadas de base e sub-base de pavimentos urbanos, sendo:

- solo no seu estado natural;
- mistura de solo com adição 2%, 3% e 4% de cimento
- mistura de solo com a dição de 50% de brita,

Os materiais coletados e utilizados nas misturas foram caracterizados como solos argilosos e classificados como A-7, pela classificação TRB e apresentaram variações nos resultados do Índice de Suporte Califórnia.

No estudo do solo natural, da jazida J02, foi a que apresentou o menor CBR, resultando em 33,6%. Analisando as jazidas com solos melhorados a que apresentou o resultado mais satisfatório de suporte foi a jazida J01, com adição de 4% de cimento, alcançado 91%.

Para quase todas as misturas, os valores das expansões foram compatíveis para uso em camadas de base e sub-base. Somente as jazidas J01 e J03 no seu estado natural não atenderam os valores de expansão especificado pelo Departamento Nacional de Infraestrutura e Transporte - DNIT.

Com adição de cimento, o Índice de Plasticidade apresentou redução de valores, uma relação inversamente proporcional entre teor de cimento e índice de plasticidade.

Observou-se também que a adição de cimento e brita proporcionaram aumentos significativos de resistência em relação ao solo puro. Ao analisar todos os resultados dos ensaios, conclui-se que jazida J01 foi a que obteve os melhores resultados nos ensaios e, portanto, foi a escolhida para o comparativo com a jazida (denominada de jazida padrão) de material selecionados, enquadrados nos padrões técnicos do DNIT para utilização em obras de pavimentação.

O resultado do comparativo de Viabilidade Econômica entre a jazida J01 e a jazida padrão, conclui-se que, a jazida J01 com adição de 3% de cimento é a melhor opção, pois o seu material apresentou uma excelente qualidade de resistência de

suporte e uma economia de R\$10,18 para cada metro cúbico de solo em relação a jazida padrão.

Vale lembra que nesse orçamento, só foram contabilizados os valores do transporte e dos materiais usados como aditivos (cimento e brita), existem também, outros itens que não foi levado em consideração, tais como: Administração local e manutenção do canteiro de obras, Fornecimento e instalação de placa de identificação da obra, Serviços topográficos para pavimentação, Escavação mecânica de material, regularização e compactação de subleito etc, que são comuns tanto para o solo melhorado quanto para o solo da jazida padrão.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADAM, J-P. Roman building: **materials and techniques**. London: B.T. Batsford, 1994.
- Associação Brasileira de Cimento Portland – ABCP, São Paulo, 2010.
- BAPTISTA, C. de F. N. **Pavimentação. Compactação de Solos no Campo; Camadas de Base; Estabilização de Solos**. Tomo II, 2. ed. Porto Alegre: Editora Globo, 1976.
- BERNUCCI, L. B; MOTTA, L. M. G; CERATI, J. A. P; SOARES, J. B. **Pavimentação asfáltica**. Rio de Janeiro, 2007.
- BERNUCCI, L.B. [et al]. **Pavimentação asfáltica**: formação básica para engenheiros – Rio de Janeiro: PET ROBRAS: ABED A, 2006.
- BERNUCCI, Liedi Bariani et al. **Pavimentação Asfáltica**: Formação Básica para Engenheiros. Rio de Janeiro. [s.n.], 2010.
- CAPUTO, Homero Pinto. **Mecânica dos Solos e Suas Aplicações**. Rio de Janeiro: Caracterização. Rio de Janeiro, 1988.
- CHEVALLIER, R. Roman roads. Berkeley, California: UP, 1976.
- DAS, Braja M. **Fundamentos de Engenharia Geotécnica**. São Paulo: Thomsom Learning, 2007.
- DNER- ES 304/97 – Revisão da Norma - **Pavimentos flexíveis – Base de solo Melhorado com Cimento - Especificação de Serviço**
- DNER –ME 041/94 – **Preparação da Amostra para Ensaio de Caracterização**.
- DNIT (2006). **Manual de Pavimentação**. Departamento Nacional de Infra-estrutura de Transportes. Publicação IPR 719, 3 ed. Rio de Janeiro, RJ. 278 p.
- DNIT 049/2014 – ME -**Determinação do índice de Suporte Califórnia utilizando amostras não trabalhadas**
- DNIT 142/2010 – ES - **Pavimentação – Base de solo melhorado com cimento - Especificação de serviço**.
- DNIT 137/2010 - ES - **Regularização do subleito** - Especificação de serviço
- DNIT 164/2013-ME - **Solos – Compactação utilizando amostras não trabalhadas**
- DNIT IPR – 719 **Manual de pavimentação – 2006**
- GOOGLE EARTH. **Programa de Imagens por Satélite**. Versão 4.0.209 (beta), acessado em 26/042016
- HAGEN, V.W. **A estrada do sol**. São Paulo: Edições Melhoramentos, 1955.

<http://www.geipot.gov.br/anuario2001/>

<http://www.google.com.br/search?q=curva+granulometrica>

http://www.proasfalto.com.br/07_download.htm>. Acesso em 15 abr. 2013.

http://www.webcalc.com.br/engenharia/peso_espec_tab.html

http://www.abcp.org.br/basico_sobre_cimento/solo_cimento.shtml.htm

LEANDRO, Rodrigo Pires. **Estudo laboratorial acerca da possibilidade de aproveitamento da cinza pesada de termelétrica em bases e sub-bases de pavimentos flexíveis**. 2005. 195 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2005.

MEDINA, J. e MOTTA, L.M.G. **Mecânica dos Pavimentos**. 2ª Ed. Rio de Janeiro: Editora UFRJ, 2005

NBR 11170:1990 - **Serviços de Pavimentação**.

NBR 12053 /92 – **Ensaio de Compactação de Solo Cimento**

NBR 12053/92 – **Determinação da Dosagem Solo-brita**

NBR 6459 /1984 – **Determinação do Limite de Liquidez**.

NBR 6490 – **Determinação do Limite de Liquidez**. Rio de Janeiro, 1984.

NBR 8491 /84 – **Tijolo maciço de Solo Cimento**

NBR-7180: **Determinação do Limite de Plasticidade**. Rio de Janeiro, 1984.

NBR-7181: **Análise granulométrica**. Rio de Janeiro, 1984.

NBR-7182: Solo – Ensaio de Compactação. Rio de Janeiro, 1984.

OLIVEIRA, Rodrigo Fidelis Viana de. **Análise de dois Solos Modificados com Cimento para Dimensionamento de Pavimentos**. 2011. 186 f. Dissertação de Mestrado (Mestrado Profissional em Engenharia Geotécnica) – Escola de Minas da Universidade Federal de Ouro Preto, 2011.

PINTO, Carlos de Souza. **Curso Básico de Mecânica dos Solos**. 2.ed São Paulo, 2002

PORTLAND, **Associação Brasileira de Cimento**. Manual de Pavimento Intertravado: Passeio Público.

SEGANTINI, A. A. da S. **Utilização de solo-cimento plástico em estacas escavadas com trado mecânico em Ilha Solteira-SP**. Tese de Doutorado, Faculdade de Engenharia Agrícola – FEAGRI, Departamento de Construções Rurais - 2000

SENÇO, Wlastermiler de. **Manual de Técnicas de Pavimentação**: volume 2. 1. ed. São Paulo: Pini, 2008. 671 p.fBer

SOUZA, M.L (1980). **Pesquisa sobre métodos de dimensionamento de pavimentos flexíveis. Pavimentação Rodoviária**. 2 ed rio de Janeiro –RJ : LTC Editora,

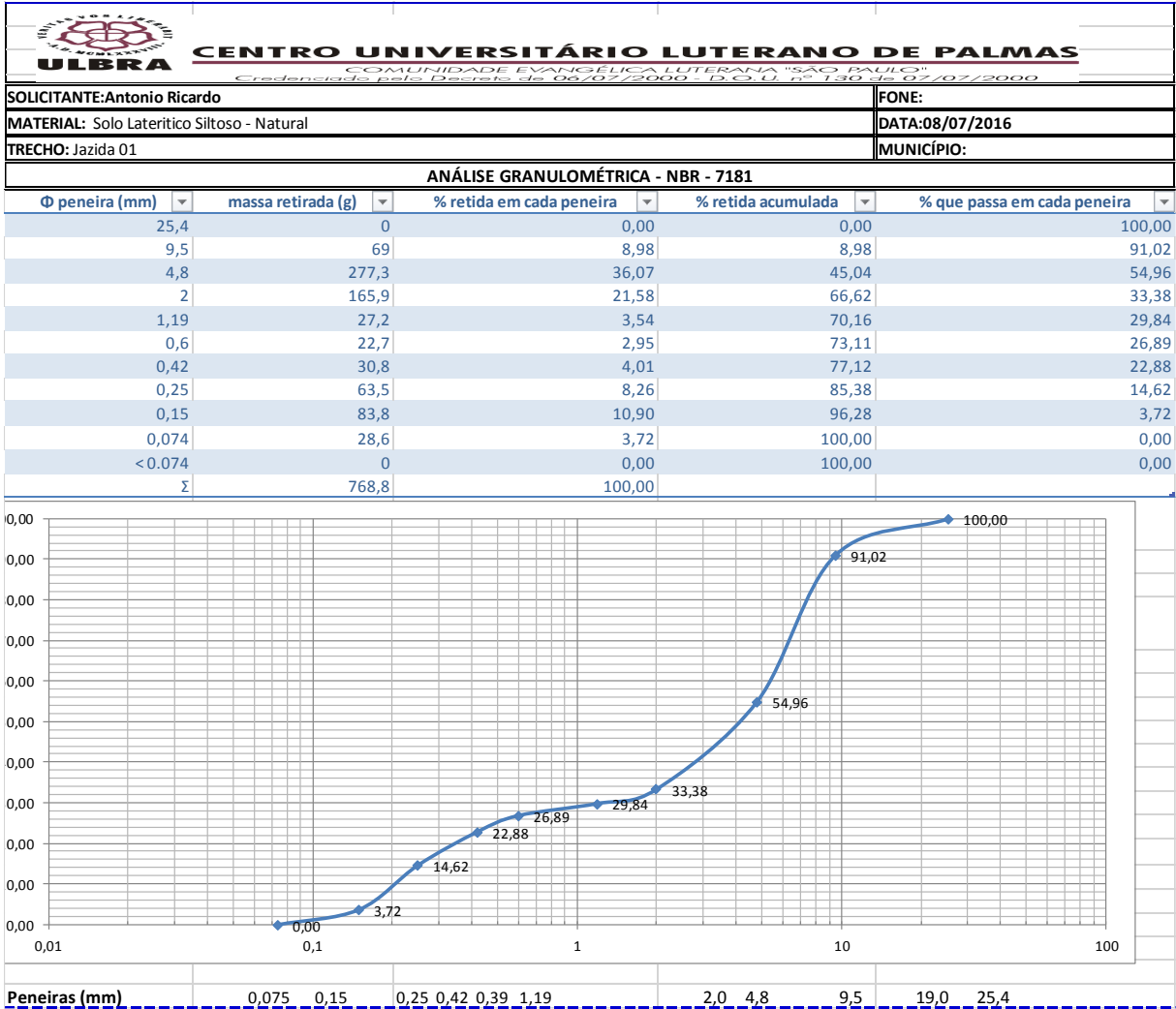
TEIXEIRA, Cidália Conceição Rocha. **Avaliação do potencial de ligantes à base de sódio e cinzas volantes na estabilização de solos** – comparação com soluções tradicionais. 2010. 90 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil.

VARGAS, M. **Introdução à Mecânica dos solos**. São Paulo: Editora McGraw – Hill, 1977.

VILLIBOR, Douglas Fadul; NOGAMI, Job Shuji. **Pavimentos Econômicos: Tecnologia do uso dos Solos Finos Lateríticos**. São Paulo: Arte & Ciência, 2009.

WANG, Lan. ***Cementitious Stabilization of soils in the presence of sulfate***. Department of Civil & Environmental Engineering. (Thesis). Wuhan University of Technology. Louisiana, 2002.

7 ANEXOS





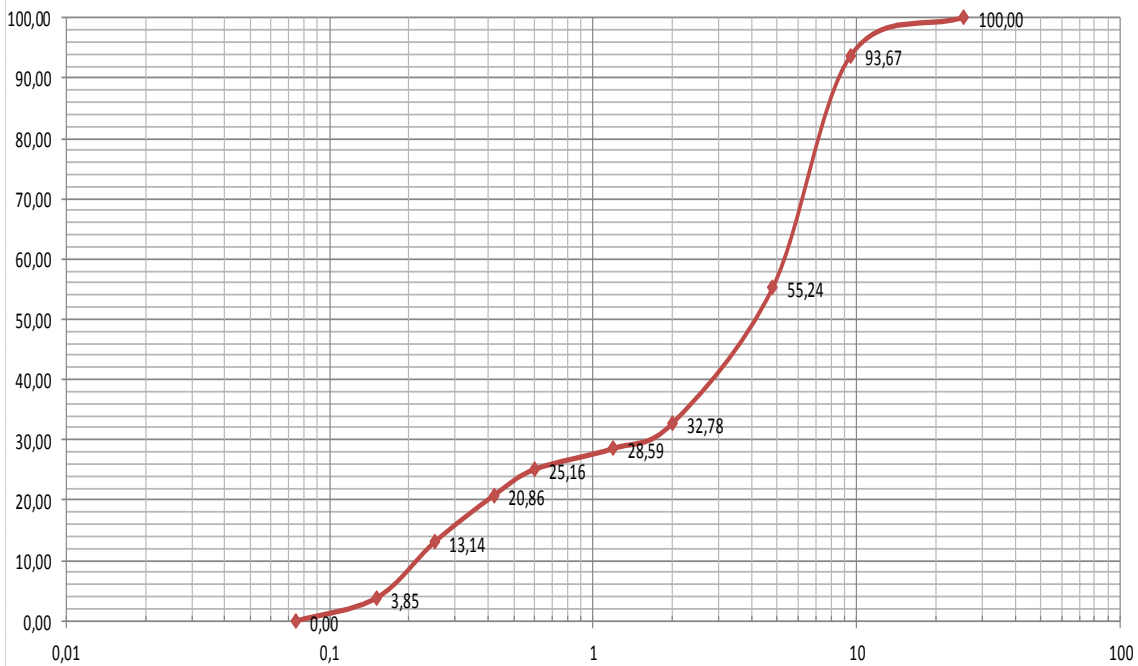
CENTRO UNIVERSITÁRIO LUTERANO DE PALMAS

COMUNIDADE EVANGÉLICA LUTERANA "SÃO PAULO"
Credenciado pelo Decreto de 06/07/2000 - D.O.U. nº 130 de 07/07/2000

SOLICITANTE: Antonio Ricardo	FONE:
MATERIAL: Solo Laterítico Argiloso - Solo natural	DATA: 08/07/2016
TRECHO: Jazida 02	MUNICÍPIO: Palmas

ANÁLISE GRANULOMÉTRICA - NBR - 7181

Φ peneira (mm)	massa retirada (g)	% retida em cada peneira	% retida acumulada	% que passa em cada peneira
25,4	0	0,00	0,00	100,00
9,5	48,9	6,33	6,33	93,67
4,8	296,8	38,43	44,76	55,24
2	173,5	22,46	67,22	32,78
1,19	32,4	4,19	71,41	28,59
0,6	26,5	3,43	74,84	25,16
0,42	33,2	4,30	79,14	20,86
0,25	59,6	7,72	86,86	13,14
0,15	71,8	9,30	96,15	3,85
0,074	29,7	3,85	100,00	0,00
<0.074	0	0,00	100,00	0,00
Σ	772,4	100,00		



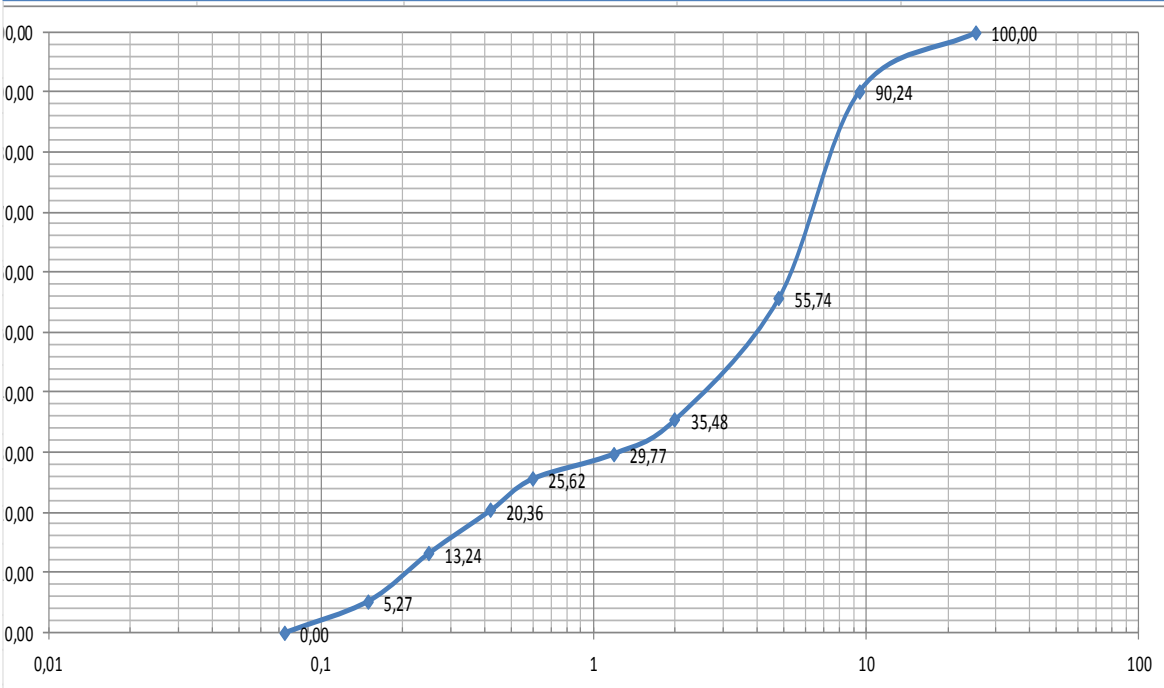
Peneiras (mm)	0,075	0,15	0,25	0,42	0,39	1,19	2,0	4,8	9,5	19,0	25,4
---------------	-------	------	------	------	------	------	-----	-----	-----	------	------


CENTRO UNIVERSITÁRIO LUTERANO DE PALMAS
 COMUNIDADE EVANGÉLICA LUTERANA "SÃO PAULO"
 Credenciada pelo Decreto de 06/07/2000 - D.O.U. nº 130 de 07/07/2000



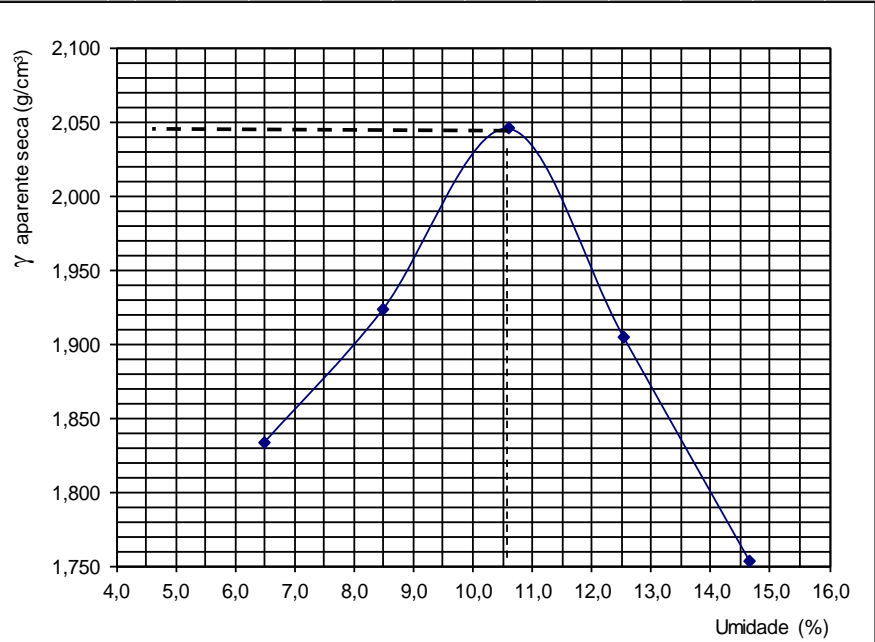
SOLICITANTE: Antonio Ricardo	FONE:
MATERIAL: Solo Laterítico Argiloso - Solo Natural	DATA: 08/07/2016
TRECHO: Jazida 03	MUNICÍPIO: Palmas

ANÁLISE GRANULOMÉTRICA - NBR - 7181

Φ peneira (mm)	massa retirada (g)	% retida em cada peneira	% retida acumulada	% que passa em cada peneira
25,4	0	0,00	0,00	100,00
9,5	76,3	9,76	9,76	90,24
4,8	269,8	34,51	44,26	55,74
2	158,4	20,26	64,52	35,48
1,19	44,6	5,70	70,23	29,77
0,6	32,5	4,16	74,38	25,62
0,42	41,1	5,26	79,64	20,36
0,25	55,7	7,12	86,76	13,24
0,15	62,3	7,97	94,73	5,27
0,074	41,2	5,27	100,00	0,00
<0,074	0	0,00	100,00	0,00
Σ	781,9	100,00		



Peneiras (mm)	0,075	0,15	0,25	0,42	0,39	1,19	2,0	4,8	9,5	19,0	25,4
% que passa	5,27	13,24	20,36	25,62	29,77	35,48	55,74	90,24	100,00		

 CENTRO UNIVERSITÁRIO LUTERANO DE PALMAS COMUNIDADE EVANGÉLICA LUTERANA "SÃO PAULO" Credenciado pelo Decreto de 06/07/2000 - D.O.U. nº 130 de 07/07/2000															
LABORATÓRIO DE SOLOS E ROCHAS															
Solicitante: Antonio Ricardo				Fone:				Data: 09/07/2016							
Descrição: Solo natural				Estaca:				Reg. N°:							
Trecho: Jazida 01				Prof (m):				Amostra:							
Energia: Proctor Intermediário				N° Golpes: 26		Soquete: Grande		Molde: Grande							
COMPACTAÇÃO - NBR-7182												Umidade Higroscópica			
Teor de Umidade												1		2	
N° Cápsula	#	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	1	2		
C + S + A	(g)	83,7	83,7	88,8	88,8	120,5	120,5	106,0	106,4	94,5	94,5	582,7	659,7		
C + S	(g)	79,6	79,6	83,2	83,2	110,9	110,9	96,3	96,3	84,7	84,7	576,9	651,0		
C - Cápsula	(g)	16,6	16,6	17,2	17,2	20,3	20,3	17,3	17,3	17,8	17,8	153,3	102,3		
A - Água	(g)	4,1	4,1	5,6	5,6	9,6	9,6	9,7	10,1	9,8	9,8	5,8	8,7		
S - Solo	C	63,0	63,0	66,0	66,0	90,6	90,6	79,0	79,0	66,9	66,9	423,6	548,7		
w - Umidade	(%)	6,5	6,5	8,5	8,5	10,6	10,6	12,3	12,8	14,6	14,6	1,4	1,6		
Umidade Média (%)		6,5		8,5		10,6		12,5		14,6		1,5			
Dados de Compactação dos Corpos de Prova												Material Usado em Cada CP para Homogeneização			
Agua Adic.	(g)	300	400	500	600	700	M _{úmida} (g)			5000					
% Agua Adic.	(%)	6,0	8,0	10,0	12,0	14,0	N°			Peso					
Umidade Calc.	(%)	6,5	8,5	10,6	12,5	14,6	#			Volume					
N° do Molde	#	17	7	18	20	10	(cm)			(cm ³)					
M + S + A	(g)	9530	9960	10150	9970	9550	2	5455	2087	2	5603	2089			
M - Molde	(g)	5455	5603	5420	5510	5360	2	5420	2091	2	5510	2081			
S + A	(g)	4075	4357	4730	4460	4190	2	5360	2085						
γ úmida	(g/cm ³)	1,953	2,086	2,262	2,143	2,010									
γ seca	(g/cm ³)	1,833	1,923	2,045	1,905	1,753									
Curva de Compactação												Resumo			
												γ _{s,max} (g/cm ³)	1,935		
												W _{ótima} (%)	10,5		
Observações Gerais:															
Visto															

 <p>ULBRA</p>	<p>CENTRO UNIVERSITÁRIO LUTERANO DE PALMAS</p> <p>COMUNIDADE EVANGÉLICA LUTERANA "SÃO PAULO"</p> <p>Credenciado pelo Decreto de 06/07/2000 - D.O.U. nº 130 de 07/07/2000</p>	
---	---	---

LABORATÓRIO DE SOLOS E ROCHAS

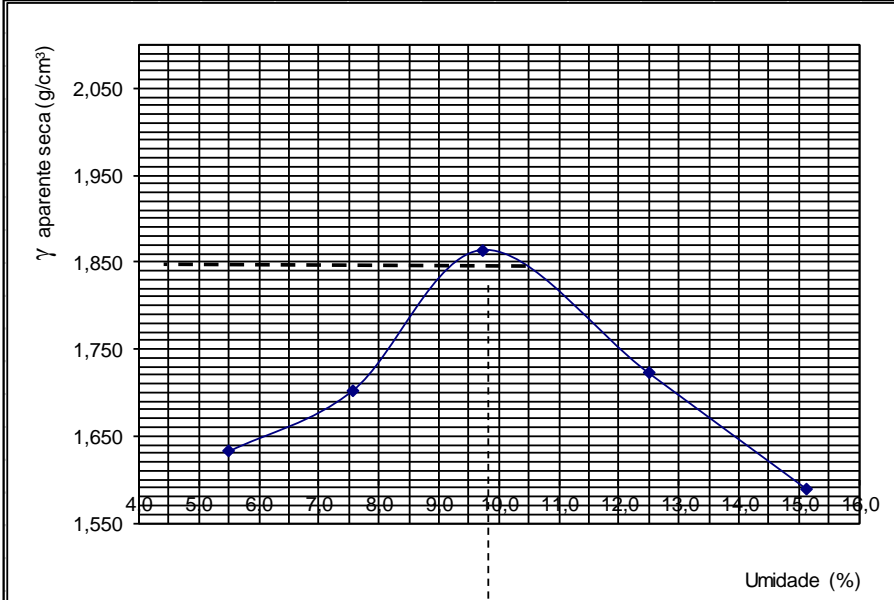
Solicitante: ANTONIO RICARDO	Fone:	Data: 09/07/2016
Descrição: Solo natural	Estaca:	Reg. N°:
Trecho: Jazida 02	Prof (m):	Amostra:
Energia: Proctor Intermediário	N° Golpes: 26	Soquete: Grande
		Molde: Grande

COMPACTAÇÃO - NBR-7182

Teor de Umidade											Umidade Higroscópica		
N° Cápsula	#	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	1	2
C + S + A	(g)	61,3	61,3	57,5	57,5	60,0	60,0	86,4	86,4	57,9	57,9	582,7	659,7
C + S	(g)	58,9	58,9	54,5	54,5	56,2	56,2	78,6	78,6	52,8	52,8	576,9	651,0
C - Cápsula	(g)	15,3	15,3	14,9	14,9	17,2	17,2	16,2	16,2	19,1	19,1	153,3	102,3
A - Água	(g)	2,4	2,4	3,0	3,0	3,8	3,8	7,8	7,8	5,1	5,1	5,8	8,7
S - Solo	C	43,6	43,6	39,6	39,6	39,0	39,0	62,4	62,4	33,7	33,7	423,6	548,7
w - Umidade	(%)	5,5	5,5	7,6	7,6	9,7	9,7	12,5	12,5	15,1	15,1	1,4	1,6
Umidade Média	(%)	5,5		7,6		9,7		12,5		15,1		1,5	

Dados de Compactação dos Corpos de Prova						Material Usado em Cada CP para Homogeneização			
Água Adic.	(g)	250	350	450	550	650	M_{úmida} (g)	5000	
% Água Adic.	(%)	5,0	7,0	9,0	12,0	14,0			
Umidade Calc.	(%)	5,5	7,6	9,7	12,5	15,1	N°	Peso	Volume
N° do Molde	#	10	20	11	12	71	#	(cm)	(cm ³)
M + S + A	(g)	8950	9320	9650	9400	9260	2	5360	2085
M - Molde	(g)	5360	5510	5383	5370	5440	2	5510	2081
S + A	(g)	3590	3810	4267	4030	3820	2	5383	2087
γ úmida	(g/cm ³)	1,722	1,831	2,045	1,938	1,830	2	5370	2080
γ seca	(g/cm ³)	1,632	1,702	1,863	1,722	1,589	2	5440	2088

Curva de Compactação



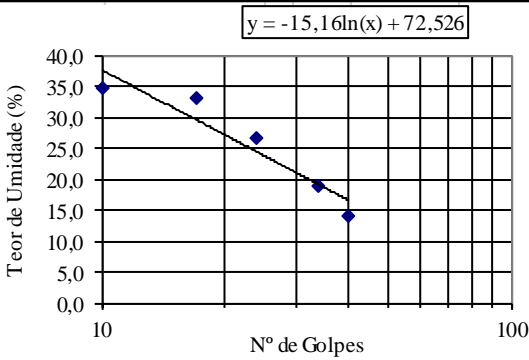




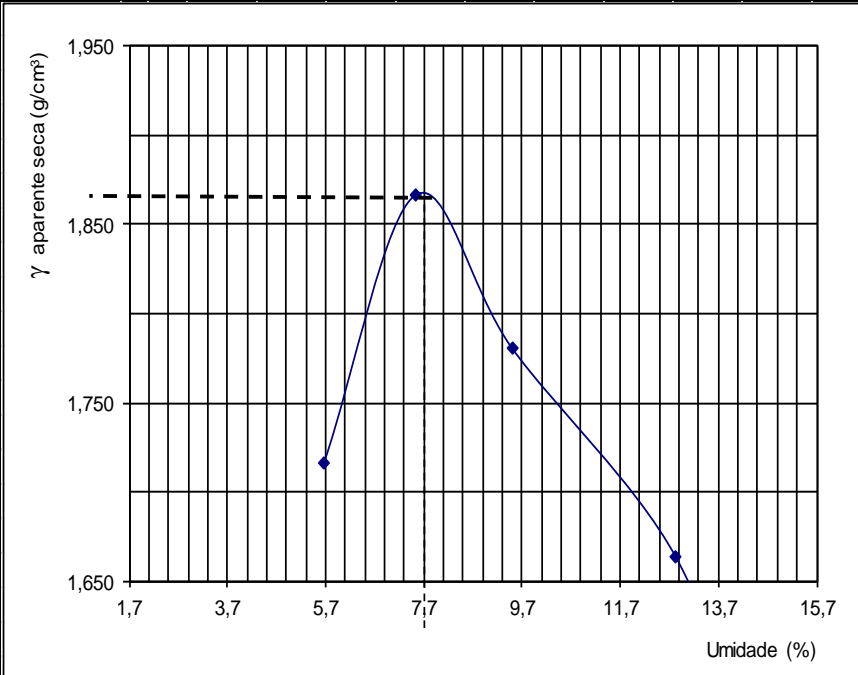
Resumo



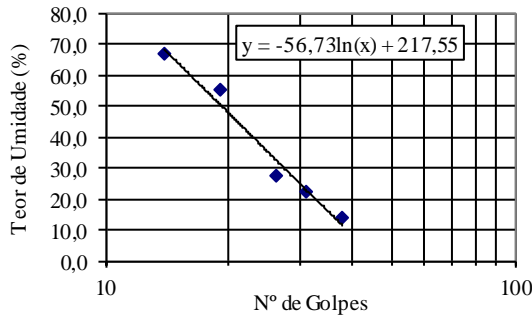
γ_{s,max} (g/cm ³)	1,860
W_{ótima} (%)	9,8



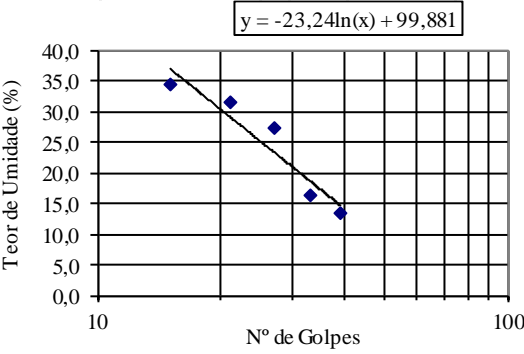
Observações Gerais:

Visto

 CENTRO UNIVERSITÁRIO LUTERANO DE PALMAS COMUNIDADE EVANGÉLICA LUTERANA "SÃO PAULO" Credenciado pelo Decreto de 06/07/2000 - D.O.U. nº 130 de 07/07/2000								
LABORATÓRIO DE SOLOS E ROCHAS								
Solicitante:	Antonio Ricardo O. Moraes	Fone:						
Descrição:	Solo Laterítico Siltoso	Estaca:						
Trecho:	Jazida 01	Prof (m):						
Obs:		Data:						
		Reg. Nº:						
		Amostra:						
LIMITE DE LIQUIDEZ - NBR-6459								
Determinação	#	1	2	3	4	5	6	7
Cápsula	#	1	2	3	4	7		
Massa Solo Úmido + Cápsula	(g)	43,10	44,10	45,60	47,30	47,90		
Massa Solo Seco + Cápsula	(g)	40,10	39,80	40,30	39,80	40,60		
Massa da Cápsula	(g)	18,50	17,20	20,30	17,20	19,50		
Massa da Água	(g)	3,00	4,30	5,30	7,50	7,30		
Massa Solo Seco	(g)	21,60	22,60	20,00	22,60	21,10		
Teor de Umidade	(%)	13,89	19,03	26,50	33,19	34,60		
Número de Golpes	#	40	34	24	17	10		
LIMITE DE PLASTICIDADE - NBR-7180								
Determinação	#	1	2	3	4	5	6	7
Cápsula	#	1	2	3	4	5		
Massa Solo Úmido + Cápsula	(g)	9,30	9,20	9,50	10,00	9,80		
Massa Solo Seco + Cápsula	(g)	9,10	9,00	9,30	9,80	9,60		
Massa da Cápsula	(g)	8,10	7,90	8,00	8,60	9,80		
Massa da Água	(g)	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20		
Massa Solo Seco	(g)	1,00	1,10	1,30	1,20	1,10		
Teor de Umidade	(%)	20,00	18,18	15,38	16,67	18,18		
		CRITÉRIO DE ACEITAÇÃO DA MÉDIA (LP)						
		#	LP	0,95 LP	1,05 LP	Ñ Serve		
	1	17,68	16,80	18,57	2			
	2	17,56	16,68	18,44				
		LL = A.ln(Nº de Golpes) + B						
		A	-3,2675					
		B	42,695					
		Limite de Liquidez (LL)	25,0					
		Limite de Plasticidade (LP)	17,8					
		Índice de Plasticidade (IP)	7,2					
MASSA ESPECÍFICA - Grãos que passam na # 4,8mm - NBR-6508				Observações Gerais				
Picnômetro Nº	#	1	2	A massa específica do solo em questão foi obtida a partir de amostra seca em estufa a 105°C				
Teor de Umidade	(%)							
Massa Solo Úmido	(g)	76,4	76,8					
Massa Picnômetro+Solo+Água, T°C de Ensaio	(g)	663,10	663,90					
Massa Picnômetro Cheio de Água	(g)	631,00	633,00					
Temperatura de Ensaio	(°C)	24	24					
Massa Solo Seco	(g)	50,00	50,00	Visto				
Massa Específica da Água, T°C de Ensaio	(g/cm³)	0,9981	0,9981					
Massa Específica dos Grãos	(g/cm³)	2,79	2,62					
Massa Específica dos Grãos Média	(g/cm³)	2,71						

		CENTRO UNIVERSITÁRIO LUTERANO DE PALMAS COMUNIDADE EVANGÉLICA LUTERANA "SÃO PAULO" Credenciado pelo Decreto de 06/07/2000 - D.O.U. nº 130 de 07/07/2000											
LABORATÓRIO DE SOLOS E ROCHAS													
Solicitante:	Ricardo			Fone:			Data:						
Descrição:	Solo natural			Estaca:			Reg. Nº:						
Trecho:	Jazida 03			Prof (m):			Amostra:						
Energia:	Proctor Intermediário	Nº Golpes:	26	Soquete:	Grande		Molde:	Grande					
COMPACTAÇÃO - NBR-7182							Umidade Higroscópica						
Teor de Umidade													
Nº Cápsula	#	1	2	3	4	5	1	2					
C + S + A	(g)	67,5	67,5	90,5	90,5	74,0	74,0	75,0	75,0	65,6	65,6	582,7	659,7
C + S	(g)	64,9	64,9	85,4	85,4	69,2	69,2	68,4	68,4	59,4	59,4	576,9	651,0
C - Cápsula	(g)	18,6	18,6	17,3	17,3	18,4	18,4	16,8	16,8	16,8	16,8	153,3	102,3
A - Água	(g)	2,6	2,6	5,1	5,1	4,8	4,8	6,6	6,6	6,2	6,2	5,8	8,7
S - Solo	C	46,3	46,3	68,1	68,1	50,8	50,8	51,6	51,6	42,6	42,6	423,6	548,7
w - Umidade	(%)	5,6	5,6	7,5	7,5	9,4	9,4	12,8	12,8	14,6	14,6	1,4	1,6
Umidade Média	(%)	5,6		7,5		9,4		12,8		14,6		1,5	
Dados de Compactação dos Corpos de Prova							Material Usado em Cada CP para Homogeneização						
Água Adic.	(g)	250	350	450	550	650	M_{úmida} (g)		5000				
% Água Adic.	(%)	5,0	7,0	9,0	12,0	14,0	Nº	Peso	Volume				
Umidade Calc.	(%)	5,6	7,5	9,4	12,8	14,6	#	(cm)	(cm³)				
Nº do Molde	#	10	21	22	3	20	2	5360	2085				
M + S + A	(g)	9140	9700	9510	9350	9200	2	5507	2090				
M - Molde	(g)	5360	5507	5442	5442	5550	2	542	2087				
S + A	(g)	3780	4193	4068	3908	3650	2	5442	2082				
γ úmida	(g/cm ³)	1,813	2,006	1,949	1,877	1,748	2	5550	2088				
γ seca	(g/cm ³)	1,717	1,866	1,781	1,664	1,526							
Curva de Compactação							Resumo						
							γ_{s,max}	1,870					
							W_{ótima}	7,7					
							Observações Gerais:						
Visto													

 CENTRO UNIVERSITÁRIO LUTERANO DE PALMAS COMUNIDADE EVANGÉLICA LUTERANA "SÃO PAULO" Credenciado pelo Decreto de 06/07/2000 - D.O.U. nº 130 de 07/07/2000								
LABORATÓRIO DE SOLOS E ROCHAS								
Solicitante:	Antonio Ricardo	Fone:						
Descrição:	Solo Natural Laterítico Argiloso	Estaca:						
Trecho:	Jazida 2	Prof (m):						
Obs:		Data:	11/07/2016					
		Reg. Nº:						
		Amostra:						
LIMITE DE LIQUIDEZ - NBR-6459								
Determinação	#	1	2	3	4	5	6	7
Cápsula	#	1	2	3	4	7		
Massa Solo Úmido + Cápsula	(g)	40,90	41,40	47,00	45,50	41,07		
Massa Solo Seco + Cápsula	(g)	37,80	36,70	40,60	35,10	31,30		
Massa da Cápsula	(g)	15,30	15,30	17,20	16,20	16,70		
Massa da Água	(g)	3,10	4,70	6,40	10,40	9,77		
Massa Solo Seco	(g)	22,50	21,40	23,40	18,90	14,60		
Teor de Umidade	(%)	13,78	21,96	27,35	55,03	66,92		
Número de Golpes	#	38	31	26	19	14		
LIMITE DE PLASTICIDADE - NBR-7180								
Determinação	#	1	2	3	4	5	6	7
Cápsula	#	1	2	3	4	5		
Massa Solo Úmido + Cápsula	(g)	10,20	11,20	9,90	9,50	9,80		
Massa Solo Seco + Cápsula	(g)	9,90	10,85	9,65	9,28	9,60		
Massa da Cápsula	(g)	8,60	9,00	8,20	8,00	8,30		
Massa da Água	(g)	0,30	0,35	0,25	0,22	0,20		
Massa Solo Seco	(g)	1,30	1,85	1,45	1,28	1,10		
Teor de Umidade	(%)	23,08	18,92	17,24	17,19	18,18		
		CRITÉRIO DE ACEITAÇÃO DA MÉDIA (LP)						
		#	LP	0,95.LP	1,05.LP	Ñ Serve		
		1	18,92	17,98	19,87	2		
		2	18,92	17,98	19,87			
		LL = A.ln(Nº de Golpes) + B						
		A	-3,2675					
		B	42,695					
		Limite de Liquidez (LL)	27,0					
		Limite de Plasticidade (LP)	18,9					
		Índice de Plasticidade (IP)	8,1					
MASSA ESPECÍFICA - Grãos que passam na # 4,8mm - NBR-6508				Observações Gerais				
Picnômetro Nº	#	1	2	A massa específica do solo em questão foi obtida a partir de amostra seca em estufa a 105°C				
Teor de Umidade	(%)							
Massa Solo Úmido	(g)	76,4	76,8					
Massa Picnômetro+Solo+Água, T°C de Ensaio	(g)	662,80	664,00					
Massa Picnômetro Cheio de Água	(g)	631,00	633,00					
Temperatura de Ensaio	(°C)	24	24					
Massa Solo Seco	(g)	50,00	50,00	Visto				
Massa Específica da Água, T°C de Ensaio	(g/cm ³)	0,9981	0,9981					
Massa Específica dos Grãos	(g/cm ³)	2,75	2,63					
Massa Específica dos Grãos Média	(g/cm ³)	2,69						

 CENTRO UNIVERSITÁRIO LUTERANO DE PALMAS COMUNIDADE EVANGÉLICA LUTERANA "SÃO PAULO" Credenciado pelo Decreto de 06/07/2000 - D.O.U. nº 130 de 07/07/2000																		
LABORATÓRIO DE SOLOS E ROCHAS																		
Solicitante:	Antonio Ricardo	Fone:																
Descrição:	Solo Natural Laterítico Siltoso	Estaca:																
Trecho:	Jazida 03	Prof (m):																
Obs:		Data:	11/07/2016															
		Reg. Nº:																
		Amostra:																
LIMITE DE LIQUIDEZ - NBR-6459																		
Determinação	#	1	2	3	4	5	6	7										
Cápsula	#	1	2	3	4	7												
Massa Solo Úmido + Cásula	(g)	50,00	44,40	49,20	49,70	48,30												
Massa Solo Seco + Cápsula	(g)	46,30	40,60	43,00	41,80	40,50												
Massa da Cápsula	(g)	18,50	17,50	20,30	16,60	17,80												
Massa da Água	(g)	3,70	3,80	6,20	7,90	7,80												
Massa Solo Seco	(g)	27,80	23,10	22,70	25,20	22,70												
Teor de Umidade	(%)	13,31	16,45	27,31	31,35	34,36												
Número de Golpes	#	39	33	27	21	15												
LIMITE DE PLASTICIDADE - NBR-7180																		
Determinação	#	1	2	3	4	5	6	7										
Cápsula	#	6	4	9	5	8												
Massa Solo Úmido + Cásula	(g)	10,30	8,90	9,80	9,90	9,70												
Massa Solo Seco + Cápsula	(g)	10,00	8,65	9,50	9,60	9,40												
Massa da Cápsula	(g)	8,60	7,30	7,80	8,00	7,60												
Massa da Água	(g)	0,30	0,25	0,30	0,30	0,30												
Massa Solo Seco	(g)	1,40	1,35	1,70	1,60	1,80												
Teor de Umidade	(%)	21,43	18,52	17,65	18,75	16,67												
 <p style="text-align: center;">$y = -23,24 \ln(x) + 99,881$</p>		CRITÉRIO DE ACEITAÇÃO DA MÉDIA (LP) <table border="1"> <thead> <tr> <th>#</th> <th>\bar{LP}</th> <th>$0,95 \cdot \bar{LP}$</th> <th>$1,05 \cdot \bar{LP}$</th> <th>Ñ Serve</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>18,60</td> <td>17,67</td> <td>19,53</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>18,62</td> <td>17,69</td> <td>19,55</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>		#	\bar{LP}	$0,95 \cdot \bar{LP}$	$1,05 \cdot \bar{LP}$	Ñ Serve	1	18,60	17,67	19,53	2	2	18,62	17,69	19,55	
#	\bar{LP}	$0,95 \cdot \bar{LP}$	$1,05 \cdot \bar{LP}$	Ñ Serve														
1	18,60	17,67	19,53	2														
2	18,62	17,69	19,55															
		<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">LL = A.ln(Nº de Golpes) + B</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>A</td> <td>-3,2675</td> </tr> <tr> <td>B</td> <td>42,695</td> </tr> </tbody> </table>		LL = A.ln(Nº de Golpes) + B		A	-3,2675	B	42,695									
LL = A.ln(Nº de Golpes) + B																		
A	-3,2675																	
B	42,695																	
		<table border="1"> <tbody> <tr> <td>Limite de Liquidez (LL)</td> <td>26,0</td> </tr> <tr> <td>Limite de Plasticidade (LP)</td> <td>18,6</td> </tr> <tr> <td>Índice de Plasticidade (IP)</td> <td>7,5</td> </tr> </tbody> </table>		Limite de Liquidez (LL)	26,0	Limite de Plasticidade (LP)	18,6	Índice de Plasticidade (IP)	7,5									
Limite de Liquidez (LL)	26,0																	
Limite de Plasticidade (LP)	18,6																	
Índice de Plasticidade (IP)	7,5																	
MASSA ESPECÍFICA - Grãos que passam na # 4,8mm - NBR-6508																		
Picnômetro Nº	#	1	2															
Teor de Umidade	(%)																	
Massa Solo Úmido	(g)	76,4	76,8															
Massa Picnômetro+Solo+Água, T°C de Ensaio	(g)	661,80	664,00															
Massa Picnômetro Cheio de Água	(g)	631,00	633,00															
Temperatura de Ensaio	(°C)	24	24															
Massa Solo Seco	(g)	50,00	50,00															
Massa Específica da Água, T°C de Ensaio	(g/cm³)	0,9981	0,9981															
Massa Específica dos Grãos	(g/cm³)	2,60	2,63															
Massa Específica dos Grãos Média	(g/cm³)	2,62																
		Observações Gerais																
		A massa específica do solo em questão foi obtida a partir de amostra seca em estufa a 105°C																
		Visto																

Rodovia: _____ Segmento: _____
 Trecho: Jazida 01 Estaca: _____
 Subtrecho: _____ Data: 13/07/2016
 Amostra: Solo Natural Registro: 001
 Operador: Miller Pereira Almeida

ÍNDICE DE SUPORTE CALIFÓRNIA

			EXPANSÃO								
Molde (Nº)			21			20			25		
Altura do molde (cm)			11,38			11,38			11,38		
-			Leitura	Difer.	Exp.	Leitura	Difer.	Exp.	Leitura	Difer.	Exp.
Data		Hora	(mm)	(mm)	%	(mm)	(mm)	%	(mm)	(mm)	%
27/09/2004	seg	14:00	5,00	0,00	0,00	2,50	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00
28/09/2004	ter	14:00									
29/09/2004	qua	14:00									
30/09/2004	qui	14:00									
01/10/2004	sex	14:00	6,50	1,50	1,32	3,50	1,00	0,88	1,15	0,15	0,13
Cil. +am. após embebição											
Peso da água absorvida											

Anel dinamométrico
DIN 001

Constante do anel
0,10485

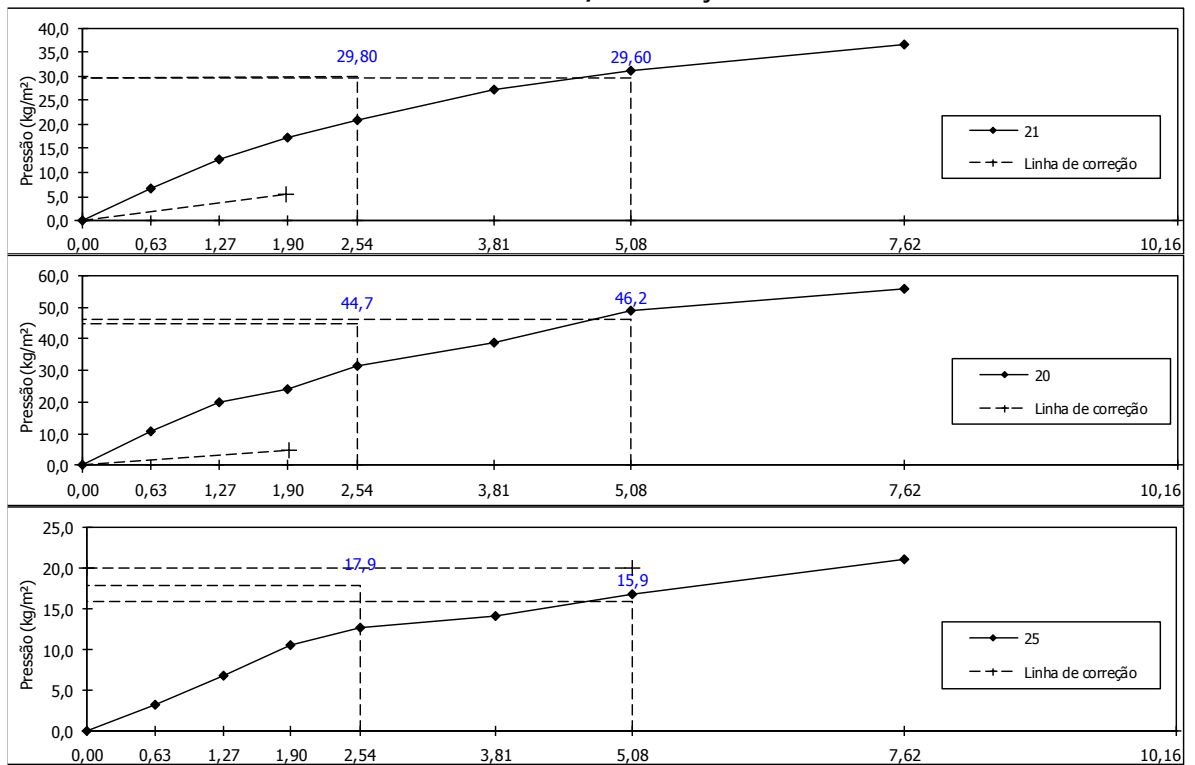
Relógio comparador
EXT 001

Área do pistão (cm²)
19,3221

PENETRAÇÃO

Tempo Min.	Penetração		Pressão Padrão	Molde 21				Molde 20				Molde 25			
	mm	Pol.		Leitura	Pressão Kg/m²	ISC		Leitura	Pressão Kg/m²	ISC		Leitura	Pressão Kg/m²	ISC	
-	-	-	-	mm	Calcul.	Corrig.	%	mm	Calcul.	Corrig.	%	mm	Calcul.	Corrig.	%
0,5	0,63	0,025	-	65	6,82			100	10,5			31	3,3		
1,0	1,27	0,050	-	120	12,58			190	19,9			65	6,8		
1,5	1,90	0,075	-	165	17,30			230	24,1			100	10,5		
2,0	2,54	0,100	70,31	200	20,97	21,0	29,8	300	31,5	31,5	44,7	120	12,6	12,6	17,9
3,0	3,81	0,150	-	260	27,26			370	38,8			135	14,2		
4,0	5,08	0,200	105,46	298	31,25	31,2	29,6	465	48,8	48,8	46,2	160	16,8	16,8	15,9
6,0	7,62	0,300	-	350	36,70			530	55,6			200	21,0		
8,0	10,16	0,400	-												
10,0	12,70	0,500	-												

Curvas de Pressão / Penetração do I.S.C



#VALOR!

Rodovia:	Segmento:
Trecho: JAZIDA 02	Estaca:
Subtrecho:	Data: 13/07/2016
Amostra: Solo Natural	Registro: 001
	Operador: Miller Pereira Almeida

ÍNDICE DE SUPORTE CALIFÓRNIA

EXPANSÃO										
Molde (Nº)		21			20			25		
Altura do molde (cm)		11,38			11,38			11,38		
-	-	Leitura	Difer.	Exp.	Leitura	Difer.	Exp.	Leitura	Difer.	Exp.
Data	Hora	(mm)	(mm)	%	(mm)	(mm)	%	(mm)	(mm)	%
27/09/2004	seg 14:00	4,00	0,00	0,00	4,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00
28/09/2004	ter 14:00									
29/09/2004	qua 14:00									
30/09/2004	qui 14:00									
01/10/2004	sex 14:00	6,00	2,00	1,76	4,50	0,50	0,44	1,15	0,15	0,13
Cl.+am. após embebição										
Peso da água absorvida										

Anel dinamométrico
DIN 001

Constante do anel
0,10485

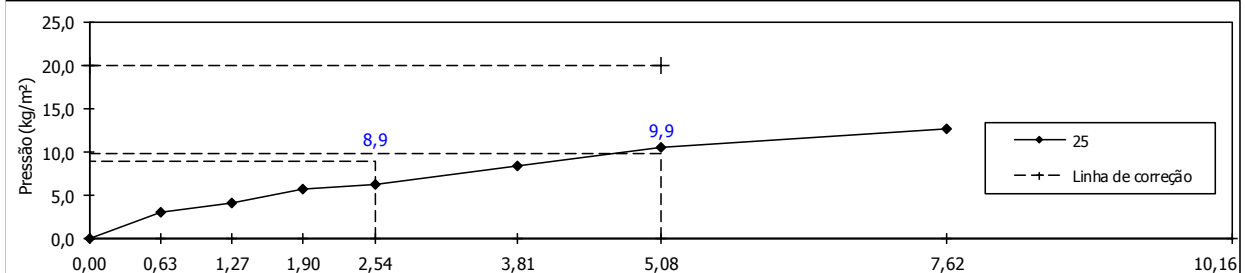
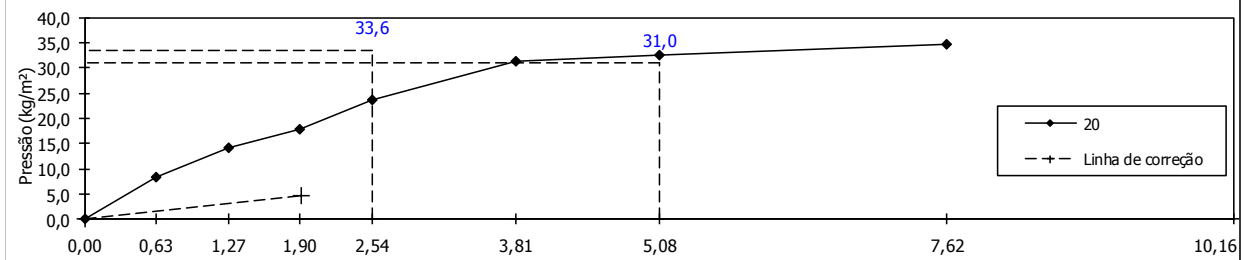
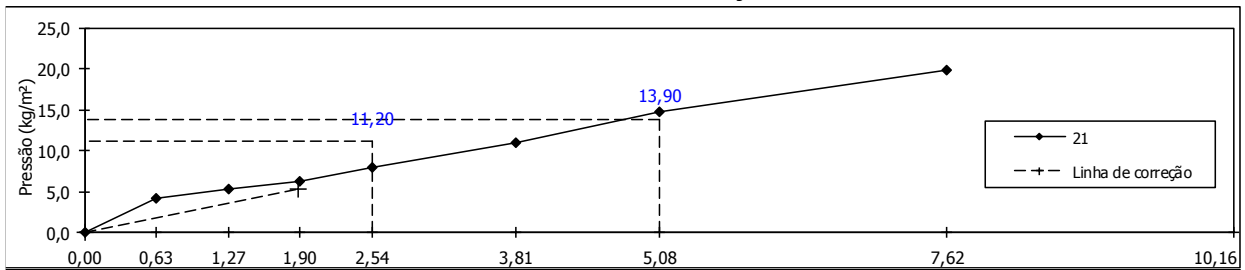
Relógio comparador
EXT 001

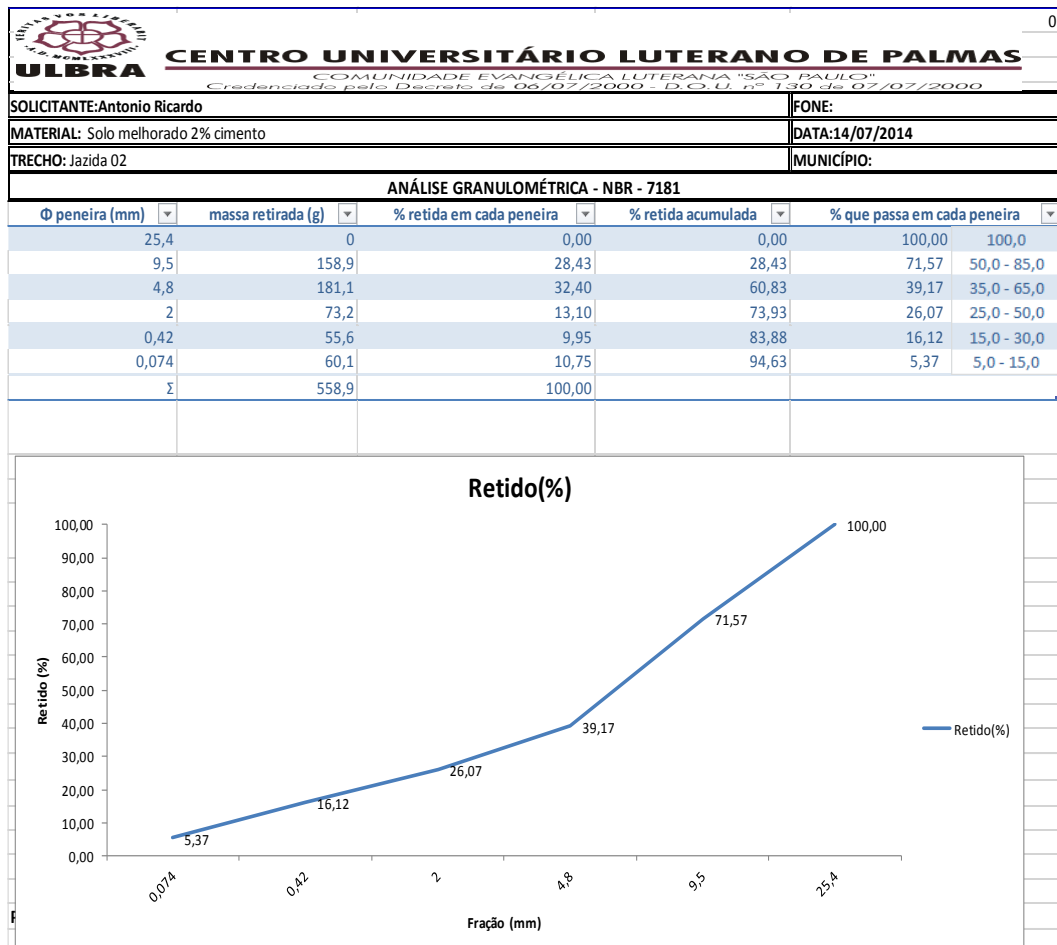
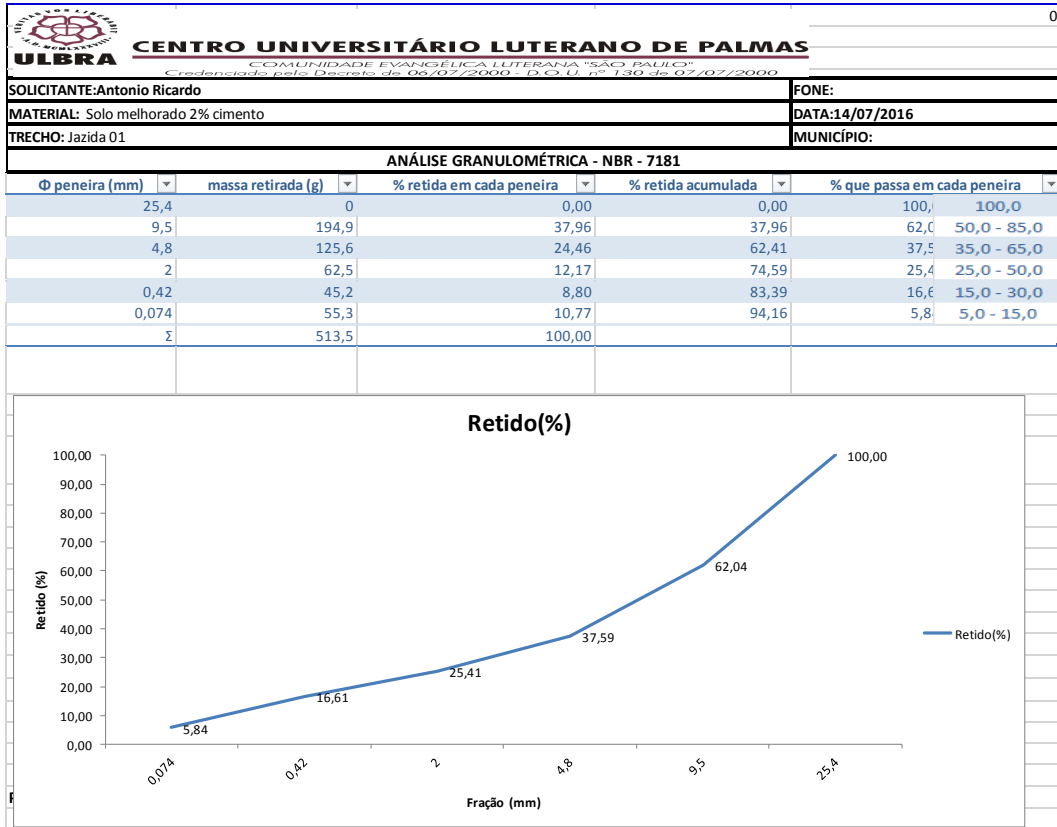
Área do pistão (cm²)
19,3221

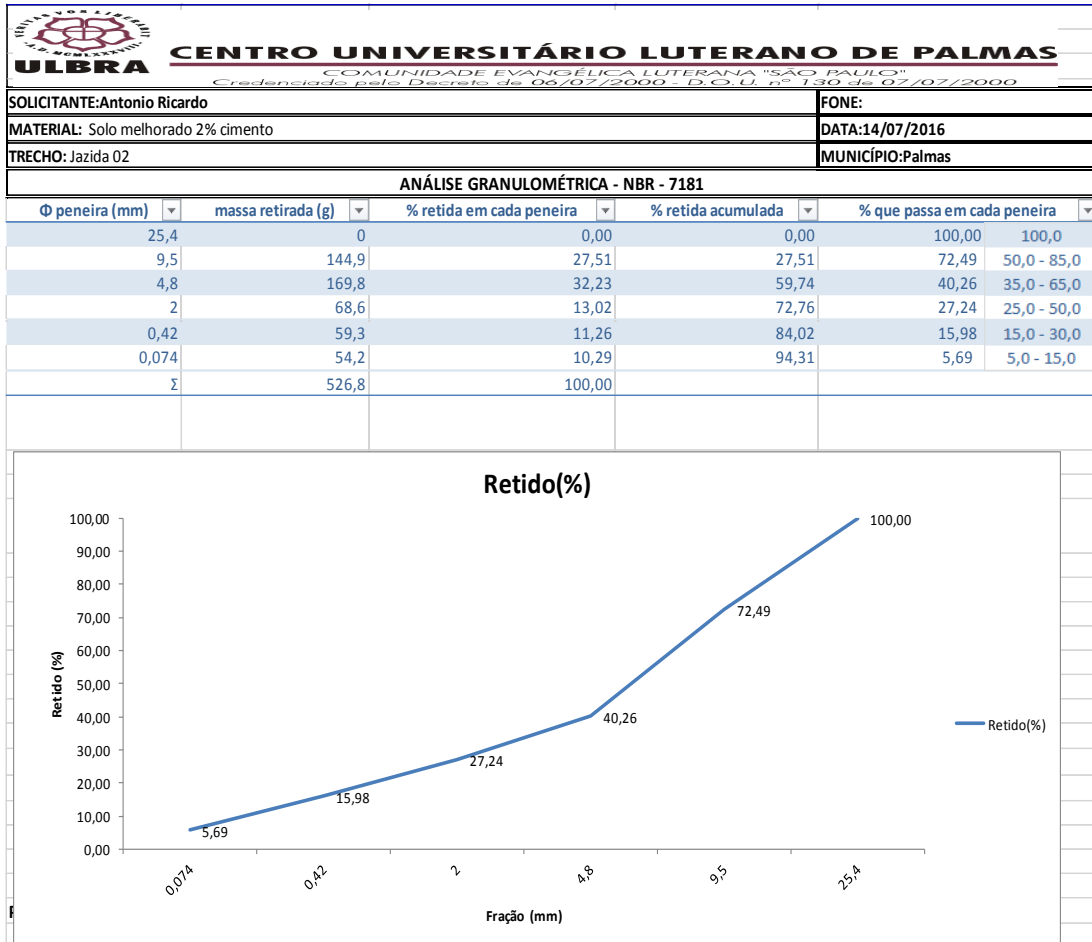
PENETRAÇÃO

Tempo	Penetração		Pressão Padrão	Molde	21				Molde	20				Molde	25						
	mm	Pol.			Leitura	Pressão Kg/m²	ISC	Calcul.		Corrig.	%	Leitura	Pressão Kg/m²		ISC	Calcul.	Corrig.	%	Leitura	Pressão Kg/m²	ISC
-	-	-	-	-	mm	Calcul.	Corrig.	%	mm	Calcul.	Corrig.	%	mm	Calcul.	Corrig.	%	mm	Calcul.	Corrig.	%	
0,5	0,63	0,025	-	40	4,19				80	8,4			29	3,0							
1,0	1,27	0,050	-	50	5,24				135	14,2			40	4,2							
1,5	1,90	0,075	-	60	6,29				170	17,8			55	5,8							
2,0	2,54	0,100	70,31	75	7,86	7,9	11,2		225	23,6	23,6	33,6	60	6,3	6,3	8,9					
3,0	3,81	0,150	-	105	11,01				300	31,5			80	8,4							
4,0	5,08	0,200	105,46	140	14,68	14,7	13,9		312	32,7	32,7	31,0	100	10,5	10,5	9,9					
6,0	7,62	0,300	-	190	19,92				330	34,6			120	12,6							
8,0	10,16	0,400	-																		
10,0	12,70	0,500	-																		

Curvas de Pressão / Penetração do I.S.C







Rodovia:	Segmento:
Trecho: Jazida 03	Estaca:
Subtrecho:	Data: 14/07/2016
Amostra: Solo Natural	Registro: 001
	Operador: Miller Pereira Almeida

ÍNDICE DE SUPORTE CALIFÓRNIA

EXPANSÃO										
Molde (Nº)		21			20			25		
Altura do molde (cm)		11,38			11,38			11,38		
-		-			-			-		
Data	Hora	Leitura (mm)	Difer. (mm)	Exp. (%)	Leitura (mm)	Difer. (mm)	Exp. (%)	Leitura (mm)	Difer. (mm)	Exp. (%)
27/09/2004	seg 14:00	5,50	0,00	0,00	4,00	0,00	0,00	1,50	0,00	0,00
28/09/2004	ter 14:00									
29/09/2004	qua 14:00									
30/09/2004	qui 14:00									
01/10/2004	sex 14:00	7,00	1,50	1,32	5,00	0,90	0,79	2,00	0,50	0,44
Cl. tam. após embebição										
Peso da água absorvida										

Anel dinamométrico
DIN 001

Constante do anel
0,10485

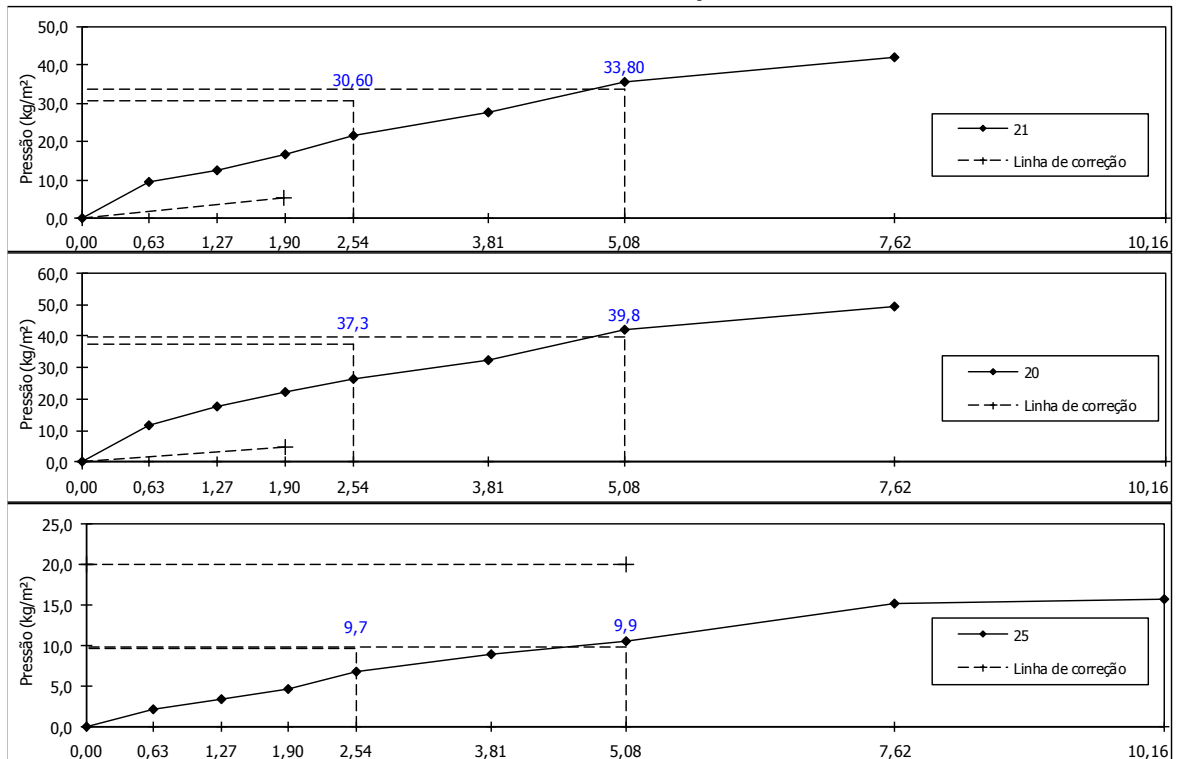
Relógio comparador
EXT 001



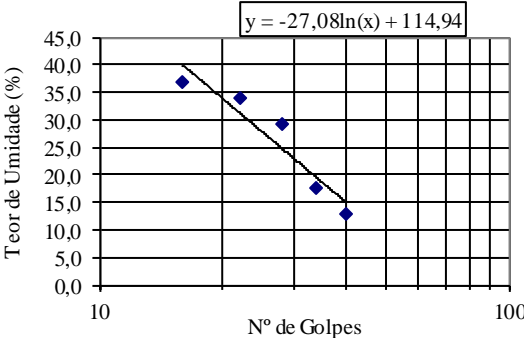
Área do pistão (cm²)
19,3221



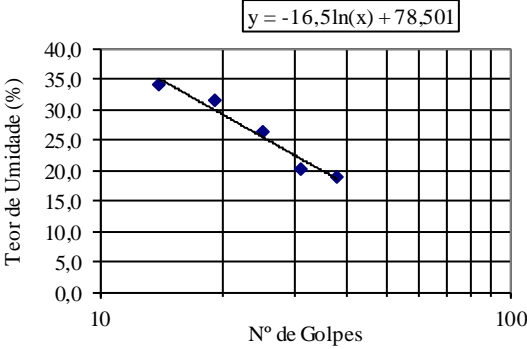
PENETRAÇÃO

Tempo Min.	Penetração		Pressão Padrão	Molde 21				Molde 20				Molde 25			
	mm	Pol.		Leitura mm	Pressão Kg/m² Calcul.	ISC Corrig.	%	Leitura mm	Pressão Kg/m² Calcul.	ISC Corrig.	%	Leitura mm	Pressão Kg/m² Calcul.	ISC Corrig.	%
0,5	0,63	0,025	-	90	9,44			110	11,5			20	2,1		
1,0	1,27	0,050	-	120	12,58			170	17,8			32	3,4		
1,5	1,90	0,075	-	160	16,78			210	22,0			45	4,7		
2,0	2,54	0,100	70,31	205	21,49	21,5	30,6	250	26,2	26,2	37,3	65	6,8	6,8	9,7
3,0	3,81	0,150	-	265	27,79			310	32,5			85	8,9		
4,0	5,08	0,200	105,46	340	35,65	35,6	33,8	400	41,9	41,9	39,8	100	10,5	10,5	9,9
6,0	7,62	0,300	-	400	41,94			470	49,3			145	15,2		
8,0	10,16	0,400	-									150	15,7		
10,0	12,70	0,500	-												

Curvas de Pressão / Penetração do I.S.C



 CENTRO UNIVERSITÁRIO LUTERANO DE PALMAS COMUNIDADE EVANGÉLICA LUTERANA "SÃO PAULO" Credenciado pelo Decreto de 06/07/2000 - D.O.U. nº 130 de 07/07/2000								
LABORATÓRIO DE SOLOS E ROCHAS								
Solicitante:	Antonio Ricardo O. Moraes	Fone:						
Descrição:	Solo melhorado com 2%	Estaca:						
Trecho:	Jazida 01	Prof (m):						
Obs:		Data:	12/07/2016					
		Reg. N°:						
		Amostra:						
LIMITE DE LIQUIDEZ - NBR-6459								
Determinação	#	1	2	3	4	5	6	7
Cápsula	#	1	2	3	4	7		
Massa Solo Úmido + Cápsula	(g)	44,50	46,80	48,20	46,90	49,80		
Massa Solo Seco + Cápsula	(g)	41,50	42,40	41,90	39,40	41,65		
Massa da Cápsula	(g)	18,50	17,20	20,30	17,20	19,50		
Massa da Água	(g)	3,00	4,40	6,30	7,50	8,15		
Massa Solo Seco	(g)	23,00	25,20	21,60	22,20	22,15		
Teor de Umidade	(%)	13,04	17,46	29,17	33,78	36,79		
Número de Golpes	#	40	34	28	22	16		
LIMITE DE PLASTICIDADE - NBR-7180								
Determinação	#	1	2	3	4	5	6	7
Cápsula	#	1	2	3	4	5		
Massa Solo Úmido + Cápsula	(g)	9,40	9,20	9,50	10,00	9,80		
Massa Solo Seco + Cápsula	(g)	9,18	9,00	9,27	9,76	9,60		
Massa da Cápsula	(g)	8,10	7,90	8,00	8,60	9,80		
Massa da Água	(g)	0,22	0,20	0,23	0,24	0,20		
Massa Solo Seco	(g)	1,08	1,10	1,27	1,16	1,10		
Teor de Umidade	(%)	20,37	18,18	18,11	20,69	18,00		
 <p style="text-align: center;">$y = -27,08 \ln(x) + 114,94$</p>		CRITÉRIO DE ACEITAÇÃO DA MÉDIA (LP)						
		#	LP	0,95 LP	1,05 LP	Ñ Serve		
		1	19,07	18,12	20,02	2		
		2	19,29	18,33	20,26			
		LL = A.ln(Nº de Golpes) + B						
		A	-3,2675					
		B	42,695					
		Limite de Liquidez (LL)	24,90					
		Limite de Plasticidade (LP)	19,07					
		Índice de Plasticidade (IP)	5,83					
MASSA ESPECÍFICA - Grãos que passam na # 4,8mm - NBR-6508				Observações Gerais				
Picnômetro N°	#	1	2	A massa específica do solo em questão foi obtida a partir de amostra seca em estufa a 105°C				
Teor de Umidade	(%)							
Massa Solo Úmido	(g)	76,4	76,8					
Massa Picnômetro+Solo+Água, T°C de Ensaio	(g)	663,10	663,90					
Massa Picnômetro Cheio de Água	(g)	631,00	633,00					
Temperatura de Ensaio	(°C)	24	24					
Massa Solo Seco	(g)	50,00	50,00	Visto				
Massa Específica da Água, T°C de Ensaio	(g/cm³)	0,9981	0,9981					
Massa Específica dos Grãos	(g/cm³)	2,79	2,62					
Massa Específica dos Grãos Média	(g/cm³)	2,71						

 CENTRO UNIVERSITÁRIO LUTERANO DE PALMAS COMUNIDADE EVANGÉLICA LUTERANA "SÃO PAULO" Credenciado pelo Decreto de 06/07/2000 - D.O.U. nº 130 de 07/07/2000																		
LABORATÓRIO DE SOLOS E ROCHAS																		
Solicitante:	Antonio Ricardo	Fone:																
Data:	12/07/2016	Reg. N°:																
Descrição:	Solo melhorado 2% de cimento	Estaca:																
Trecho:	Jazida 2	Prof (m):																
Amostra:		Amostra:																
Obs:																		
LIMITE DE LIQUIDEZ - NBR-6459																		
Determinação	#	1	2	3	4	5	6	7										
Cápsula	#	1	2	3	4	7												
Massa Solo Úmido + Cápsula	(g)	45,60	48,30	48,40	45,50	49,50												
Massa Solo Seco + Cápsula	(g)	40,80	42,70	41,90	38,50	41,20												
Massa da Cápsula	(g)	15,30	14,90	17,20	16,20	16,70												
Massa da Água	(g)	4,80	5,60	6,50	7,00	8,30												
Massa Solo Seco	(g)	25,50	27,80	24,70	22,30	24,50												
Teor de Umidade	(%)	18,82	20,14	26,32	31,39	33,88												
Número de Golpes	#	38	31	25	19	14												
LIMITE DE PLASTICIDADE - NBR-7180																		
Determinação	#	1	2	3	4	5	6	7										
Cápsula	#	1	2	3	4	5												
Massa Solo Úmido + Cápsula	(g)	10,20	11,20	9,90	9,50	9,80												
Massa Solo Seco + Cápsula	(g)	9,95	10,85	9,60	9,25	9,58												
Massa da Cápsula	(g)	8,60	9,00	8,20	8,00	8,30												
Massa da Água	(g)	0,25	0,35	0,30	0,25	0,22												
Massa Solo Seco	(g)	1,35	1,85	1,40	1,25	1,10												
Teor de Umidade	(%)	18,52	18,92	21,43	20,00	20,00												
 <p style="text-align: center;">$y = -16,5 \ln(x) + 78,501$</p>		CRITÉRIO DE ACEITAÇÃO DA MÉDIA (LP) <table border="1"> <thead> <tr> <th>#</th> <th>\bar{LP}</th> <th>$0,95 \cdot \bar{LP}$</th> <th>$1,05 \cdot \bar{LP}$</th> <th>Ñ Serve</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>19,77</td> <td>18,78</td> <td>20,76</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>19,99</td> <td>18,99</td> <td>20,99</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>		#	\bar{LP}	$0,95 \cdot \bar{LP}$	$1,05 \cdot \bar{LP}$	Ñ Serve	1	19,77	18,78	20,76	2	2	19,99	18,99	20,99	
#	\bar{LP}	$0,95 \cdot \bar{LP}$	$1,05 \cdot \bar{LP}$	Ñ Serve														
1	19,77	18,78	20,76	2														
2	19,99	18,99	20,99															
		<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">LL = A.ln(N° de Golpes) + B</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>A</td> <td>-3,2675</td> </tr> <tr> <td>B</td> <td>42,695</td> </tr> </tbody> </table>		LL = A.ln(N° de Golpes) + B		A	-3,2675	B	42,695									
LL = A.ln(N° de Golpes) + B																		
A	-3,2675																	
B	42,695																	
		<table border="1"> <tbody> <tr> <td>Limite de Liquidez (LL)</td> <td>25,0</td> </tr> <tr> <td>Limite de Plasticidade (LP)</td> <td>19,8</td> </tr> <tr> <td>Índice de Plasticidade (IP)</td> <td>5,2</td> </tr> </tbody> </table>		Limite de Liquidez (LL)	25,0	Limite de Plasticidade (LP)	19,8	Índice de Plasticidade (IP)	5,2									
Limite de Liquidez (LL)	25,0																	
Limite de Plasticidade (LP)	19,8																	
Índice de Plasticidade (IP)	5,2																	
MASSA ESPECÍFICA - Grãos que passam na # 4,8mm - NBR-6508																		
Picnômetro N°	#	1	2															
Teor de Umidade	(%)																	
Massa Solo Úmido	(g)	76,4	76,8															
Massa Picnômetro+Solo+Água, T°C de Ensaio	(g)	662,80	664,00															
Massa Picnômetro Cheio de Água	(g)	631,00	633,00															
Temperatura de Ensaio	(°C)	24	24															
Massa Solo Seco	(g)	50,00	50,00															
Massa Específica da Água, T°C de Ensaio	(g/cm³)	0,9981	0,9981															
Massa Específica dos Grãos	(g/cm³)	2,75	2,63															
Massa Específica dos Grãos Média	(g/cm³)	2,69																
		Observações Gerais A massa específica do solo em questão foi obtida a partir de amostra seca em estufa a 105°C																
		Visto																

 ULBRA	CENTRO UNIVERSITÁRIO LUTERANO DE PALMAS COMUNIDADE EVANGÉLICA LUTERANA "SÃO PAULO" Credenciado pelo Decreto de 06/07/2000 - D.O.U. nº 130 de 07/07/2000	
---	--	---

LABORATÓRIO DE SOLOS E ROCHAS

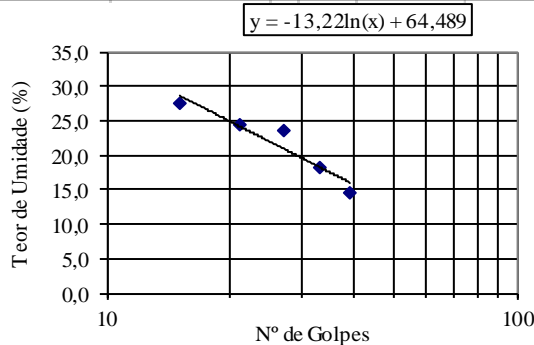
Solicitante:	Antonio Ricardo	Fone:		Data:	12/07/2016
Descrição:	Solo melhorado 2% de cimento	Estaca:		Reg. N°:	
Trecho:	Jazida 03	Prof (m):		Amostra:	
Obs:					

LIMITE DE LIQUEDEZ - NBR-6459

Determinação	#	1	2	3	4	5	6	7
Cápsula	#	1	2	3	4	7		
Massa Solo Úmido + Cápsula	(g)	50,20	48,50	49,80	49,70	48,30		
Massa Solo Seco + Cápsula	(g)	46,20	43,70	44,20	43,20	41,70		
Massa da Cápsula	(g)	18,50	17,50	20,30	16,60	17,80		
Massa da Água	(g)	4,00	4,80	5,60	6,50	6,60		
Massa Solo Seco	(g)	27,70	26,20	23,90	26,60	23,90		
Teor de Umidade	(%)	14,44	18,32	23,43	24,44	27,62		
Número de Golpes	#	39	33	27	21	15		

LIMITE DE PLASTICIDADE - NBR-7180

Determinação	#	1	2	3	4	5	6	7
Cápsula	#	6	4	9	5	8		
Massa Solo Úmido + Cápsula	(g)	10,30	8,90	9,80	9,90	9,70		
Massa Solo Seco + Cápsula	(g)	10,00	8,70	9,50	9,60	9,40		
Massa da Cápsula	(g)	8,60	7,30	7,80	8,00	7,60		
Massa da Água	(g)	0,30	0,20	0,30	0,30	0,30		
Massa Solo Seco	(g)	1,40	1,40	1,70	1,60	1,80		
Teor de Umidade	(%)	21,43	14,29	17,65	18,75	16,67		



CRITÉRIO DE ACEITAÇÃO DA MÉDIA (\bar{LP})

#	\bar{LP}	0,95. \bar{LP}	1,05. \bar{LP}	Ñ Serve
1	17,76	16,87	18,64	2
2	18,62	17,69	19,55	

$$LL = A \cdot \ln(N^\circ \text{ de Golpes}) + B$$

$$A = -3,2675$$

$$B = 42,695$$

$$\text{Limite de Liquez (LL)} = 22,00$$

$$\text{Limite de Plasticidade (LP)} = 17,08$$

$$\text{Índice de Plasticidade (IP)} = 5,92$$

MASSA ESPECÍFICA - Grãos que passam na # 4,8mm - NBR-6508				Observações Gerais
Picnômetro N°	#	1	2	A massa específica do solo em questão foi obtida a partir de amostra seca em estufa a 105°C
Teor de Umidade	(%)			
Massa Solo Úmido	(g)	76,4	76,8	
Massa Picnômetro+Solo+Água, T°C de Ensaio	(g)	661,80	664,00	
Massa Picnômetro Cheio de Água	(g)	631,00	633,00	
Temperatura de Ensaio	(°C)	24	24	
Massa Solo Seco	(g)	50,00	50,00	
Massa Específica da Água, T°C de Ensaio	(g/cm ³)	0,9981	0,9981	
Massa Específica dos Grãos	(g/cm ³)	2,60	2,63	Visto
Massa Específica dos Grãos Média	(g/cm ³)	2,62		

Rodovia: _____ Segmento: _____
 Trecho: Jazida 01 Estaca: _____
 Subtrecho: _____ Data: _____
 Amostra: Solo melhorado com 2% cimento Registro: 001
 Operador: Miller Pereira Almeida

ÍNDICE DE SUPORTE CALIFÓRNIA

EXPANSÃO

Molde (Nº)		21			20			25		
Altura do molde (cm)		11,38			11,38			11,38		
-		Leitura	Difer.	Exp.	Leitura	Difer.	Exp.	Leitura	Difer.	Exp.
Data	Hora	(mm)	(mm)	%	(mm)	(mm)	%	(mm)	(mm)	%
27/09/2004	seg 14:00	5,00	0,00	0,00	2,50	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00
28/09/2004	ter 14:00									
29/09/2004	qua 14:00									
30/09/2004	qui 14:00									
01/10/2004	sex 14:00	5,09	0,09	0,08	2,55	0,05	0,04	1,02	0,02	0,02
Cil.+am. após embebição										
Peso da água absorvida										

Anel dinamométrico
DIN 001

Constante do anel
0,10485

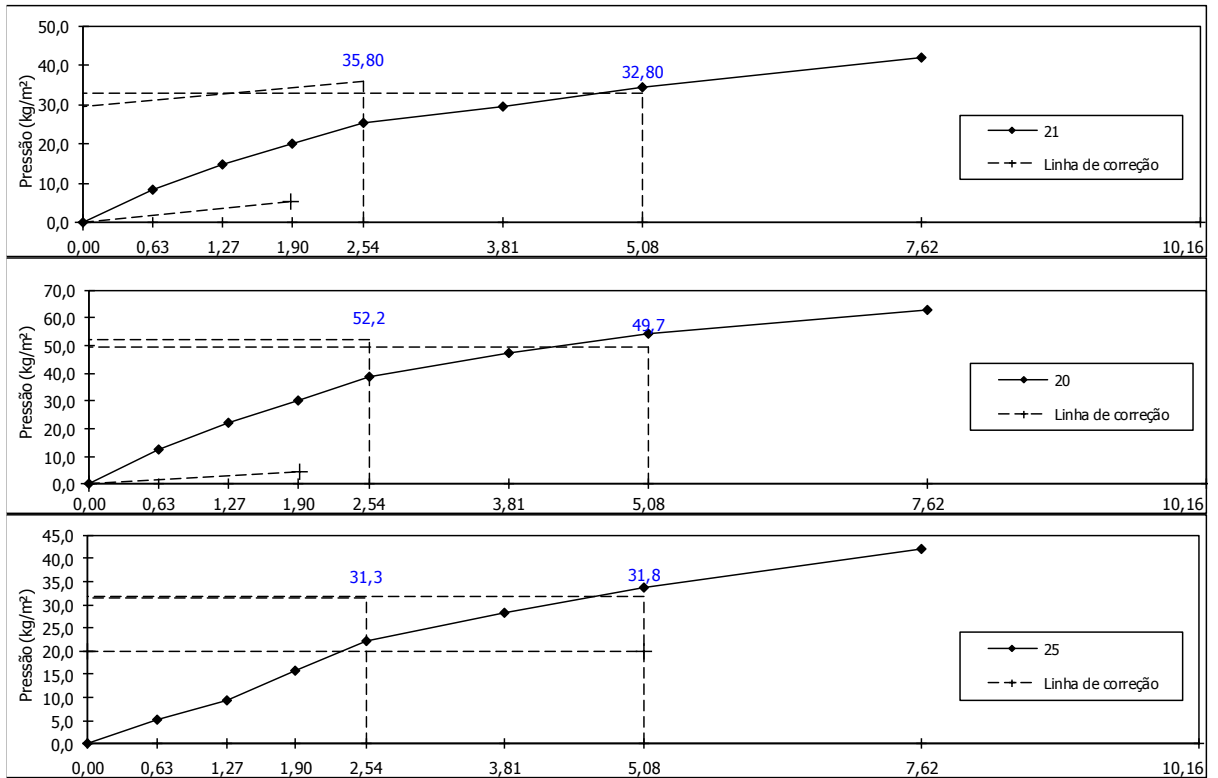
Relógio comparador
EXT 001

Área do pistão (cm²)
19,3221

PENETRAÇÃO

Tempo	Penetração		Pressão Padrão	Molde 21				Molde 20				Molde 25			
	mm	Pol.		Leitura	Pressão Kg/m²		ISC	Leitura	Pressão Kg/m²		ISC	Leitura	Pressão Kg/m²		ISC
-	-	-	-	mm	Calcul.	Corrig.	%	mm	Calcul.	Corrig.	%	mm	Calcul.	Corrig.	%
0,5	0,63	0,025	-	80	8,39			120	12,6			50	5,2		
1,0	1,27	0,050	-	140	14,68			210	22,0			90	9,4		
1,5	1,90	0,075	-	190	19,92			290	30,4			150	15,7		
2,0	2,54	0,100	70,31	240	25,16	25,2	35,8	370	38,8	38,8	55,2	210	22,0	22,0	31,3
3,0	3,81	0,150	-	280	29,36			450	47,2			270	28,3		
4,0	5,08	0,200	105,46	330	34,60	34,6	32,8	520	54,5	54,5	51,7	320	33,6	33,6	31,8
6,0	7,62	0,300	-	400	41,94			600	62,9			400	41,9		
8,0	10,16	0,400	-												
10,0	12,70	0,500	-												

Curvas de Pressão / Penetração do I.S.C



Rodovia: _____ Segmento: _____
 Trecho: JAZIDA 02 Estaca: _____
 Subtrecho: _____ Data: _____
 Amostra: Solo melhorado com 2% cimento Registro: 001
 Operador: Miller Pereira Almeida

ÍNDICE DE SUPORTE CALIFÓRNIA

EXPANSÃO										
Molde (Nº)		21			20			25		
Altura do molde (cm)		11,38			11,38			11,38		
-	-	Leitura	Difer.	Exp.	Leitura	Difer.	Exp.	Leitura	Difer.	Exp.
Data	Hora	(mm)	(mm)	%	(mm)	(mm)	%	(mm)	(mm)	%
27/09/2004	seg 14:00	4,00	0,00	0,00	4,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00
28/09/2004	ter 14:00									
29/09/2004	qua 14:00									
30/09/2004	qui 14:00									
01/10/2004	sex 14:00	6,00	2,00	1,76	4,50	0,50	0,44	1,15	0,15	0,13
Cil. +am. após embebição										
Peso da água absorvida										

Anel dinamométrico
DIN 001

Constante do anel
0,10485

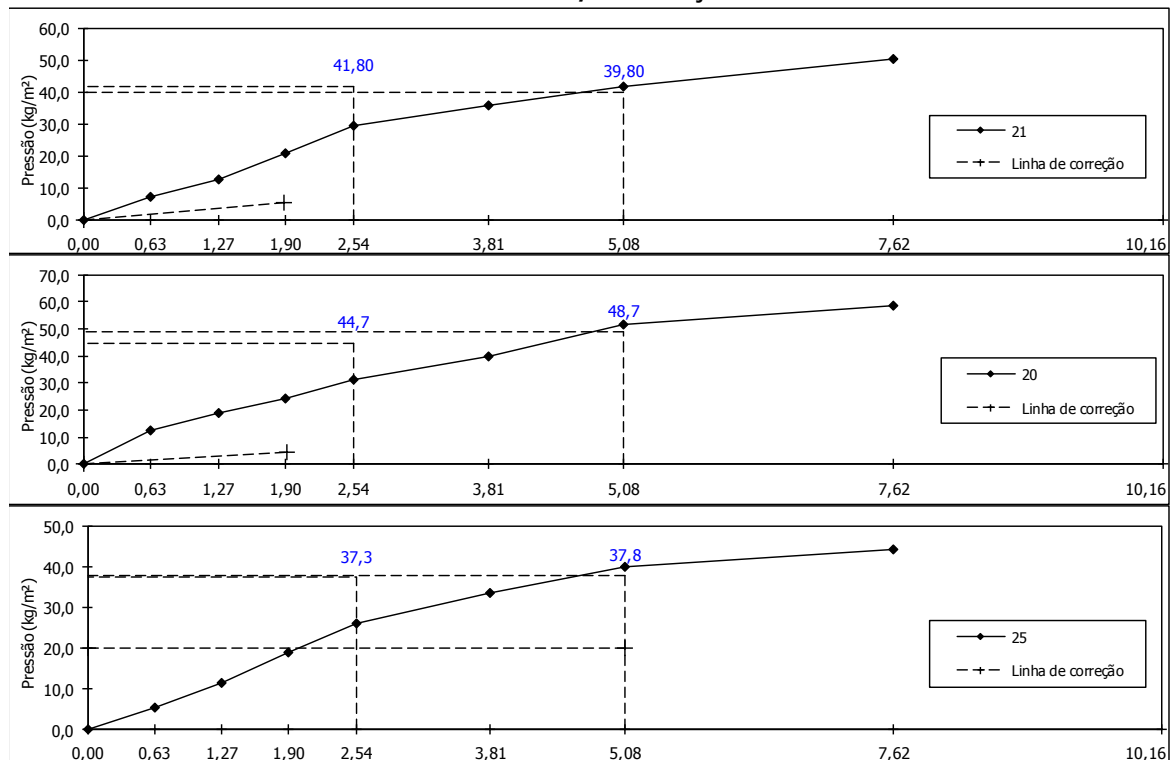
Relógio comparador
EXT 001

Área do pistão (cm²)
19,3221

PENETRAÇÃO

Tempo	Penetração		Pressão Padrão	Molde 21				Molde 20				Molde 25			
	mm	Pol.		Leitura	Pressão Kg/m²	ISC	Leitura	Pressão Kg/m²	ISC	Leitura	Pressão Kg/m²	ISC			
-	-	-	-	mm	Calcul.	Corrig.	%	mm	Calcul.	Corrig.	%	mm	Calcul.	Corrig.	%
0,5	0,63	0,025	-	70	7,34			120	12,6			50	5,2		
1,0	1,27	0,050	-	120	12,58			180	18,9			110	11,5		
1,5	1,90	0,075	-	200	20,97			230	24,1			180	18,9		
2,0	2,54	0,100	70,31	280	29,36	29,4	41,8	300	31,5	31,5	44,7	250	26,2	26,2	37,3
3,0	3,81	0,150	-	340	35,65			380	39,8			320	33,6		
4,0	5,08	0,200	105,46	400	41,94	41,9	39,8	490	51,4	51,4	48,7	380	39,8	39,8	37,8
6,0	7,62	0,300	-	480	50,33			560	58,7			420	44,0		
8,0	10,16	0,400	-												
10,0	12,70	0,500	-												

Curvas de Pressão / Penetração do I.S.C



Rodovia: _____ Segmento: _____
 Trecho: Jazida 03 Estaca: _____
 Subtrecho: _____ Data: _____
 Amostra: Solo melhorado com 2% cimento Registro: 001
 Operador: Miller Pereira Almeida

ÍNDICE DE SUPORTE CALIFÓRNIA

EXPANSÃO

Molde (Nº)			21			20			25		
Altura do molde (cm)			11,38			11,38			11,38		
-			Leitura	Difer.	Exp.	Leitura	Difer.	Exp.	Leitura	Difer.	Exp.
Data	seg	Hora	(mm)	(mm)	%	(mm)	(mm)	%	(mm)	(mm)	%
27/09/2004	seg	14:00	5,50	0,00	0,00	4,00	0,00	0,00	0,98	0,00	0,00
28/09/2004	ter	14:00									
29/09/2004	qua	14:00									
30/09/2004	qui	14:00									
01/10/2004	sex	14:00	6,00	0,50	0,44	4,06	0,06	0,05	1,02	0,04	0,04
Cil.+am. após embebição											
Peso da água absorvida											

Anel dinamométrico
DIN 001

Constante do anel
0,10485

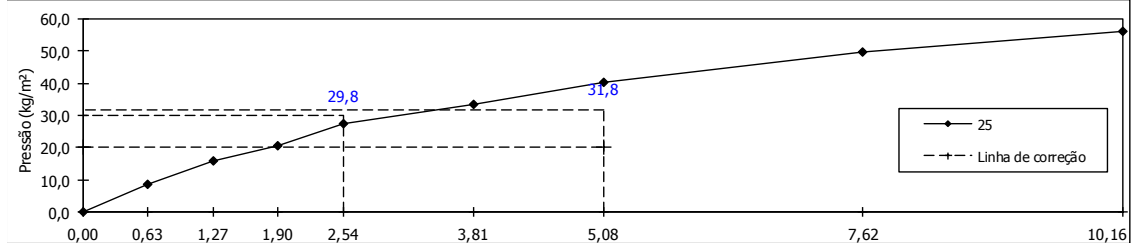
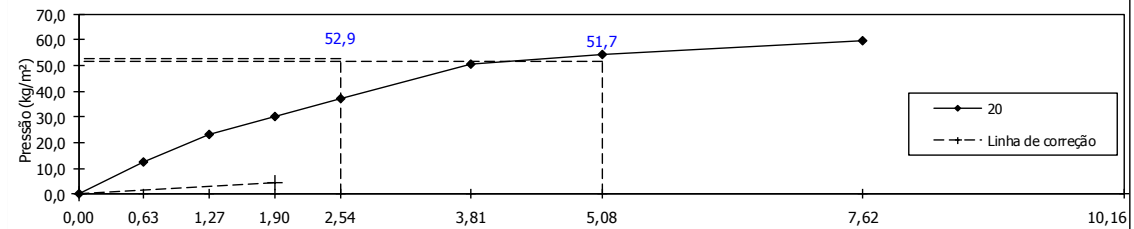
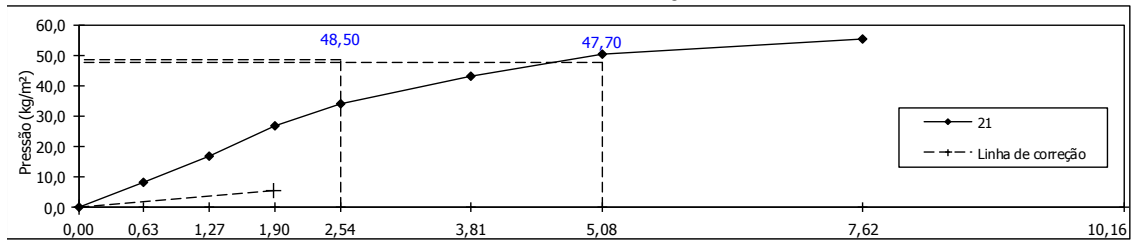
Relógio comparador
EXT 001

Área do pistão (cm²)
19,3221

PENETRAÇÃO

Tempo Min.	Penetração		Pressão Padrão	Molde 21			Molde 20			Molde 25		
	mm	Pol.		Leitura mm	Pressão Kg/m² Calcul.	ISC Corrig.	Leitura mm	Pressão Kg/m² Calcul.	ISC Corrig.	Leitura mm	Pressão Kg/m² Calcul.	ISC Corrig.
0,5	0,63	0,025	-	80	8,39		120	12,6		80	8,4	
1,0	1,27	0,050	-	160	16,78		220	23,1		150	15,7	
1,5	1,90	0,075	-	255	26,74		290	30,4		195	20,4	
2,0	2,54	0,100	70,31	325	34,08	34,1	355	37,2	37,2	260	27,3	27,3
3,0	3,81	0,150	-	410	42,99		480	50,3		320	33,6	
4,0	5,08	0,200	105,46	480	50,33	50,3	520	54,5	54,5	385	40,4	40,4
6,0	7,62	0,300	-	530	55,57		570	59,8		475	49,8	
8,0	10,16	0,400	-							535	56,1	
10,0	12,70	0,500	-									

Curvas de Pressão / Penetração do I.S.C



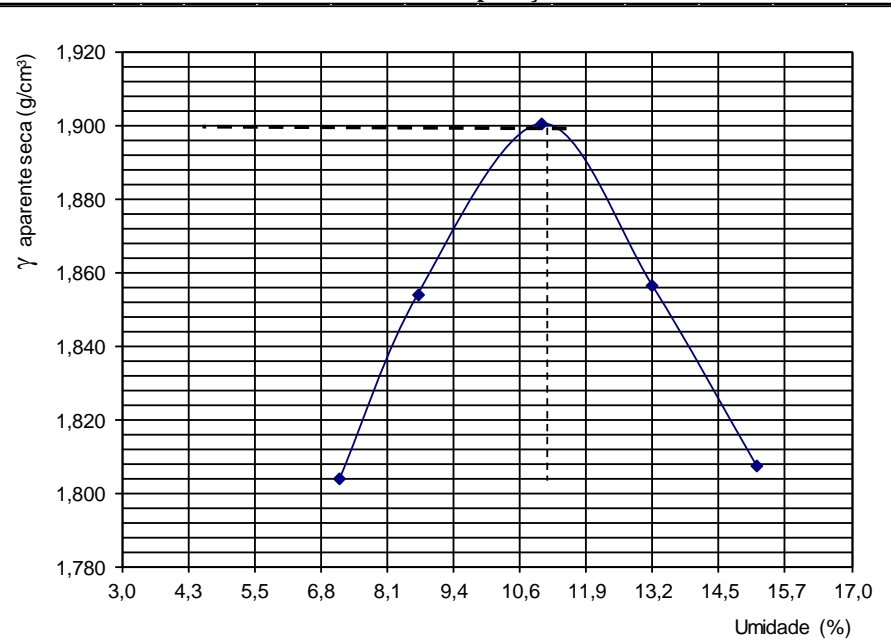
 <p>ULBRA</p>	<p>CENTRO UNIVERSITÁRIO LUTERANO DE PALMAS</p> <p>COMUNIDADE EVANGÉLICA LUTERANA "SÃO PAULO"</p> <p>Credenciado pelo Decreto de 06/07/2000 - D.O.U. nº 130 de 07/07/2000</p>	 <p>ENGENHARIA CIVIL</p> <p>CEULP - ULBRA</p>
---	---	--



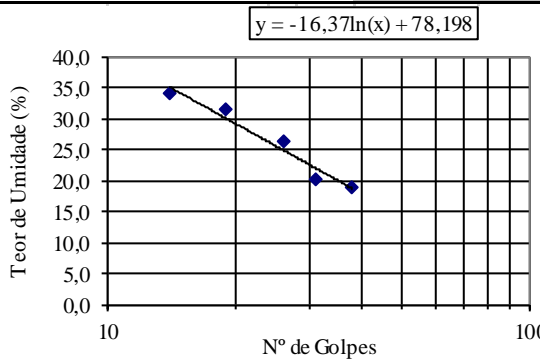
LABORATÓRIO DE SOLOS E ROCHAS



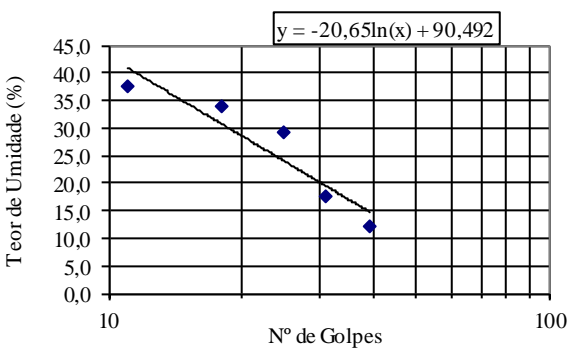
Solicitante:	Antonio Ricardo	Fone:		Data:	
Descrição:	Solo com adição de 2%	Estaca:		Reg. Nº:	
Trecho:	Jazida 01	Prof (m):		Amostra:	
Energia:	Proctor Intermediário	Nº Golpes:	26	Soquete:	Grande
				Molde:	Grande



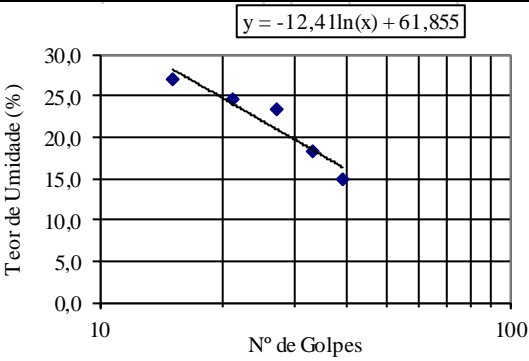
COMPACTAÇÃO - NBR-7182											Umidade Higroscópica		
Teor de Umidade													
Nº Cápsula	#	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	1	2
C + S + A	(g)	93,0	93,0	105,0	105,0	86,5	86,5	104,5	104,5	113,9	113,9	582,7	659,7
C + S	(g)	88,0	88,0	98,0	98,0	79,6	79,6	94,5	94,5	101,5	101,5	578,2	648,8
C - Cápsula	(g)	18,4	18,4	17,4	17,4	17,3	17,3	18,7	18,7	19,9	19,9	153,3	102,3
A - Água	(g)	5,0	5,0	7,0	7,0	6,9	6,9	10,0	10,0	12,4	12,4	4,5	10,9
S - Solo	C	69,6	69,6	80,6	80,6	62,3	62,3	75,8	75,8	81,6	81,6	424,9	546,5
w - Umidade	(%)	7,2	7,2	8,7	8,7	11,1	11,1	13,2	13,2	15,2	15,2	1,1	2,0
Umidade Média	(%)	7,2		8,7		11,1		13,2		15,2		1,5	

Dados de Compactação dos Corpos de Prova						Material Usado em Cada CP para Homogeneização			
Água Adic.	(g)	300	400	497	596	694,4	Múmida (g)		5000
% Água Adic.	(%)	6,1	8,1	10,1	12,1	14,1	Nº	Peso	Volume
Umidade Calc.	(%)	7,2	8,7	11,1	13,2	15,2	#	(Kg)	(cm³)
Nº do Molde	#	17	17	17	17	17	17	5455	2087
M + S + A	(g)	9490	9660	9860	9840	9800	17	5455	2087
M - Molde	(g)	5455	5455	5455	5455	5455	17	5455	2087
S + A	(g)	4035	4205	4405	4385	4345	17	5455	2087
γ úmida	(g/cm³)	1,933	2,015	2,111	2,101	2,082	17	5455	2087
γ seca	(g/cm³)	1,804	1,854	1,900	1,856	1,807	17	5455	2087

Curva de Compactação		17	
	$\gamma_{s,max}$ (g/cm³)	1,900	
	$W_{ótima}$ (%)	10,9	
Observações Gerais:			
Visto			

 CENTRO UNIVERSITÁRIO LUTERANO DE PALMAS COMUNIDADE EVANGÉLICA LUTERANA "SÃO PAULO" Credenciado pelo Decreto de 06/07/2000 - D.O.U. nº 130 de 07/07/2000																		
LABORATÓRIO DE SOLOS E ROCHAS																		
Solicitante:	Antonio Ricardo	Fone:																
Descrição:	Solo melhorado com 3% de cimento	Estaca:																
Trecho:	Jazida 01	Prof (m):																
Obs:		Data:																
		Reg. N°:																
		Amostra:																
LIMITE DE LIQUIDEZ - NBR-6459																		
Determinação	#	1	2	3	4	5	6	7										
Cápsula	#	1	2	3	4	7												
Massa Solo Úmido + Cápsula	(g)	45,60	48,30	48,40	45,50	49,50												
Massa Solo Seco + Cápsula	(g)	40,80	42,70	41,90	38,50	41,20												
Massa da Cápsula	(g)	15,30	14,90	17,20	16,20	16,70												
Massa da Água	(g)	4,80	5,60	6,50	7,00	8,30												
Massa Solo Seco	(g)	25,50	27,80	24,70	22,30	24,50												
Teor de Umidade	(%)	18,82	20,14	26,32	31,39	33,88												
Número de Golpes	#	38	31	26	19	14												
LIMITE DE PLASTICIDADE - NBR-7180																		
Determinação	#	1	2	3	4	5	6	7										
Cápsula	#	1	2	3	4	5												
Massa Solo Úmido + Cápsula	(g)	10,20	11,20	9,90	9,50	9,80												
Massa Solo Seco + Cápsula	(g)	9,93	10,85	9,64	9,25	9,58												
Massa da Cápsula	(g)	8,60	9,00	8,20	8,00	8,30												
Massa da Água	(g)	0,27	0,35	0,26	0,25	0,22												
Massa Solo Seco	(g)	1,33	1,85	1,44	1,25	1,10												
Teor de Umidade	(%)	20,30	18,92	18,06	20,00	20,00												
 <p style="text-align: center;">$y = -16,37\ln(x) + 78,198$</p>		CRITÉRIO DE ACEITAÇÃO DA MÉDIA (LP) <table border="1"> <thead> <tr> <th>#</th> <th>LP</th> <th>0,95.LP</th> <th>1,05.LP</th> <th>Ñ Serve</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>19,46</td> <td>18,48</td> <td>20,43</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>19,59</td> <td>18,61</td> <td>20,57</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>		#	LP	0,95.LP	1,05.LP	Ñ Serve	1	19,46	18,48	20,43	2	2	19,59	18,61	20,57	
#	LP	0,95.LP	1,05.LP	Ñ Serve														
1	19,46	18,48	20,43	2														
2	19,59	18,61	20,57															
		$LL = A \cdot \ln(N^\circ \text{ de Golpes}) + B$ <table border="1"> <thead> <tr> <th>A</th> <th>B</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>-3,2675</td> <td>42,695</td> </tr> </tbody> </table>		A	B	-3,2675	42,695											
A	B																	
-3,2675	42,695																	
		<table border="1"> <tbody> <tr> <td>Limite de Liquidez (LL)</td> <td>24,8</td> </tr> <tr> <td>Limite de Plasticidade (LP)</td> <td>19,5</td> </tr> <tr> <td>Índice de Plasticidade (IP)</td> <td>5,3</td> </tr> </tbody> </table>		Limite de Liquidez (LL)	24,8	Limite de Plasticidade (LP)	19,5	Índice de Plasticidade (IP)	5,3									
Limite de Liquidez (LL)	24,8																	
Limite de Plasticidade (LP)	19,5																	
Índice de Plasticidade (IP)	5,3																	
MASSA ESPECÍFICA - Grãos que passam na # 4,8mm - NBR-6508																		
Picnômetro N°	#	1	2															
Teor de Umidade	(%)																	
Massa Solo Úmido	(g)	76,4	76,8															
Massa Picnômetro+Solo+Água, T°C de Ensaio	(g)	662,80	664,00															
Massa Picnômetro Cheio de Água	(g)	631,00	633,00															
Temperatura de Ensaio	(°C)	24	24															
Massa Solo Seco	(g)	50,00	50,00															
Massa Específica da Água, T°C de Ensaio	(g/cm ³)	0,9981	0,9981															
Massa Específica dos Grãos	(g/cm ³)	2,75	2,63															
Massa Específica dos Grãos Média	(g/cm ³)	2,69																
		Observações Gerais A massa específica do solo em questão foi obtida a partir de amostra seca em estufa a 105°C																
		Visto																

 CENTRO UNIVERSITÁRIO LUTERANO DE PALMAS COMUNIDADE EVANGÉLICA LUTERANA "SÃO PAULO" Credenciado pelo Decreto de 06/07/2000 - D.O.U. nº 130 de 07/07/2000								
LABORATÓRIO DE SOLOS E ROCHAS								
Solicitante:	Antonio Ricardo O. Morais	Fone:						
Descrição:	Solo melhorado com 3% de cimento	Estaca:						
Trecho:	Jazida 02	Prof (m):						
Obs:		Data:						
		Reg. Nº:						
		Amostra:						
LIMITE DE LIQUIDEZ - NBR-6459								
Determinação	#	1	2	3	4	5	6	7
Cápsula	#	1	2	3	4	7		
Massa Solo Úmido + Cápsula	(g)	44,50	46,80	48,20	46,90	49,80		
Massa Solo Seco + Cápsula	(g)	41,70	42,40	41,90	39,40	41,50		
Massa da Cápsula	(g)	18,50	17,20	20,30	17,20	19,50		
Massa da Água	(g)	2,80	4,40	6,30	7,50	8,30		
Massa Solo Seco	(g)	23,20	25,20	21,60	22,20	22,00		
Teor de Umidade	(%)	12,07	17,46	29,17	33,78	37,73		
Número de Golpes	#	39	31	25	18	11		
LIMITE DE PLASTICIDADE - NBR-7180								
Determinação	#	1	2	3	4	5	6	7
Cápsula	#	1	2	3	4	5		
Massa Solo Úmido + Cápsula	(g)	9,30	9,20	9,50	10,00	9,80		
Massa Solo Seco + Cápsula	(g)	9,11	8,95	9,26	9,76	9,60		
Massa da Cápsula	(g)	8,10	7,90	8,00	8,60	9,80		
Massa da Água	(g)	0,19	0,25	0,24	0,24	0,20		
Massa Solo Seco	(g)	1,01	1,05	1,26	1,16	1,10		
Teor de Umidade	(%)	18,81	23,81	19,05	20,69	18,18		
 <p style="text-align: center;">$y = -20,65 \ln(x) + 90,492$</p>		CRITÉRIO DE ACEITAÇÃO DA MÉDIA (LP)						
		#	LP	0,95.LP	1,05.LP	Ñ Serve		
		1	20,11	19,10	21,11	2		
		2	19,18	18,22	20,14			
		LL = A.ln(Nº de Golpes) + B						
		A	-3,2675					
		B	42,695					
		Limite de Liquidez (LL)		24,9				
		Limite de Plasticidade (LP)		20,0				
		Índice de Plasticidade (IP)		4,9				
MASSA ESPECÍFICA - Grãos que passam na # 4,8mm - NBR-6508				Observações Gerais				
Picnômetro Nº	#	1	2	A massa específica do solo em questão foi obtida a partir de amostra seca em estufa a 105°C				
Teor de Umidade	(%)							
Massa Solo Úmido	(g)	76,4	76,8					
Massa Picnômetro+Solo+Água, T°C de Ensaio	(g)	663,10	663,90					
Massa Picnômetro Cheio de Água	(g)	631,00	633,00					
Temperatura de Ensaio	(°C)	24	24	Visto				
Massa Solo Seco	(g)	50,00	50,00					
Massa Específica da Água, T°C de Ensaio	(g/cm³)	0,9981	0,9981					
Massa Específica dos Grãos	(g/cm³)	2,79	2,62					
Massa Específica dos Grãos Média	(g/cm³)	2,71						

 CENTRO UNIVERSITÁRIO LUTERANO DE PALMAS COMUNIDADE EVANGÉLICA LUTERANA "SÃO PAULO" Credenciado pelo Decreto de 06/07/2000 - D.O.U. nº 130 de 07/07/2000								
LABORATÓRIO DE SOLOS E ROCHAS								
Solicitante:	Antonio Ricardo	Fone:						
Descrição:	Solo melhorado 3%	Estaca:						
Trecho:	Jazida 03	Prof (m):						
Obs:		Data:						
		Reg. N°:						
		Amostra:						
LIMITE DE LIQUEDEZ - NBR-6459								
Determinação	#	1	2	3	4	5	6	7
Cápsula	#	1	2	3	4	7		
Massa Solo Úmido + Cápsula	(g)	50,20	48,50	49,80	49,70	48,30		
Massa Solo Seco + Cápsula	(g)	46,10	43,70	44,20	43,20	41,80		
Massa da Cápsula	(g)	18,50	17,50	20,30	16,60	17,80		
Massa da Água	(g)	4,10	4,80	5,60	6,50	6,50		
Massa Solo Seco	(g)	27,60	26,20	23,90	26,60	24,00		
Teor de Umidade	(%)	14,86	18,32	23,43	24,44	27,08		
Número de Golpes	#	39	33	27	21	15		
LIMITE DE PLASTICIDADE - NBR-7180								
Determinação	#	1	2	3	4	5	6	7
Cápsula	#	6	4	9	5	8		
Massa Solo Úmido + Cápsula	(g)	10,30	8,90	9,80	9,90	9,70		
Massa Solo Seco + Cápsula	(g)	10,00	8,70	9,55	9,60	9,45		
Massa da Cápsula	(g)	8,60	7,30	7,80	8,00	7,60		
Massa da Água	(g)	0,30	0,20	0,25	0,30	0,25		
Massa Solo Seco	(g)	1,40	1,40	1,75	1,60	1,85		
Teor de Umidade	(%)	21,43	14,29	14,29	18,75	13,51		
		CRITÉRIO DE ACEITAÇÃO DA MÉDIA (LP)						
		#	LP	0,95.LP	1,05.LP	Ñ Serve		
		1	16,45	15,63	17,28	2		
		2	16,99	16,14	17,84			
		LL = A.ln(Nº de Golpes) + B						
		A	-3,2675					
		B	42,695					
		Limite de Liquez (LL)	21,00					
		Limite de Plasticidade (LP)	16,45					
		Índice de Plasticidade (IP)	4,55					
MASSA ESPECÍFICA - Grãos que passam na # 4,8mm - NBR-6508				Observações Gerais				
Picnômetro N°	#	1	2	A massa específica do solo em questão foi obtida a partir de amostra seca em estufa a 105°C				
Teor de Umidade	(%)							
Massa Solo Úmido	(g)	76,4	76,8					
Massa Picnômetro+Solo+Água, T°C de Ensaio	(g)	661,80	664,00					
Massa Picnômetro Cheio de Água	(g)	631,00	633,00					
Temperatura de Ensaio	(°C)	24	24					
Massa Solo Seco	(g)	50,00	50,00	Visto				
Massa Específica da Água, T°C de Ensaio	(g/cm ³)	0,9981	0,9981					
Massa Específica dos Grãos	(g/cm ³)	2,60	2,63					
Massa Específica dos Grãos Média	(g/cm ³)	2,62						



CENTRO UNIVERSITÁRIO LUTERANO DE PALMAS
 COMUNIDADE EVANGÉLICA LUTERANA "SÃO PAULO"
 Credenciado pelo Decreto de 06/07/2000 - D.O.U. nº 130 de 07/07/2000

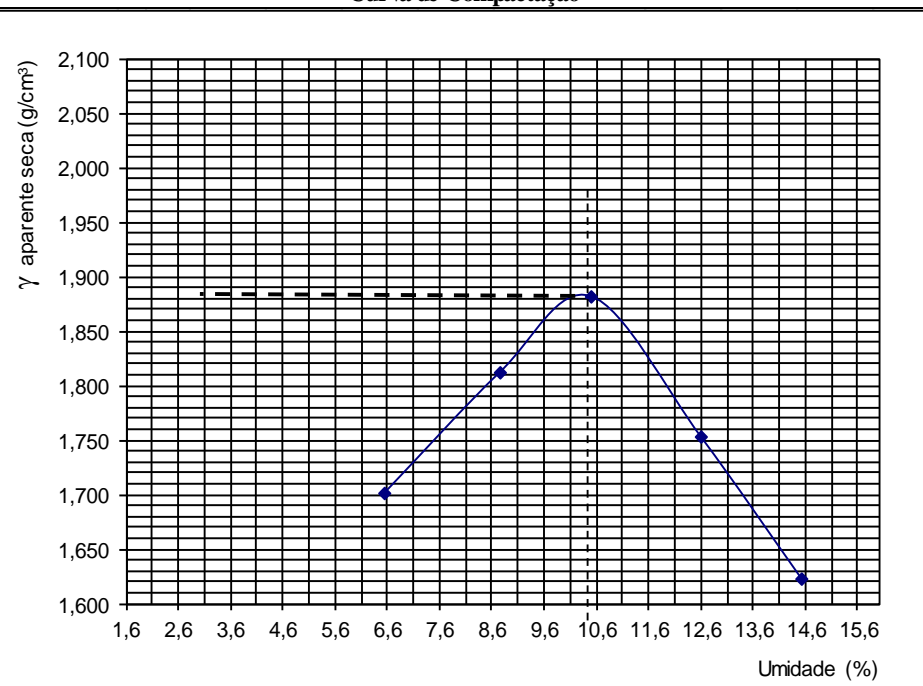




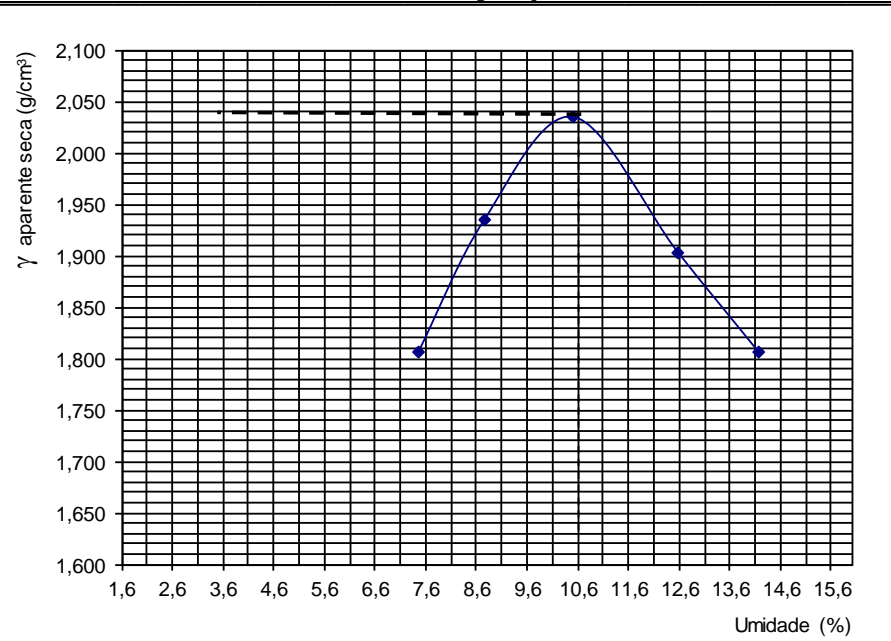
LABORATÓRIO DE SOLOS E ROCHAS



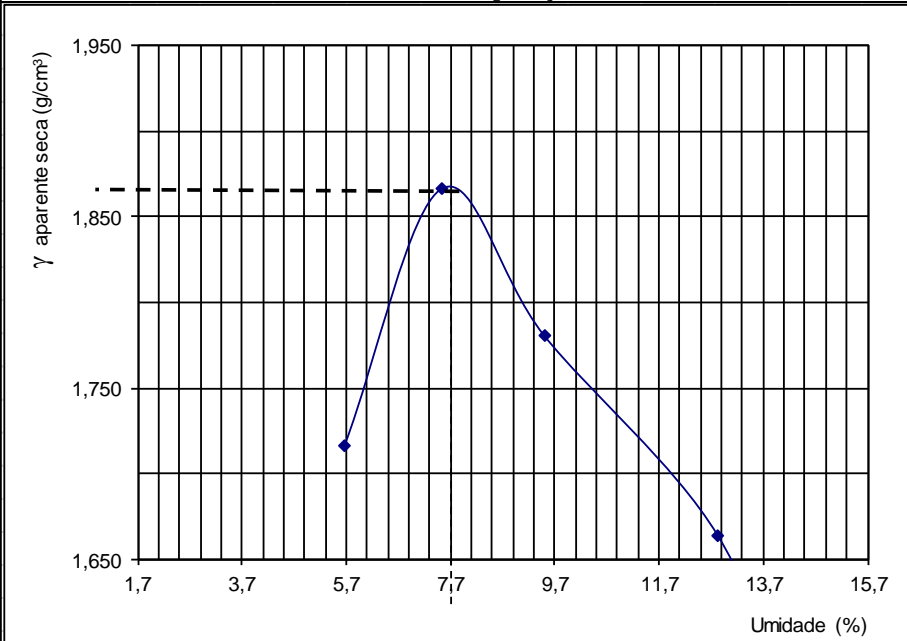
Solicitante: Antonio Ricardo	Fone:	Data:
Descrição: Solo melhorado com 3% de cimento	Estaca:	Reg. Nº:
Trecho: Jazida 01	Prof (m):	Amostra:
Energia: Proctor Intermediário	Nº Golpes: 26	Soquete: Grande
		Molde: Grande

COMPACTAÇÃO - NBR-7182												Umidade Higroscópica	
Teor de Umidade													
Nº Cápsula	#	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	1	2
C + S + A	(g)	103,1	103,1	68,1	68,1	76,2	76,2	68,4	68,4	68,9	68,9	582,7	659,7
C + S	(g)	97,9	97,9	64,0	64,0	70,7	70,7	62,7	62,7	62,3	62,3	576,9	651,0
C - Cápsula	(g)	18,5	18,5	17,2	17,2	18,3	18,3	17,5	17,5	16,9	16,9	153,3	102,3
A - Água	(g)	5,2	5,2	4,1	4,1	5,5	5,5	5,7	5,7	6,6	6,6	5,8	8,7
S - Solo	C	79,4	79,4	46,8	46,8	52,4	52,4	45,2	45,2	45,4	45,4	423,6	548,7
w - Umidade	(%)	6,5	6,5	8,8	8,8	10,5	10,5	12,6	12,6	14,5	14,5	1,4	1,6
Umidade Média (%)		6,5		8,8		10,5		12,6		14,5		1,5	

Dados de Compactação dos Corpos de Prova							Material Usado em Cada CP para Homogeneização			
Água Adic.	(g)	300	400	500	600	700	M _{úmida} (g)		5000	
% Água Adic.	(%)	6,0	8,0	10,0	12,0	14,0				
Umidade Calc.	(%)	6,5	8,8	10,5	12,6	14,5	Nº	Peso	Volume	
Nº do Molde	#	17	7	18	20	10	#	(cm)	(cm ³)	
M + S + A	(g)	9335	9540	9880	9650	9430	20	5550	2088	
M - Molde	(g)	5550	5440	5534	5540	5550	71	5440	2080	
S + A	(g)	3785	4100	4346	4110	3880	25	5534	2090	
γ úmida	(g/cm ³)	1,813	1,971	2,079	1,973	1,857	3	5540	2083	
γ seca	(g/cm ³)	1,701	1,812	1,882	1,752	1,622	20	5550	2089	

Curva de Compactação		Resumo	
	$\gamma_{s,max}$ (g/cm ³)	1,880	
	W _{ótima} (%)	10,3	
Observações Gerais:			
Visto			

 CENTRO UNIVERSITÁRIO LUTERANO DE PALMAS COMUNIDADE EVANGÉLICA LUTERANA "SÃO PAULO" Credenciado pelo Decreto de 06/07/2000 - D.O.U. nº 130 de 07/07/2000														
LABORATÓRIO DE SOLOS E ROCHAS														
Solicitante: Antonio Ricardo				Fone:				Data:						
Descrição: Ensaio com adição de 3% de cimento				Estaca:				Reg. Nº:						
Trecho: Jazida 02				Prof (m):				Amostra:						
Energia: Proctor Intermediário				Nº Golpes: 26		Soquete: Grande				Molde: Grande				
COMPACTAÇÃO - NBR-7182												Umidade Higroscópica		
Teor de Umidade														
Nº Cápsula	#	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	1	2	
C + S + A	(g)	67,5	67,5	90,5	90,5	74,0	74,0	75,0	75,0	65,6	65,7	582,7	659,7	
C + S	(g)	64,1	64,1	84,6	84,6	68,7	68,7	68,5	68,5	59,6	59,6	576,9	651,0	
C - Cápsula	(g)	18,6	18,6	17,3	17,3	18,3	18,3	16,8	16,8	16,9	16,9	153,3	102,3	
A - Água	(g)	3,4	3,4	5,9	5,9	5,3	5,3	6,5	6,5	6,0	6,1	5,8	8,7	
S - Solo	C	45,5	45,5	67,3	67,3	50,4	50,4	51,7	51,7	42,7	42,7	423,6	548,7	
w - Umidade	(%)	7,5	7,5	8,8	8,8	10,5	10,5	12,6	12,6	14,1	14,3	1,4	1,6	
Umidade Média	(%)	7,5		8,8		10,5		12,6		14,2		1,5		
Dados de Compactação dos Corpos de Prova												Material Usado em Cada CP para Homogeneização		
Água Adic.	(g)	300	400	500	600	700	Múmda (g) 5000							
% Água Adic.	(%)	6,0	8,0	10,0	12,0	14,0	Nº	Peso	Volume					
Umidade Calc.	(%)	7,5	8,8	10,5	12,6	14,2	#	(cm)	(cm³)					
Nº do Molde	#	17	7	18	20	10	20	5550	2083					
M + S + A	(g)	9485	9920	10200	10030	9850	71	5440	2077					
M - Molde	(g)	5440	5550	5506	5554	5546	25	5534	2088					
S + A	(g)	4045	4370	4694	4476	4304	3	5540	2089					
γ úmida	(g/cm ³)	1,942	2,104	2,248	2,143	2,062	20	5550	2087					
γ seca	(g/cm ³)	1,807	1,934	2,034	1,903	1,806								
Curva de Compactação												Resumo		
												$\gamma_{s,max}$	1,935	
												$W_{ótima}$	10,5	
												Observações Gerais:		
Visto														

 CENTRO UNIVERSITÁRIO LUTERANO DE PALMAS COMUNIDADE EVANGÉLICA LUTERANA "SÃO PAULO" Credenciado pelo Decreto de 06/07/2000 - D.O.U. nº 130 de 07/07/2000															
LABORATÓRIO DE SOLOS E ROCHAS															
Solicitante: Antonio Ricardo				Fone:				Data:							
Descrição: Enasio com adição de 3% de cimento				Estaca:				Reg. Nº:							
Trecho: Jazida 03				Prof (m):				Amostra:							
Energia: Proctor Intermediário				Nº Golpes: 26		Soquete: Grande				Molde: Grande					
COMPACTAÇÃO - NBR-7182												Umidade Higroscópica			
Teor de Umidade															
Nº Cápsula	#	1	2	3	4	5	1	2							
C + S + A	(g)	67,5	67,5	90,5	90,5	74,0	74,0	75,0	75,0	65,6	65,6	582,7	659,7		
C + S	(g)	64,9	64,9	85,4	85,4	69,2	69,2	68,4	68,4	59,4	59,4	576,9	651,0		
C - Cápsula	(g)	18,6	18,6	17,3	17,3	18,4	18,4	16,8	16,8	16,8	16,8	153,3	102,3		
A - Água	(g)	2,6	2,6	5,1	5,1	4,8	4,8	6,6	6,6	6,2	6,2	5,8	8,7		
S - Solo	C	46,3	46,3	68,1	68,1	50,8	50,8	51,6	51,6	42,6	42,6	423,6	548,7		
w - Umidade	(%)	5,6	5,6	7,5	7,5	9,4	9,4	12,8	12,8	14,6	14,6	1,4	1,6		
Umidade Média	(%)	5,6		7,5		9,4		12,8		14,6		1,5			
Dados de Compactação dos Corpos de Prova												Material Usado em Cada CP para Homogeneização			
Água Adic.	(g)	250	350	450	550	650	Múmida (g)			5000					
% Água Adic.	(%)	5,0	7,0	9,0	12,0	14,0	Nº	Peso	Volume						
Umidade Calc.	(%)	5,6	7,5	9,4	12,8	14,6	#	(cm)	(cm³)						
Nº do Molde	#	10	21	22	3	20	2	5360	2085						
M + S + A	(g)	9140	9700	9510	9350	9200	2	5507	2090						
M - Molde	(g)	5360	5507	5442	5442	5550	2	542	2087						
S + A	(g)	3780	4193	4068	3908	3650	2	5442	2082						
γ úmida	(g/cm ³)	1,813	2,006	1,949	1,877	1,748	2	5550	2088						
γ seca	(g/cm ³)	1,717	1,866	1,781	1,664	1,526									
Curva de Compactação												Resumo			
												γ_{s,max}	1,870		
												W_{ótima}	7,7		
												Observações Gerais:			
Visto															

Rodovia: _____ Segmento: _____
 Trecho: Jazida 01 Estaca: _____
 Subtrecho: _____ Data: _____
 Amostra: Solo melhorado com 4% de cimento Registro: 001
 Operador: Miller Pereira Almeida

ÍNDICE DE SUPORTE CALIFÓRNIA

EXPANSÃO															
Molde (Nº)		21				20				25					
Altura do molde (cm)		11,38				11,38				11,38					
-		Leitura		Difer.		Exp.		Leitura		Difer.		Exp.			
Data		Hora		(mm)		(mm)		%		(mm)		(mm)		%	
27/09/2004	seg	14:00		4,00	0,00	0,00			2,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	
28/09/2004	ter	14:00													
29/09/2004	qua	14:00													
30/09/2004	qui	14:00													
01/10/2004	sex	14:00		5,15	1,15	1,01			2,05	0,05	0,04	1,03	0,03	0,03	
Cil.+am. após embebição															
Peso da água absorvida															

Anel dinamométrico
DIN 001

Constante do anel
0,10485

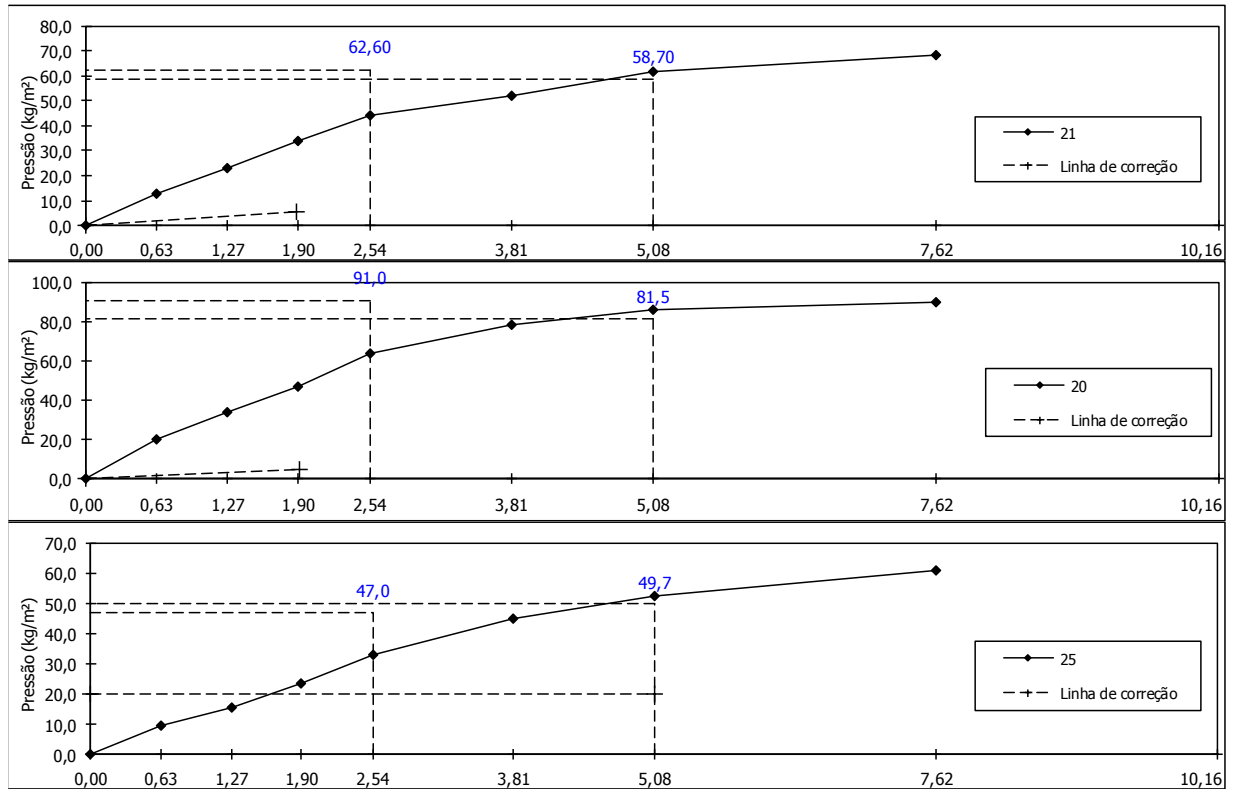
Relógio comparador
EXT 001

Área do pistão (cm²)
19,3221

PENETRAÇÃO

Tempo Min.	Penetração			Pressão Padrão	Molde 21				Molde 20				Molde 25			
	mm	Pol.	ISC		Leitura mm	Pressão Kg/m²		ISC %	Leitura mm	Pressão Kg/m²		ISC %	Leitura mm	Pressão Kg/m²		ISC %
						Calcul.	Corrig.			Calcul.	Corrig.			Calcul.	Corrig.	
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0,5	0,63	0,025	-	120	12,58			190	19,9			90	9,4			
1,0	1,27	0,050	-	220	23,07			320	33,6			150	15,7			
1,5	1,90	0,075	-	325	34,08			450	47,2			225	23,6			
2,0	2,54	0,100	70,31	420	44,04	44,0	62,6	610	64,0	64,0	91,0	315	33,0	33,0	47,0	
3,0	3,81	0,150	-	495	51,90			750	78,6			430	45,1			
4,0	5,08	0,200	105,46	590	61,86	61,9	58,7	820	86,0	86,0	81,5	500	52,4	52,4	49,7	
6,0	7,62	0,300	-	650	68,15			860	90,2			580	60,8			
8,0	10,16	0,400	-													
10,0	12,70	0,500	-													

Curvas de Pressão / Penetração do I.S.C



Rodovia: _____ Segmento: _____
 Trecho: Jazida 02 Solo Cimento Estaca: _____
 Subtrecho: _____ Data: 04/12/2013
 Amostra: Solo com adição de 3% de cimento Registro: 001
 Operador: Miller Pereira Almeida

ÍNDICE DE SUPORTE CALIFÓRNIA

EXPANSÃO		21			20			25		
Molde (Nº)		11,38			11,38			11,38		
Altura do molde (cm)		Leitura	Difer.	Exp.	Leitura	Difer.	Exp.	Leitura	Difer.	Exp.
Data	Hora	(mm)	(mm)	%	(mm)	(mm)	%	(mm)	(mm)	%
27/09/2004	seg 14:00	5,00	0,00	0,00	2,00	0,00	0,00	2,00	0,00	0,00
28/09/2004	ter 14:00									
29/09/2004	qua 14:00									
30/09/2004	qui 14:00									
01/10/2004	sex 14:00	6,85	1,85	1,63	2,90	0,90	0,79	2,80	0,80	0,70
Cil. +am. após embebição										
Peso da água absorvida										

Anel dinamométrico
DIN 001

Constante do anel
0,10485

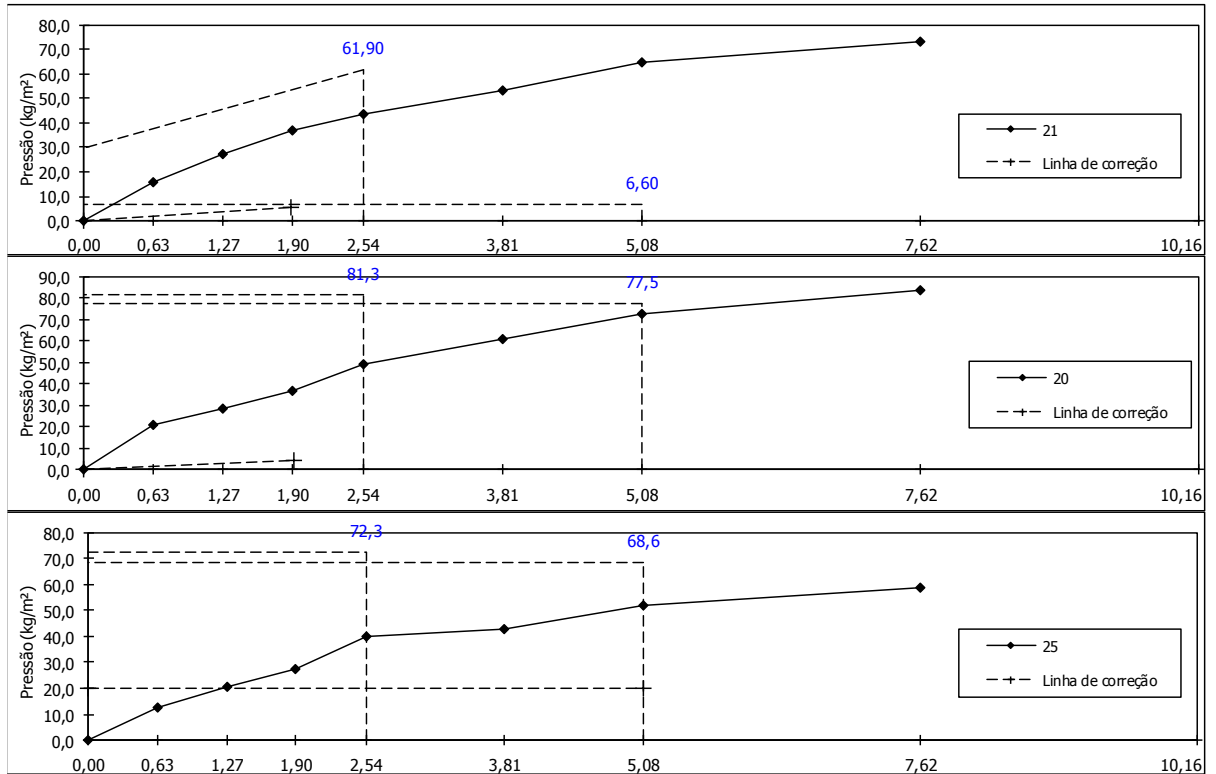
Relógio comparador
EXT 001

Área do pistão (cm²)
19,3221

PENETRAÇÃO

Tempo Min.	Penetração		Pressão Padrão	Molde 21			Molde 20			Molde 25					
	mm	Pol.		Leitura	Pressão Kg/m²	ISC	Leitura	Pressão Kg/m²	ISC	Leitura	Pressão Kg/m²	ISC			
-	-	-	-	mm	Calcul.	Corrig.	%	mm	Calcul.	Corrig.	%	mm	Calcul.	Corrig.	%
0,5	0,63	0,025	-	150	15,73			200	21,0			120	12,6		
1,0	1,27	0,050	-	260	27,26			270	28,3			195	20,4		
1,5	1,90	0,075	-	350	36,70			350	36,7			260	27,3		
2,0	2,54	0,100	70,31	415	43,51	43,5	61,9	470	49,3	49,3	70,1	380	39,8	39,8	56,7
3,0	3,81	0,150	-	510	53,47			580	60,8			410	43,0		
4,0	5,08	0,200	105,46	620	65,01	65,0	61,6	690	72,3	72,3	68,6	495	51,9	51,9	49,2
6,0	7,62	0,300	-	700	73,40			796	83,5			560	58,7		
8,0	10,16	0,400	-												
10,0	12,70	0,500	-												

Curvas de Pressão / Penetração do I.S.C



Rodovia: _____ Segmento: _____
 Trecho: Jazida 03 Estaca: _____
 Subtrecho: _____ Data: 04/12/2013
 Amostra: Solo melhorado com adição 3% de cimento Registro: 001
 Operador: Miller Pereira Almeida

ÍNDICE DE SUPORTE CALIFÓRNIA

EXPANSÃO		21			20			25		
Molde (Não)		11,38			11,38			11,38		
Altura do molde (cm)		11,38			11,38			11,38		
-	-	Leitura	Difer.	Exp.	Leitura	Difer.	Exp.	Leitura	Difer.	Exp.
Data	Hora	(mm)	(mm)	%	(mm)	(mm)	%	(mm)	(mm)	%
27/09/2004	seg 14:00	4,80	0,00	0,00	5,00	0,00	0,00	2,00	0,00	0,00
28/09/2004	ter 14:00									
29/09/2004	qua 14:00									
30/09/2004	qui 14:00									
01/10/2004	sex 14:00	6,10	1,30	1,14	6,15	1,15	1,01	3,20	1,20	1,05
Cil. +am. após embebio										
Peso da água absorvida										

Anel dinamométrico
DIN 001

Constante do anel
0,10485

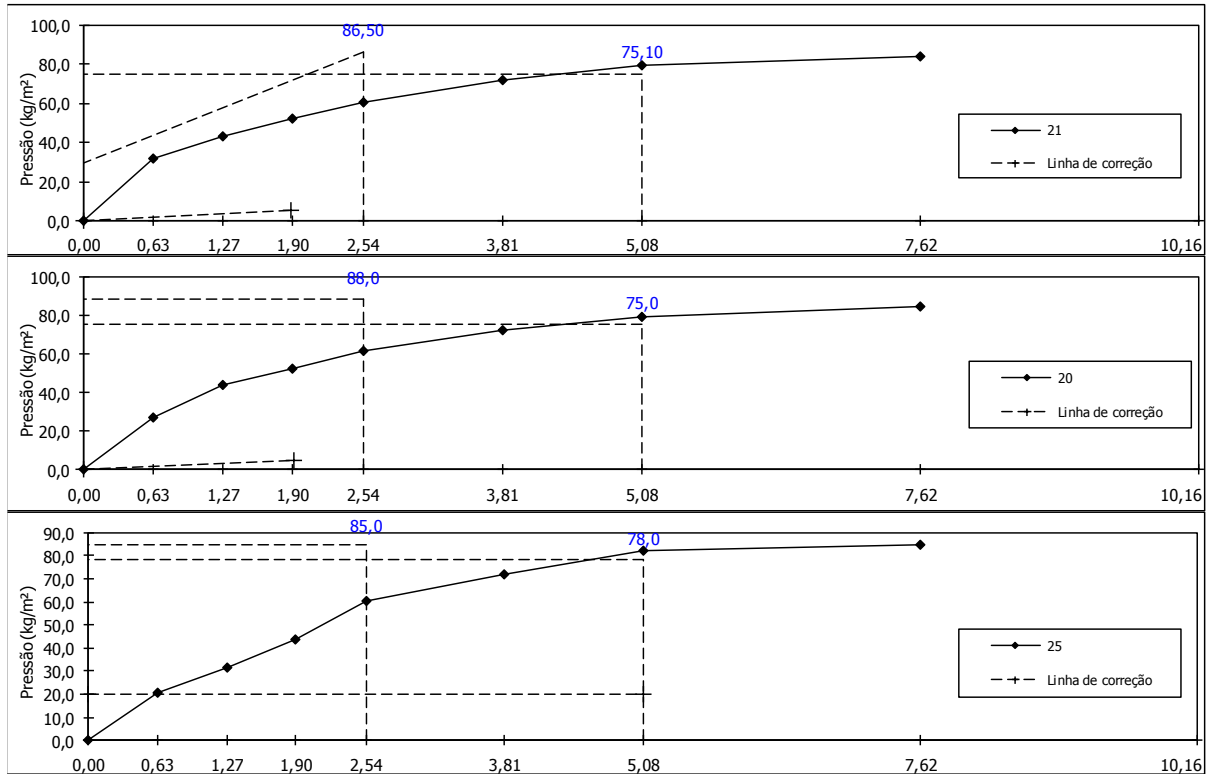
Relógio comparador
EXT 001

rea do pistão (cm²)
19,3221

PENETRAO

Tempo	Penetrao		Pressão Padrão	Molde 21			Molde 20			Molde 25					
	mm	Pol.		Leitura	Pressão Kg/m ²	ISC	Leitura	Pressão Kg/m ²	ISC	Leitura	Pressão Kg/m ²	ISC			
-	-	-	-	mm	Calcul.	Corrig.	%	mm	Calcul.	Corrig.	%	mm	Calcul.	Corrig.	%
0,5	0,63	0,025	-	300	31,46			255	26,7			198	20,8		
1,0	1,27	0,050	-	410	42,99			420	44,0			300	31,5		
1,5	1,90	0,075	-	495	51,90			500	52,4			415	43,5		
2,0	2,54	0,100	70,31	580	60,81	60,8	86,5	590	61,9	61,9	88,0	575	60,3	60,3	85,7
3,0	3,81	0,150	-	685	71,82			688	72,1			687	72,0		
4,0	5,08	0,200	105,46	755	79,16	79,2	75,1	754	79,1	79,1	75,0	786	82,4	82,4	78,1
6,0	7,62	0,300	-	800	83,88			805	84,4			809	84,8		
8,0	10,16	0,400	-												
10,0	12,70	0,500	-												

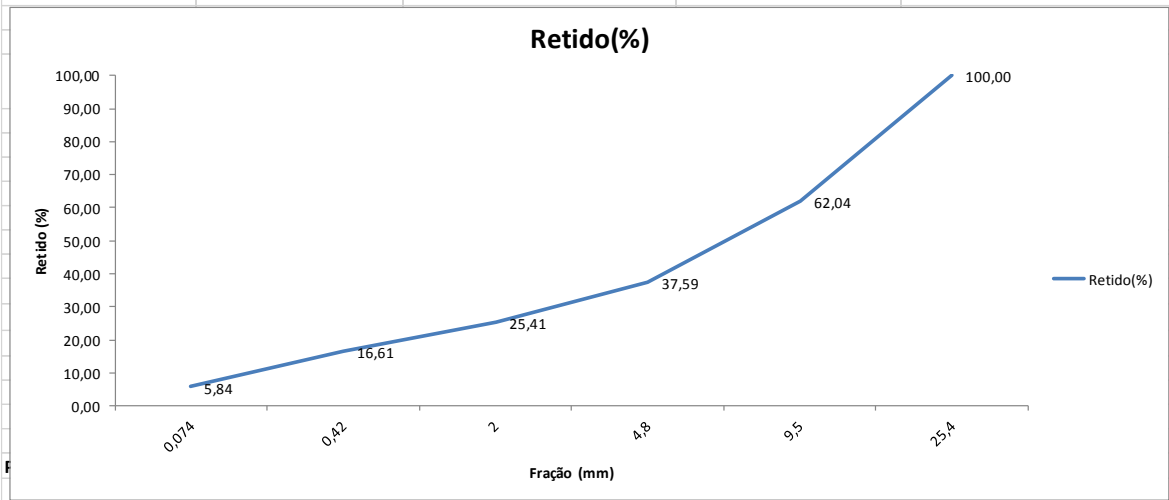
Curvas de Pressão / Penetrao do I.S.C



SOLICITANTE: Antonio Ricardo	FONE:
MATERIAL: Solo melhorado com adição de 4% cimento	DATA:
TRECHO: Jazida 01	MUNICÍPIO:

ANÁLISE GRANULOMÉTRICA - NBR - 7181

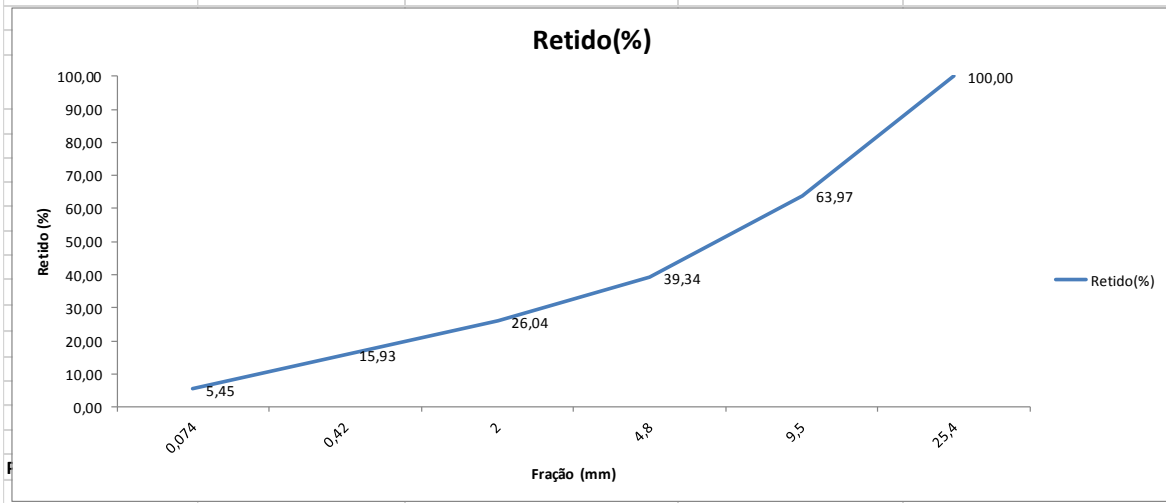
Φ peneira (mm)	massa retirada (g)	% retida em cada peneira	% retida acumulada	% que passa em cada peneira
25,4	0	0,00	0,00	100,00 100,0
9,5	194,9	37,96	37,96	62,04 50,0 - 85,0
4,8	125,6	24,46	62,41	37,59 35,0 - 65,0
2	62,5	12,17	74,59	25,41 25,0 - 50,0
0,42	45,2	8,80	83,39	16,61 15,0 - 30,0
0,074	55,3	10,77	94,16	5,84 5,0 - 15,0
Σ	513,5	100,00		



SOLICITANTE: Antonio Ricardo	FONE:
MATERIAL: Solo melhorado com adição de 4% cimento	DATA:
TRECHO: Jazida 02	MUNICÍPIO:

ANÁLISE GRANULOMÉTRICA - NBR - 7181

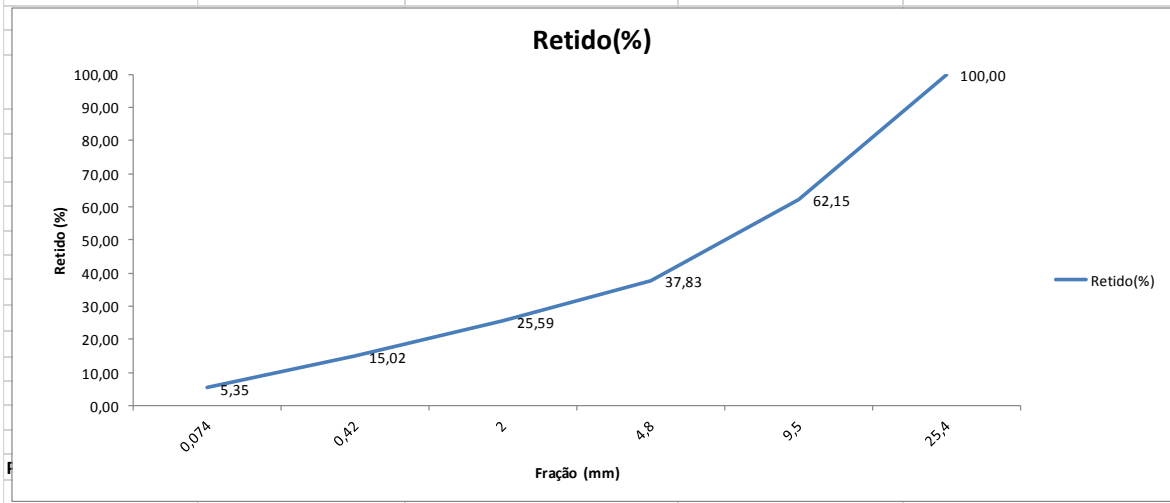
Φ peneira (mm)	massa retirada (g)	% retida em cada peneira	% retida acumulada	% que passa em cada peneira
25,4	0	0,00	0,00	100,0
9,5	198,3	36,03	36,03	63,97
4,8	135,6	24,64	60,66	39,34
2	73,2	13,30	73,96	26,04
0,42	55,6	10,10	84,07	15,93
0,074	57,7	10,48	94,55	5,45
Σ	550,4	100,00		



SOLICITANTE: Antonio Ricardo	FONE:
MATERIAL: Solo melhorado com adição de 4% cimento	DATA:
TRECHO: Jazida 02	MUNICÍPIO:

ANÁLISE GRANULOMÉTRICA - NBR - 7181

Φ peneira (mm)	massa retirada (g)	% retida em cada peneira	% retida acumulada	% que passa em cada peneira
25,4	0	0,00	0,00	100,0
9,5	212,2	37,85	37,85	62,1
4,8	136,4	24,33	62,17	37,8
2	68,6	12,23	74,41	25,5
0,42	59,3	10,58	84,98	15,0
0,074	54,2	9,67	94,65	5,3
Σ	560,7	100,00		



Rodovia: _____ Segmento: _____
 Trecho: Jazida 01 Estaca: _____
 Subtrecho: _____ Data: 04/12/2013
 Amostra: Solo melhorado com adição 4% cimento Registro: 001
 Operador: Miller Pereira Almeida

ÍNDICE DE SUPORTE CALIFÓRNIA

EXPANSÃO

Molde (Nº)			21			20			25		
Altura do molde (cm)			11,38			11,38			11,38		
-	-	-	Leitura	Difer.	Exp.	Leitura	Difer.	Exp.	Leitura	Difer.	Exp.
Data	hora		(mm)	(mm)	%	(mm)	(mm)	%	(mm)	(mm)	%
27/09/2004	seg	14:00	4,00	0,00	0,00	2,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00
28/09/2004	ter	14:00									
29/09/2004	qua	14:00									
30/09/2004	qui	14:00									
01/10/2004	sex	14:00	5,15	1,15	1,01	2,05	0,05	0,04	1,03	0,03	0,03
Cil. +am. após embebição											
Peso da água absorvida											

Anel dinamométrico
DIN 001

Constante do anel
0,10485

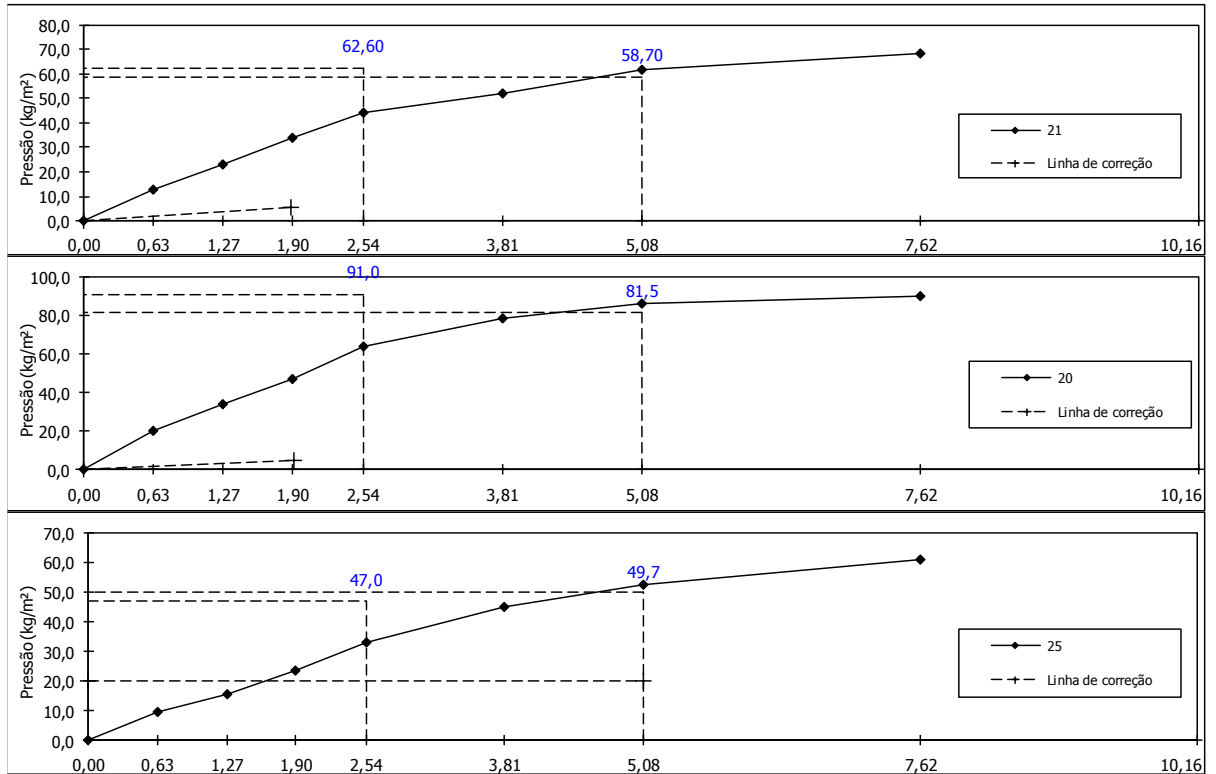
Relógio comparador
EXT 001

Área do pistão (cm²)
19,3221

PENETRAÇÃO

Tempo Min.	Penetração		Pressão Padrão	Molde 21			Molde 20			Molde 25					
	mm	Pol.		Leitura	Pressão Kg/m²	ISC	Leitura	Pressão Kg/m²	ISC	Leitura	Pressão Kg/m²	ISC			
-	-	-	-	mm	Calcul.	Corrig.	%	mm	Calcul.	Corrig.	%	mm	Calcul.	Corrig.	%
0,5	0,63	0,025	-	120	12,58			190	19,9			90	9,4		
1,0	1,27	0,050	-	220	23,07			320	33,6			150	15,7		
1,5	1,90	0,075	-	325	34,08			450	47,2			225	23,6		
2,0	2,54	0,100	70,31	420	44,04	44,0	62,6	610	64,0	64,0	91,0	315	33,0	33,0	47,0
3,0	3,81	0,150	-	495	51,90			750	78,6			430	45,1		
4,0	5,08	0,200	105,46	590	61,86	61,9	58,7	820	86,0	86,0	81,5	500	52,4	52,4	49,7
6,0	7,62	0,300	-	650	68,15			860	90,2			580	60,8		
8,0	10,16	0,400	-												
10,0	12,70	0,500	-												

Curvas de Pressão / Penetração do I.S.C



Rodovia: _____ Segmento: _____
 Trecho: _____ Estaca: _____
 Subtrecho: JAZIDA 02 Data: 04/12/2013
 Amostra: Solo melhorado com adição de 4% cimento Registro: 001
 Operador: Miller Pereira Almeida

ÍNDICE DE SUPORTE CALIFÓRNIA

EXPANSÃO

Molde (Nº)		21			20			25			
Altura do molde (cm)		11,38			11,38			11,38			
-	-	Leitura	Difer.	Exp.	Leitura	Difer.	Exp.	Leitura	Difer.	Exp.	
Data	Hora	(mm)	(mm)	%	(mm)	(mm)	%	(mm)	(mm)	%	
27/09/2004	seg	14:00	2,00	0,00	0,00	3,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00
28/09/2004	ter	14:00									
29/09/2004	qua	14:00									
30/09/2004	qui	14:00									
01/10/2004	sex	14:00	2,15	0,15	0,13	3,06	0,06	0,05	1,07	0,07	0,06
Cl. +am. após embebição											
Peso da água absorvida											

Anel dinamométrico
DIN 001

Constante do anel
0,10485

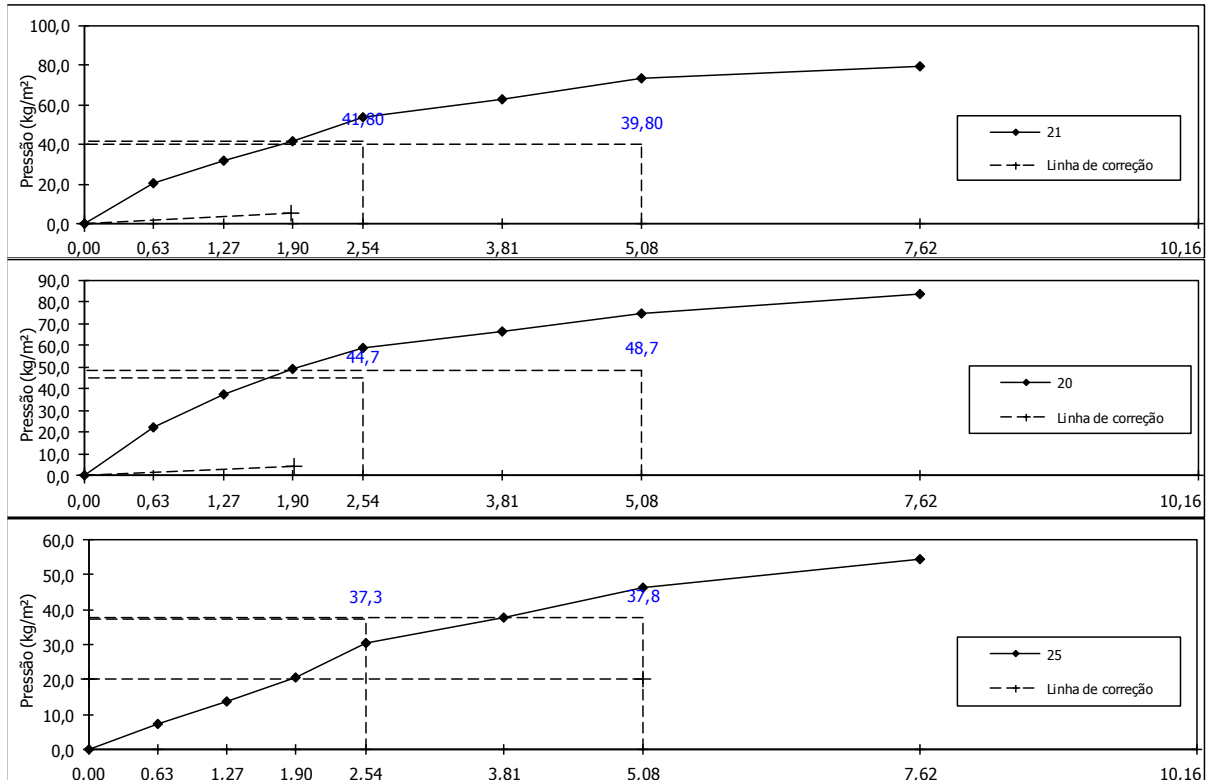
Relógio comparador
EXT 001

Área do pistão (cm²)
19,3221

PENETRAÇÃO

Tempo	Penetração		Pressão Padrão	Molde 21				Molde 20				Molde 25			
	mm	Pol.		Leitura	Pressão Kg/m²	ISC		Leitura	Pressão Kg/m²	ISC		Leitura	Pressão Kg/m²	ISC	
-	-	-	-	mm	Calcul.	Corrig.	%	mm	Calcul.	Corrig.	%	mm	Calcul.	Corrig.	%
0,5	0,63	0,025	-	195	20,45			210	22,0			70	7,3		
1,0	1,27	0,050	-	300	31,46			360	37,7			132	13,8		
1,5	1,90	0,075	-	395	41,42			470	49,3			198	20,8		
2,0	2,54	0,100	70,31	510	53,47	53,5	76,1	560	58,7	58,7	83,5	289	30,3	30,3	43,1
3,0	3,81	0,150	-	600	62,91			630	66,1			360	37,7		
4,0	5,08	0,200	105,46	698	73,19	73,2	69,4	710	74,4	74,4	70,6	440	46,1	46,1	43,7
6,0	7,62	0,300	-	760	79,69			796	83,5			520	54,5		
8,0	10,16	0,400	-												
10,0	12,70	0,500	-												

Curvas de Pressão / Penetração do I.S.C



Rodovia: _____ Segmento: _____
 Trecho: Jazida 03 Estaca: _____
 Subtrecho: _____ Data: _____
 Amostra: Solo melhorado com 4% cimento Registro: 001
 Operador: Miller Pereira Almeida

ÍNDICE DE SUPORTE CALIFÓRNIA

EXPANSÃO

Molde (Nº)			21			20			25		
Altura do molde (cm)			11,38			11,38			11,38		
-	-	-	Leitura (mm)	Difer. (mm)	Exp. %	Leitura (mm)	Difer. (mm)	Exp. %	Leitura (mm)	Difer. (mm)	Exp. %
27/09/2004	seg	14:00	2,00	0,00	0,00	3,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00
28/09/2004	ter	14:00									
29/09/2004	qua	14:00									
30/09/2004	qui	14:00									
01/10/2004	sex	14:00	2,15	0,15	0,13	3,06	0,06	0,05	1,07	0,07	0,06
Cil.+am. após embebição											
Peso da água absorvida											

Anel dinamométrico
DIN 001

Constante do anel
0,10485

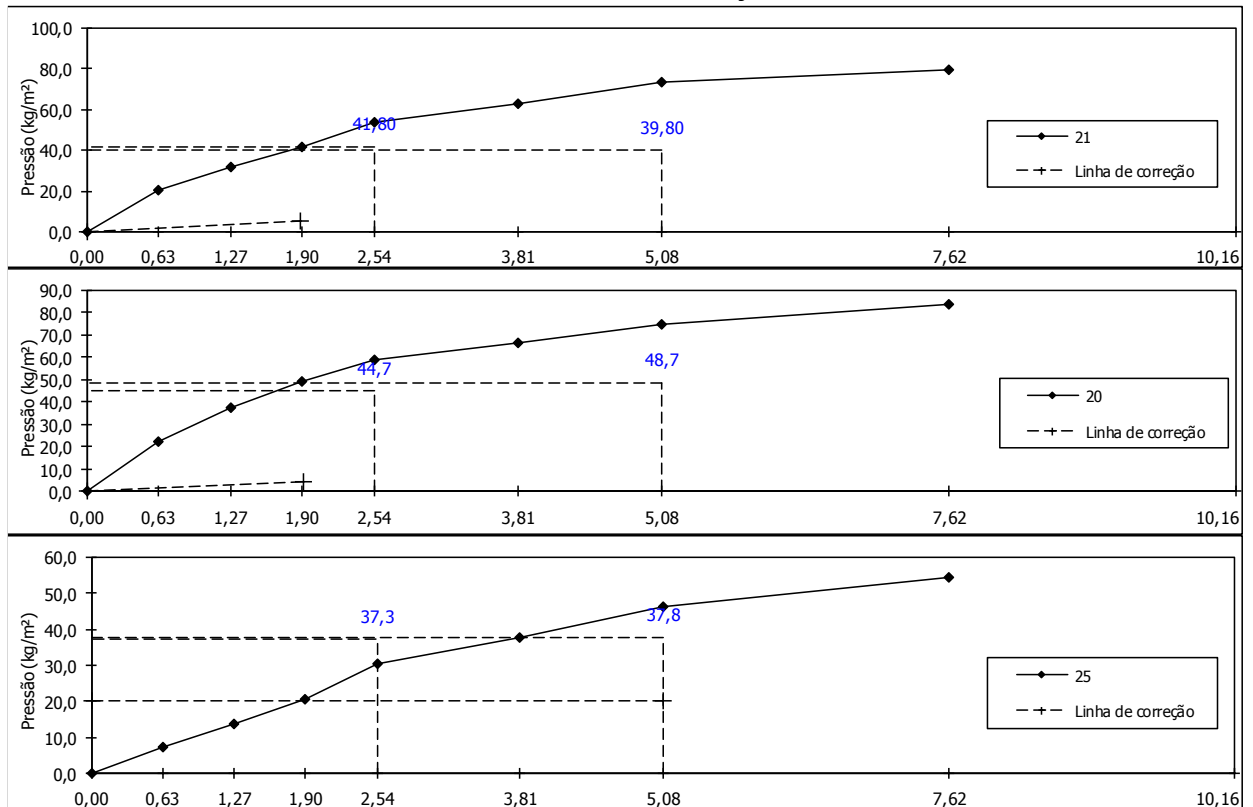
Relógio comparador
EXT 001



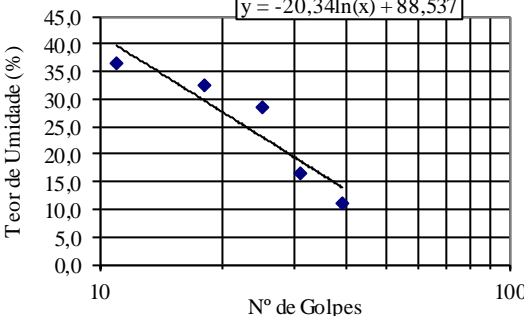
Área do pistão (cm²)
19,3221



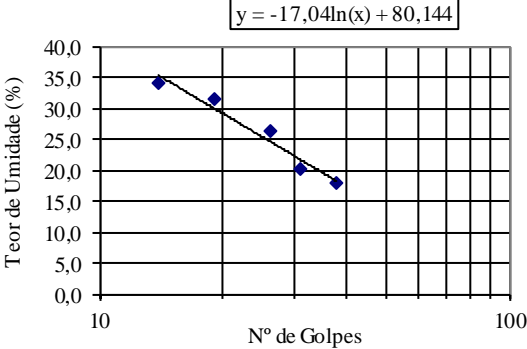
PENETRAÇÃO



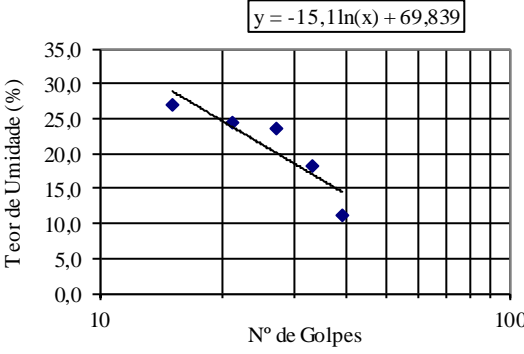
Tempo Min.	Penetração			Molde Leitura mm	21			Molde Leitura mm	20			Molde Leitura mm	25		
	mm	Pol.	Pressão Padrão		Pressão Kg/m²	ISC %	Pressão Kg/m²		ISC %	Pressão Kg/m²	ISC %				
0,5	0,63	0,025	-	195	20,45			210	22,0			70	7,3		
1,0	1,27	0,050	-	300	31,46			360	37,7			132	13,8		
1,5	1,90	0,075	-	395	41,42			470	49,3			198	20,8		
2,0	2,54	0,100	70,31	510	53,47	53,5	76,1	560	58,7	58,7	83,5	289	30,3	30,3	43,1
3,0	3,81	0,150	-	600	62,91			630	66,1			360	37,7		
4,0	5,08	0,200	105,46	698	73,19	73,2	69,4	710	74,4	74,4	70,6	440	46,1	46,1	43,7
6,0	7,62	0,300	-	760	79,69			796	83,5			520	54,5		
8,0	10,16	0,400	-												
10,0	12,70	0,500	-												

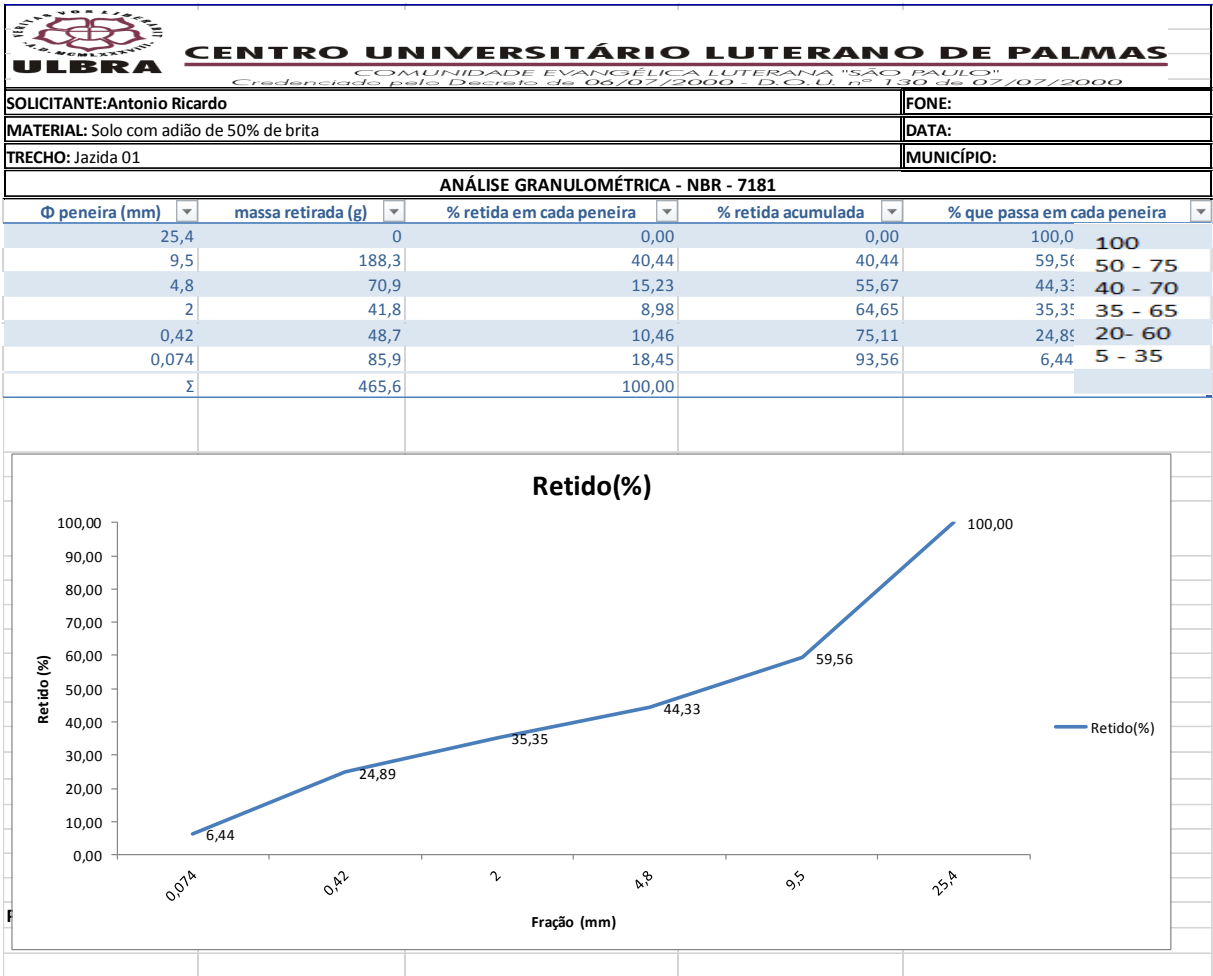
Curvas de Pressão / Penetração do I.S.C

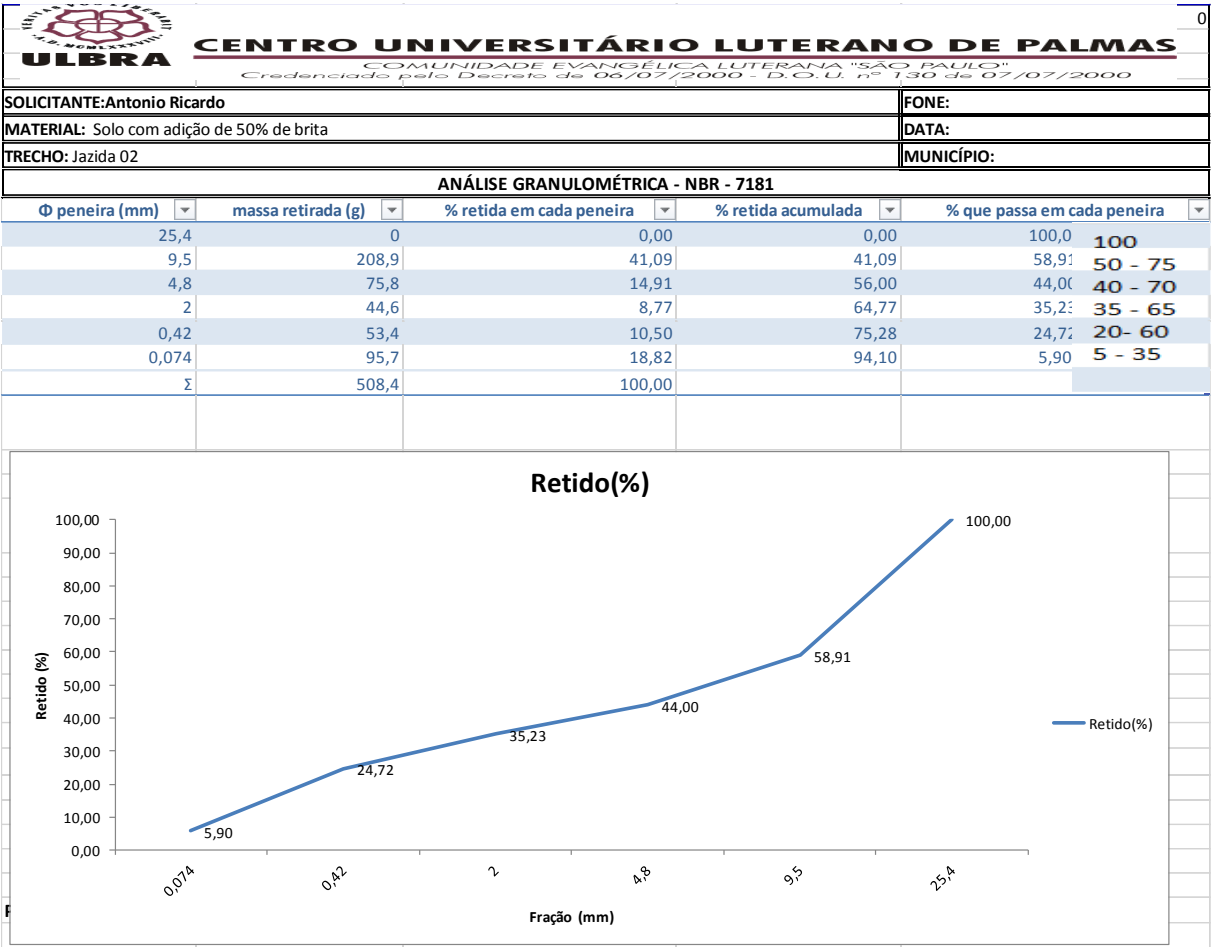


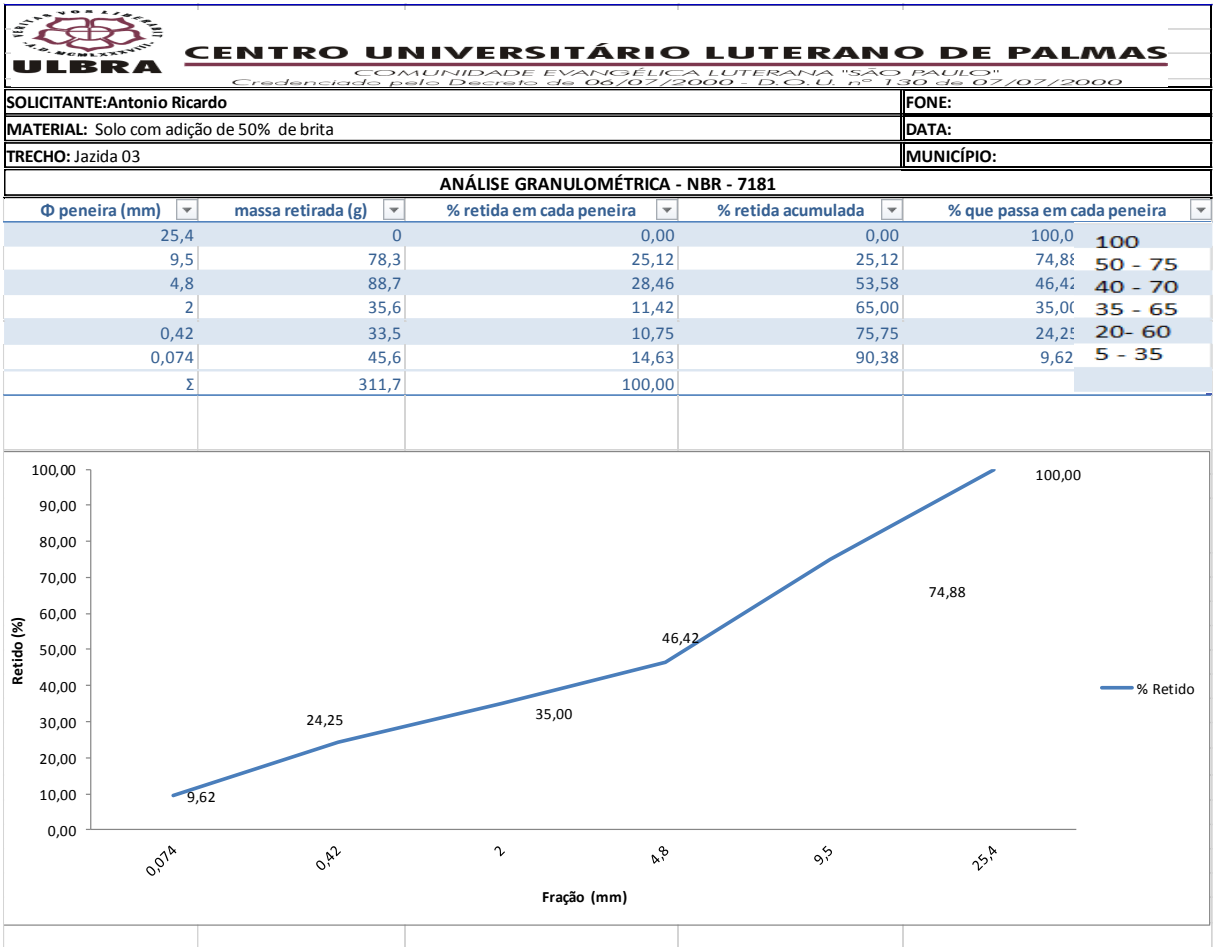
 CENTRO UNIVERSITÁRIO LUTERANO DE PALMAS COMUNIDADE EVANGÉLICA LUTERANA "SÃO PAULO" Credenciado pelo Decreto de 06/07/2000 - D.O.U. nº 130 de 07/07/2000								
LABORATÓRIO DE SOLOS E ROCHAS								
Solicitante:	Antonio Ricardo O. Moraes	Fone:						
Descrição:	Solo melhorado com 4% de cimento	Estaca:						
Trecho:	Jazida 01	Prof (m):						
Obs:		Data:						
		Reg. Nº:						
		Amostra:						
LIMITE DE LIQUIDEZ - NBR-6459								
Determinação	#	1	2	3	4	5	6	7
Cápsula	#	1	2	3	4	7		
Massa Solo Úmido + Cápsula	(g)	44,50	46,80	48,20	46,90	49,80		
Massa Solo Seco + Cápsula	(g)	41,90	42,60	42,00	39,60	41,70		
Massa da Cápsula	(g)	18,50	17,20	20,30	17,20	19,50		
Massa da Água	(g)	2,60	4,20	6,20	7,30	8,10		
Massa Solo Seco	(g)	23,40	25,40	21,70	22,40	22,20		
Teor de Umidade	(%)	11,11	16,54	28,57	32,59	36,49		
Número de Golpes	#	39	31	25	18	11		
LIMITE DE PLASTICIDADE - NBR-7180								
Determinação	#	1	2	3	4	5	6	7
Cápsula	#	1	2	3	4	5		
Massa Solo Úmido + Cápsula	(g)	9,30	9,20	9,50	10,00	9,80		
Massa Solo Seco + Cápsula	(g)	9,10	9,00	9,27	9,76	9,60		
Massa da Cápsula	(g)	8,10	7,90	8,00	8,60	9,80		
Massa da Água	(g)	0,20	0,20	0,23	0,24	0,20		
Massa Solo Seco	(g)	1,00	1,10	1,27	1,16	1,10		
Teor de Umidade	(%)	20,00	18,18	18,11	20,69	18,18		
		CRITÉRIO DE ACEITAÇÃO DA MÉDIA (LP)						
		#	LP	0,95.LP	1,05.LP	Ñ Serve		
		1	19,03	18,08	19,98	2		
		2	19,25	18,28	20,21			
		LL = A.ln(Nº de Golpes) + B						
		A	-3,2675					
		B	42,695					
		Limite de Liquidez (LL)	24,6					
		Limite de Plasticidade (LP)	19,5					
		Índice de Plasticidade (IP)	5,1					
MASSA ESPECÍFICA - Grãos que passam na # 4,8mm - NBR-6508				Observações Gerais				
Picnômetro Nº	#	1	2	A massa específica do solo em questão foi obtida a partir de amostra seca em estufa a 105°C				
Teor de Umidade	(%)							
Massa Solo Úmido	(g)	76,4	76,8					
Massa Picnômetro+Solo+Água, T°C de Ensaio	(g)	663,10	663,90					
Massa Picnômetro Cheio de Água	(g)	631,00	633,00					
Temperatura de Ensaio	(°C)	24	24					
Massa Solo Seco	(g)	50,00	50,00					
Massa Específica da Água, T°C de Ensaio	(g/cm³)	0,9981	0,9981					
Massa Específica dos Grãos	(g/cm³)	2,79	2,62					
Massa Específica dos Grãos Média	(g/cm³)	2,71						
				Visto				

 CENTRO UNIVERSITÁRIO LUTERANO DE PALMAS COMUNIDADE EVANGÉLICA LUTERANA "SÃO PAULO" Credenciado pelo Decreto de 06/07/2000 - D.O.U. nº 130 de 07/07/2000																		
LABORATÓRIO DE SOLOS E ROCHAS																		
Solicitante:	Antonio Ricardo	Fone:																
Descrição:	Solo melhorado com 4% de cimento	Estaca:																
Trecho:	Jazida 2	Prof (m):																
Obs:		Data:																
		Reg. N°:																
		Amostra:																
LIMITE DE LIQUIDEZ - NBR-6459																		
Determinação	#	1	2	3	4	5	6	7										
Cápsula	#	1	2	3	4	7												
Massa Solo Úmido + Cápsula	(g)	45,60	48,30	48,40	45,50	49,50												
Massa Solo Seco + Cápsula	(g)	41,00	42,70	41,90	38,50	41,20												
Massa da Cápsula	(g)	15,30	14,90	17,20	16,20	16,70												
Massa da Água	(g)	4,60	5,60	6,50	7,00	8,30												
Massa Solo Seco	(g)	25,70	27,80	24,70	22,30	24,50												
Teor de Umidade	(%)	17,90	20,14	26,32	31,39	33,88												
Número de Golpes	#	38	31	26	19	14												
LIMITE DE PLASTICIDADE - NBR-7180																		
Determinação	#	1	2	3	4	5	6	7										
Cápsula	#	1	2	3	4	5												
Massa Solo Úmido + Cápsula	(g)	10,20	11,20	9,90	9,50	9,80												
Massa Solo Seco + Cápsula	(g)	9,92	10,80	9,65	9,25	9,58												
Massa da Cápsula	(g)	8,60	9,00	8,20	8,00	8,30												
Massa da Água	(g)	0,28	0,40	0,25	0,25	0,22												
Massa Solo Seco	(g)	1,32	1,80	1,45	1,25	1,10												
Teor de Umidade	(%)	21,21	22,22	17,24	20,00	20,00												
		CRITÉRIO DE ACEITAÇÃO DA MÉDIA (LP) <table border="1"> <thead> <tr> <th>#</th> <th>LP</th> <th>0,95.LP</th> <th>1,05.LP</th> <th>Ñ Serve</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>20,14</td> <td>19,13</td> <td>21,14</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>19,61</td> <td>18,63</td> <td>20,59</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>		#	LP	0,95.LP	1,05.LP	Ñ Serve	1	20,14	19,13	21,14	2	2	19,61	18,63	20,59	
#	LP	0,95.LP	1,05.LP	Ñ Serve														
1	20,14	19,13	21,14	2														
2	19,61	18,63	20,59															
		$LL = A \cdot \ln(N^\circ \text{ de Golpes}) + B$ <table border="1"> <tbody> <tr> <td>A</td> <td>-3,2675</td> </tr> <tr> <td>B</td> <td>42,695</td> </tr> </tbody> </table>		A	-3,2675	B	42,695											
A	-3,2675																	
B	42,695																	
		<table border="1"> <tbody> <tr> <td>Limite de Liquidez (LL)</td> <td>24,7</td> </tr> <tr> <td>Limite de Plasticidade (LP)</td> <td>20,1</td> </tr> <tr> <td>Índice de Plasticidade (IP)</td> <td>4,6</td> </tr> </tbody> </table>		Limite de Liquidez (LL)	24,7	Limite de Plasticidade (LP)	20,1	Índice de Plasticidade (IP)	4,6									
Limite de Liquidez (LL)	24,7																	
Limite de Plasticidade (LP)	20,1																	
Índice de Plasticidade (IP)	4,6																	
MASSA ESPECÍFICA - Grãos que passam na # 4,8mm - NBR-6508																		
Picnômetro N°	#	1	2															
Teor de Umidade	(%)																	
Massa Solo Úmido	(g)	76,4	76,8															
Massa Picnômetro+Solo+Água, T°C de Ensaio	(g)	662,80	664,00															
Massa Picnômetro Cheio de Água	(g)	631,00	633,00															
Temperatura de Ensaio	(°C)	24	24															
Massa Solo Seco	(g)	50,00	50,00															
Massa Específica da Água, T°C de Ensaio	(g/cm ³)	0,9981	0,9981															
Massa Específica dos Grãos	(g/cm ³)	2,75	2,63															
Massa Específica dos Grãos Média	(g/cm ³)	2,69																
		Observações Gerais A massa específica do solo em questão foi obtida a partir de amostra seca em estufa a 105°C																
		Visto																

 CENTRO UNIVERSITÁRIO LUTERANO DE PALMAS COMUNIDADE EVANGÉLICA LUTERANA "SÃO PAULO" Credenciado pelo Decreto de 06/07/2000 - D.O.U. nº 130 de 07/07/2000																		
LABORATÓRIO DE SOLOS E ROCHAS																		
Solicitante:	Antonio Ricardo	Fone:																
Descrição:	Solo melhorado com 4% de cimento	Estaca:																
Trecho:	Jazida 03	Prof (m):																
Obs:		Data:																
		Reg. Nº:																
		Amostra:																
LIMITE DE LIQUIDEZ - NBR-6459																		
Determinação	#	1	2	3	4	5	6	7										
Cápsula	#	1	2	3	4	7												
Massa Solo Úmido + Cápsula	(g)	50,20	48,50	49,80	49,70	48,30												
Massa Solo Seco + Cápsula	(g)	47,00	43,70	44,20	43,20	41,80												
Massa da Cápsula	(g)	18,50	17,50	20,30	16,60	17,80												
Massa da Água	(g)	3,20	4,80	5,60	6,50	6,50												
Massa Solo Seco	(g)	28,50	26,20	23,90	26,60	24,00												
Teor de Umidade	(%)	11,23	18,32	23,43	24,44	27,08												
Número de Golpes	#	39	33	27	21	15												
LIMITE DE PLASTICIDADE - NBR-7180																		
Determinação	#	1	2	3	4	5	6	7										
Cápsula	#	6	4	9	5	8												
Massa Solo Úmido + Cápsula	(g)	10,30	8,90	9,80	9,90	9,70												
Massa Solo Seco + Cápsula	(g)	10,20	8,65	9,49	9,62	9,40												
Massa da Cápsula	(g)	8,60	7,30	7,80	8,00	7,60												
Massa da Água	(g)	0,10	0,25	0,31	0,28	0,30												
Massa Solo Seco	(g)	1,60	1,35	1,69	1,62	1,80												
Teor de Umidade	(%)	6,25	18,52	18,34	17,28	16,67												
		CRITÉRIO DE ACEITAÇÃO DA MÉDIA (LP) <table border="1"> <thead> <tr> <th>#</th> <th>\bar{LP}</th> <th>0,95.\bar{LP}</th> <th>1,05.\bar{LP}</th> <th>\bar{N} Serve</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>15,41</td> <td>14,64</td> <td>16,18</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>14,64</td> <td>13,90</td> <td>15,37</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>		#	\bar{LP}	0,95. \bar{LP}	1,05. \bar{LP}	\bar{N} Serve	1	15,41	14,64	16,18	2	2	14,64	13,90	15,37	
#	\bar{LP}	0,95. \bar{LP}	1,05. \bar{LP}	\bar{N} Serve														
1	15,41	14,64	16,18	2														
2	14,64	13,90	15,37															
		$LL = A \cdot \ln(N^\circ \text{ de Golpes}) + B$ <table border="1"> <tbody> <tr> <td>A</td> <td>-3,2675</td> </tr> <tr> <td>B</td> <td>42,695</td> </tr> </tbody> </table>		A	-3,2675	B	42,695											
A	-3,2675																	
B	42,695																	
		<table border="1"> <tbody> <tr> <td>Limite de Liquidez (LL)</td> <td>19,8</td> </tr> <tr> <td>Limite de Plasticidade (LP)</td> <td>15,4</td> </tr> <tr> <td>Índice de Plasticidade (IP)</td> <td>4,4</td> </tr> </tbody> </table>		Limite de Liquidez (LL)	19,8	Limite de Plasticidade (LP)	15,4	Índice de Plasticidade (IP)	4,4									
Limite de Liquidez (LL)	19,8																	
Limite de Plasticidade (LP)	15,4																	
Índice de Plasticidade (IP)	4,4																	
MASSA ESPECÍFICA - Grãos que passam na # 4,8mm - NBR-6508																		
Picnômetro Nº	#	1	2															
Teor de Umidade	(%)																	
Massa Solo Úmido	(g)	76,4	76,8															
Massa Picnômetro+Solo+Água, T°C de Ensaio	(g)	661,80	664,00															
Massa Picnômetro Cheio de Água	(g)	631,00	633,00															
Temperatura de Ensaio	(°C)	24	24															
Massa Solo Seco	(g)	50,00	50,00															
Massa Específica da Água, T°C de Ensaio	(g/cm³)	0,9981	0,9981															
Massa Específica dos Grãos	(g/cm³)	2,60	2,63															
Massa Específica dos Grãos Média	(g/cm³)	2,62																
		Observações Gerais																
		A massa específica do solo em questão foi obtida a partir de amostra seca em estufa a 105°C																
		Visto																







###

Rodovia: _____ Segmento: _____
 Trecho: Jazida 01 Estaca: _____
 Subtrecho: _____ Data: 09/08/2016
 Amostra: Solo co 50% Registro: 001
 Operador: Miller Pereira Almeida

ÍNDICE DE SUPORTE CALIFÓRNIA

EXPANSÃO

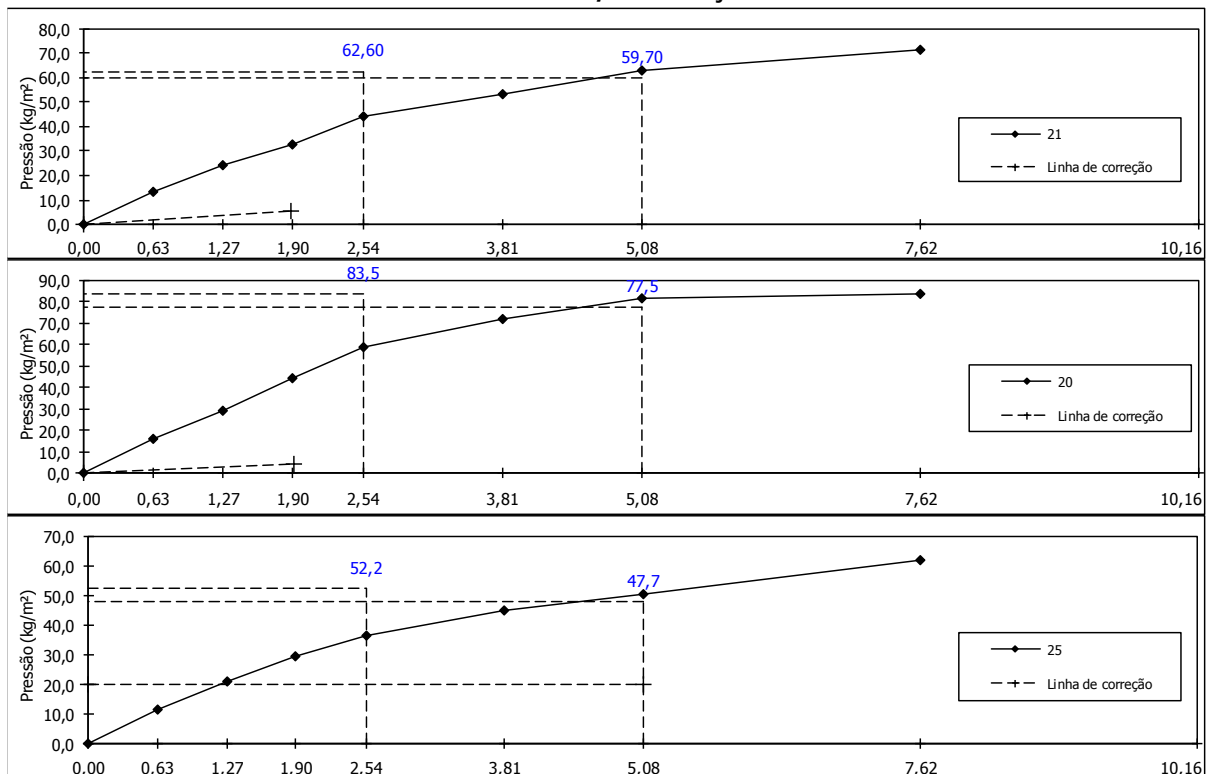
Molde (Nº)		21			20			25		
Altura do molde (cm)		11,38			11,38			11,38		
		Leitura	Difer.	Exp.	Leitura	Difer.	Exp.	Leitura	Difer.	Exp.
Data	Hora	(mm)	(mm)	%	(mm)	(mm)	%	(mm)	(mm)	%
27/09/2004	seg 14:00	4,00	0,00	0,00	5,50	0,00	0,00	5,00	0,00	0,00
28/09/2004	ter 14:00									
29/09/2004	qua 14:00									
30/09/2004	qui 14:00									
01/10/2004	sex 14:00	4,90	0,90	0,79	6,58	1,08	0,95	6,10	1,10	0,97
Cil.+am. após embebição										
Peso da água absorvida										

Anel dinamométrico
DIN 001
Constante do anel
0,10485
Relógio comparador
EXT 001
Área do pistão (cm²)
19,3221

PENETRAÇÃO

Tempo	Penetração		Pressão Padrão	Molde 21				Molde 20				Molde 25			
	mm	Pol.		Leitura	Pressão Kg/m²		ISC	Leitura	Pressão Kg/m²		ISC	Leitura	Pressão Kg/m²		ISC
-	-	-	-	mm	Calcul.	Corrig.	%	mm	Calcul.	Corrig.	%	mm	Calcul.	Corrig.	%
0,5	0,63	0,025	-	130	13,63			150	15,7			110	11,5		
1,0	1,27	0,050	-	230	24,12			280	29,4			200	21,0		
1,5	1,90	0,075	-	310	32,50			420	44,0			280	29,4		
2,0	2,54	0,100	70,31	420	44,04	44,0	62,6	560	58,7	58,7	83,5	350	36,7	36,7	52,2
3,0	3,81	0,150	-	510	53,47			685	71,8			430	45,1		
4,0	5,08	0,200	105,46	600	62,91	62,9	59,7	780	81,8	81,8	77,5	480	50,3	50,3	47,7
6,0	7,62	0,300	-	680	71,30			800	83,9			590	61,9		
8,0	10,16	0,400	-												
10,0	12,70	0,500	-												

Curvas de Pressão / Penetração do I.S.C



Rodovia: _____ Segmento: _____
 Trecho: Jazida 02 Estaca: _____
 Subtrecho: _____ Data: 09/08/2016
 Amostra: Solo com adição de 50% de brita Registro: 001
 Operador: Miller Pereira Almeida

ÍNDICE DE SUPORTE CALIFÓRNIA

EXPANSÃO

Molde (Nº)		21			20			25		
Altura do molde (cm)		11,38			11,38			11,38		
		Leitura	Difer.	Exp.	Leitura	Difer.	Exp.	Leitura	Difer.	Exp.
Data	Hora	(mm)	(mm)	%	(mm)	(mm)	%	(mm)	(mm)	%
27/09/2004	seg 14:00	4,00	0,00	0,00	5,50	0,00	0,00	5,00	0,00	0,00
28/09/2004	ter 14:00									
29/09/2004	qua 14:00									
30/09/2004	qui 14:00									
01/10/2004	sex 14:00	4,90	0,90	0,79	6,58	1,08	0,95	6,10	1,10	0,97
Cl. +am. após embebição										
Peso da água absorvida										

Anel dinâmométrico
DIN 001

Constante do anel
0,10485

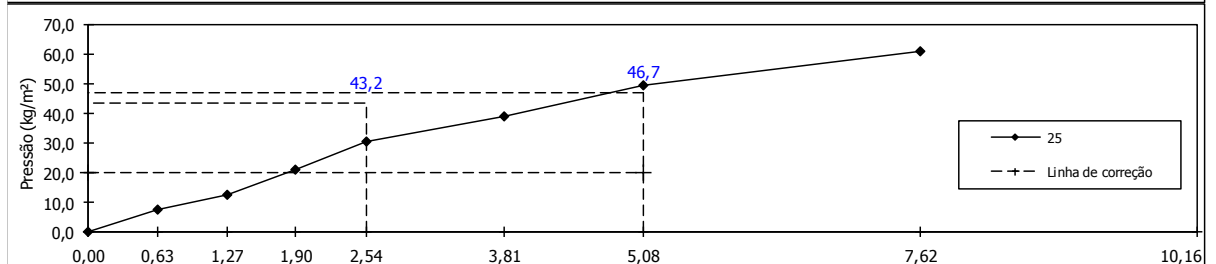
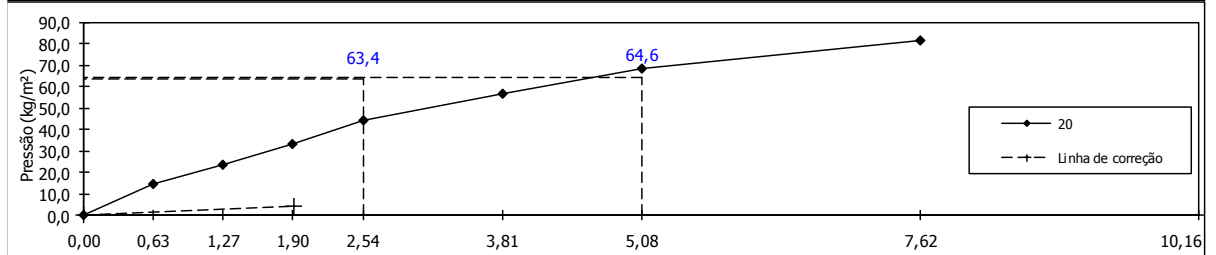
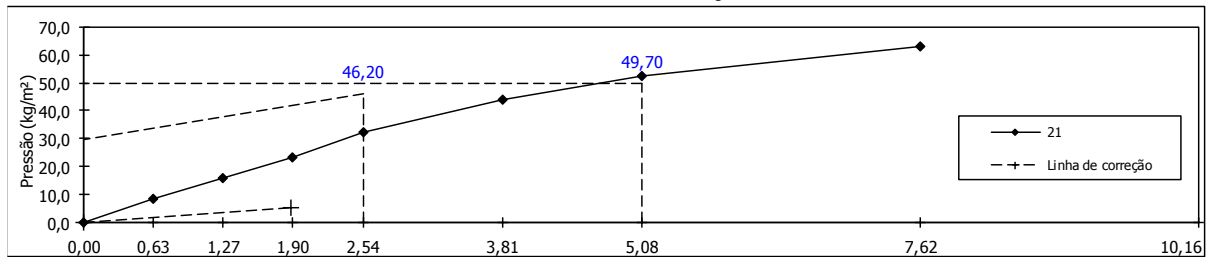
Relógio comparador
EXT 001

Área do pistão (cm²)
19,3221

PENETRAÇÃO

Tempo Min.	Penetração		Pressão Padrão	Molde 21				Molde 20				Molde 25			
	mm	Pol.		Leitura mm	Pressão Kg/m² Calcul.	Corrig.	ISC %	Leitura mm	Pressão Kg/m² Calcul.	Corrig.	ISC %	Leitura mm	Pressão Kg/m² Calcul.	Corrig.	ISC %
0,5	0,63	0,025	-	80	8,39			140	14,7			70	7,3		
1,0	1,27	0,050	-	150	15,73			225	23,6			120	12,6		
1,5	1,90	0,075	-	220	23,07			315	33,0			200	21,0		
2,0	2,54	0,100	70,31	310	32,50	32,5	46,2	425	44,6	44,6	63,4	290	30,4	30,4	43,2
3,0	3,81	0,150	-	420	44,04			540	56,6			370	38,8		
4,0	5,08	0,200	105,46	500	52,43	52,4	49,7	650	68,2	68,2	64,6	470	49,3	49,3	46,7
6,0	7,62	0,300	-	600	62,91			780	81,8			580	60,8		
8,0	10,16	0,400	-												
10,0	12,70	0,500	-												

Curvas de Pressão / Penetração do I.S.C



Rodovia: _____ Segmento: _____
 Trecho: Jazida 01 Estaca: _____
 Subtrecho: _____ Data: 10/08/2016
 Amostra: Solo brita com adição de 50% de brita Registro: 001
 Operador: Miller Pereira Almeida

ÍNDICE DE SUPORTE CALIFÓRNIA
EXPANSÃO

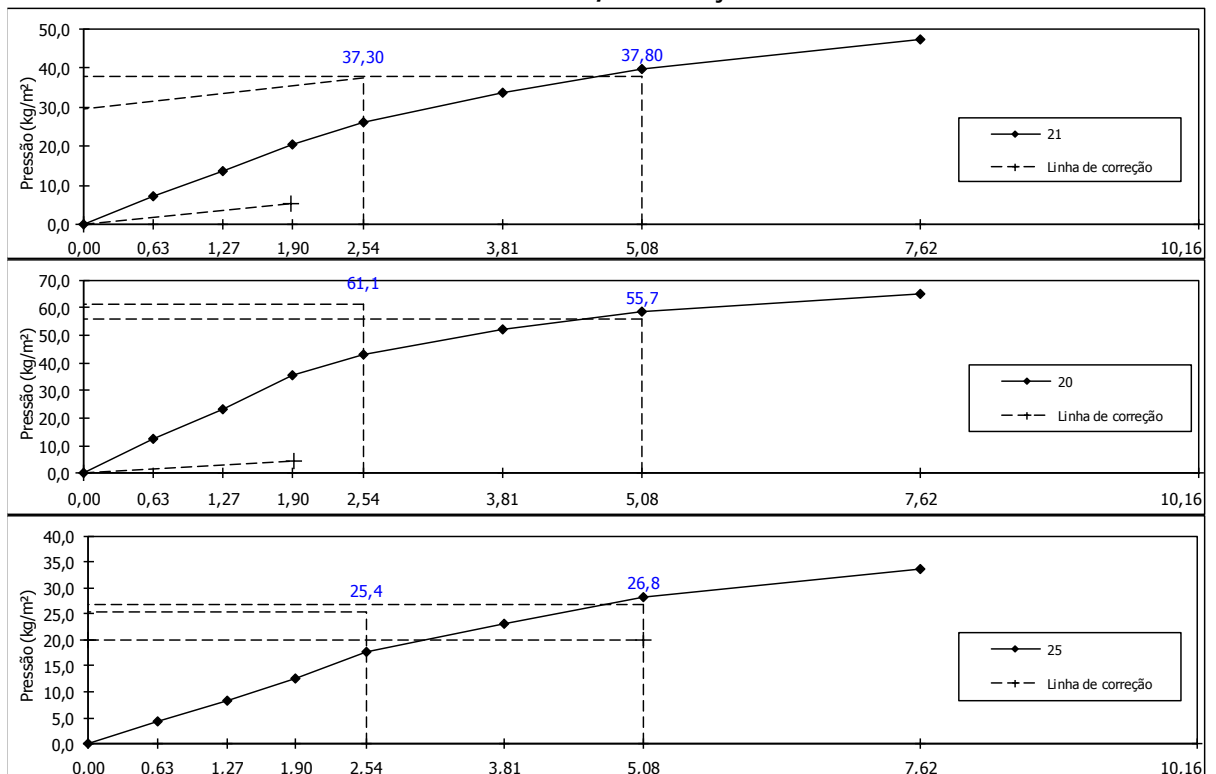
Molde (Nº)		21			20			25		
Altura do molde (cm)		11,38			11,38			11,38		
-	-	Leitura	Difer.	Exp.	Leitura	Difer.	Exp.	Leitura	Difer.	Exp.
Data	Hora	(mm)	(mm)	%	(mm)	(mm)	%	(mm)	(mm)	%
27/09/2004	seg 14:00	4,00	0,00	0,00	5,50	0,00	0,00	5,00	0,00	0,00
28/09/2004	ter 14:00									
29/09/2004	qua 14:00									
30/09/2004	qui 14:00									
01/10/2004	sex 14:00	4,90	0,90	0,79	6,58	1,08	0,95	6,10	1,10	0,97
Cil.+am. após embebição										
Peso da água absorvida										



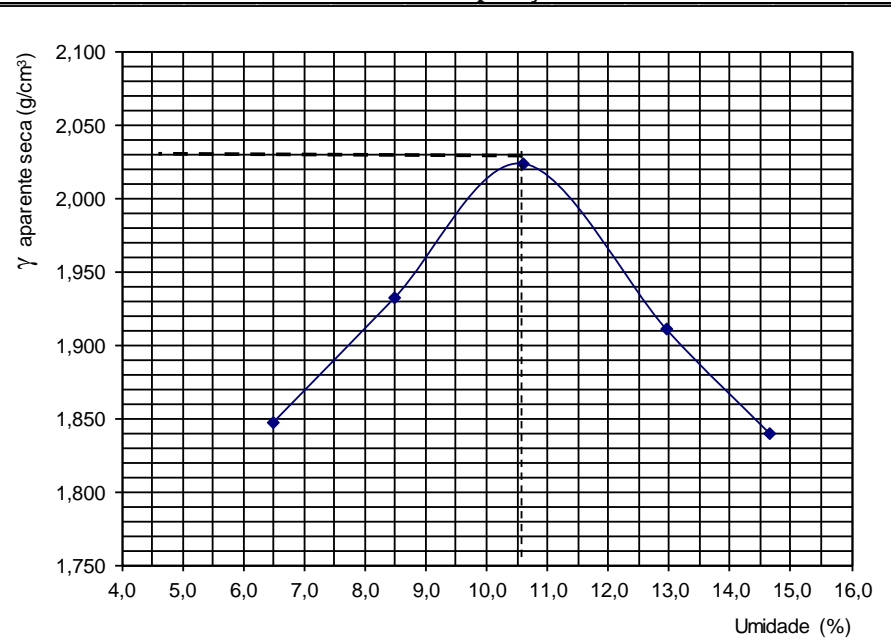
Anel dinâmométrico
DIN 001
Constante do anel
0,10485
Relógio comparador
EXT 001
Área do pistão (cm²)
19,3221



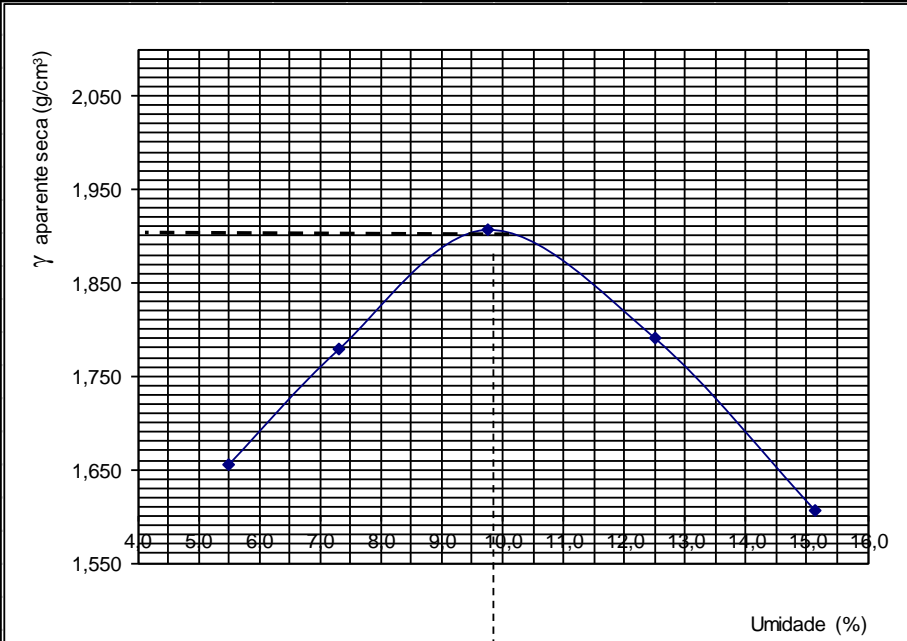
PENETRAÇÃO



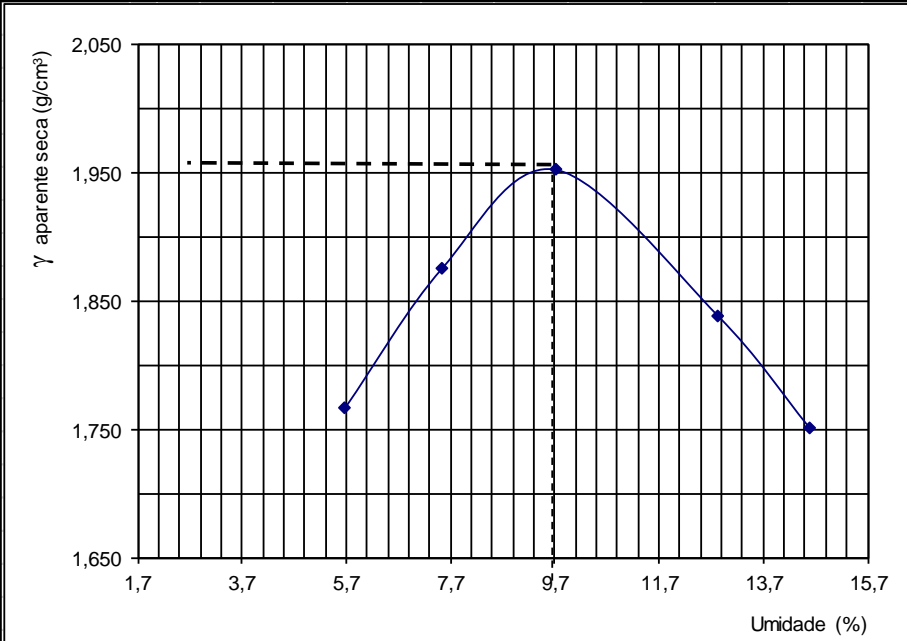
Tempo	Penetração		Pressão Padrão	Molde 21				Molde 20				Molde 25			
	mm	Pol.		Leitura	Pressão Kg/m²		ISC	Leitura	Pressão Kg/m²		ISC	Leitura	Pressão Kg/m²		ISC
-	-	-	-	mm	Calcul.	Corrig.	%	mm	Calcul.	Corrig.	%	mm	Calcul.	Corrig.	%
0,5	0,63	0,025	-	70	7,34			120	12,6			40	4,2		
1,0	1,27	0,050	-	130	13,63			220	23,1			80	8,4		
1,5	1,90	0,075	-	195	20,45			340	35,6			120	12,6		
2,0	2,54	0,100	70,31	250	26,21	26,2	37,3	410	43,0	43,0	61,1	170	17,8	17,8	25,4
3,0	3,81	0,150	-	320	33,55			500	52,4			220	23,1		
4,0	5,08	0,200	105,46	380	39,84	39,8	37,8	560	58,7	58,7	55,7	270	28,3	28,3	26,8
6,0	7,62	0,300	-	450	47,18			620	65,0			320	33,6		
8,0	10,16	0,400	-												
10,0	12,70	0,500	-												



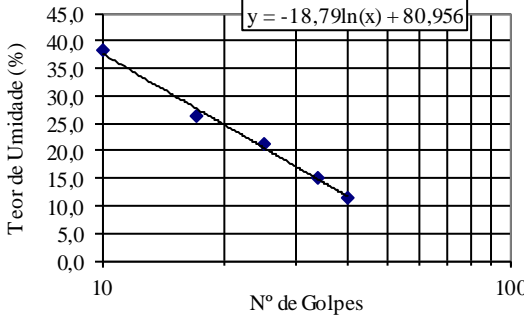
Curvas de Pressão / Penetração do I.S.C



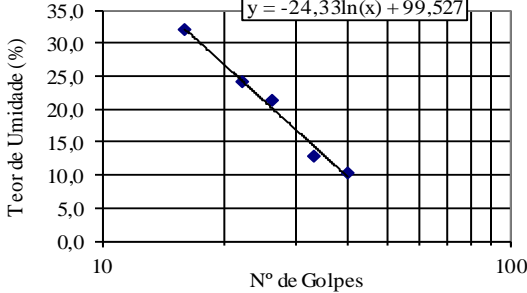




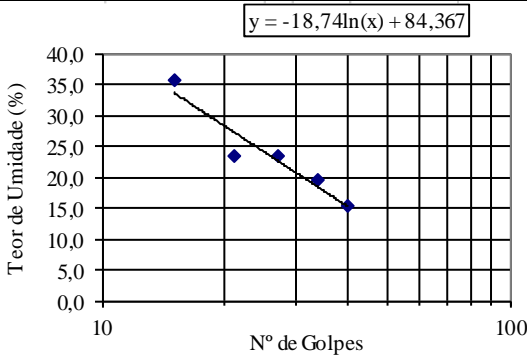
 CENTRO UNIVERSITÁRIO LUTERANO DE PALMAS COMUNIDADE EVANGÉLICA LUTERANA "SÃO PAULO" Credenciado pelo Decreto de 06/07/2000 - D.O.U. nº 130 de 07/07/2000		 ME?		
LABORATÓRIO DE SOLOS E ROCHAS				
Solicitante:	Antonio Ricardo	Fone:		
Descrição:	Solo comadição de 50% de brita	Estaca:		
Trecho:	Jazida 01	Prof (m):		
Energia:	Proctor Intermediário	Nº Golpes:	26	
		Soquete:	Grande	
		Molde:	Grande	
COMPACTAÇÃO - NBR-7182			Umidade Higroscópica	
Teor de Umidade				
Nº Cápsula	#	1	2	
C + S + A	(g)	83,7	83,7	
C + S	(g)	79,6	79,6	
C - Cápsula	(g)	16,6	16,6	
A - Água	(g)	4,1	4,1	
S - Solo	(g)	63,0	63,0	
w - Umidade	(%)	6,5	6,5	
Umidade Média	(%)	6,5	6,5	
		8,5	8,5	
		10,6	10,6	
		13,0	13,0	
		14,6	14,6	
			1,5	
Dados de Compactação dos Corpos de Prova			Material Usado em Cada CP para Homogeneização	
Água Adic.	(g)	300	400	
% Água Adic.	(%)	6,0	8,0	
Umidade Calc.	(%)	6,5	8,5	
Nº do Molde	#	17	7	
M + S + A	(g)	9560	9980	
M - Molde	(g)	5455	5603	
S + A	(g)	4105	4377	
γ úmida	(g/cm ³)	1,967	2,095	
γ seca	(g/cm ³)	1,847	1,931	
		500	600	
		10,0	12,0	
		10,6	13,0	
		13,0	14,6	
		18	20	
		10100	10000	
		5420	5510	
		4680	4490	
		2,238	2,158	
		2,024	1,910	
		700	700	
		14,0	14,0	
		14,6	14,6	
		5000	5000	
		2	2	
		5455	5455	
		2087	2087	
		2	2	
		5603	5603	
		2089	2089	
		2	2	
		5420	5420	
		2091	2091	
		2	2	
		5510	5510	
		2081	2081	
		2	2	
		5360	5360	
		2085	2085	
Curva de Compactação			Resumo	
			$\gamma_{s,max}$ (g/cm ³)	2,030
			W_{ótima} (%)	10,5
Observações Gerais:				
Visto				

 CENTRO UNIVERSITÁRIO LUTERANO DE PALMAS COMUNIDADE EVANGÉLICA LUTERANA "SÃO PAULO" Credenciado pelo Decreto de 06/07/2000 - D.O.U. nº 130 de 07/07/2000			
LABORATÓRIO DE SOLOS E ROCHAS			
Solicitante:	Antonio Ricardo	Fone:	
Descrição:	solo com adição de 50% de brita	Estaca:	
Trecho:	Jazida 02	Prof (m):	
Energia:	Proctor Intermediário	Nº Golpes:	26
		Soquete:	Grande
COMPACTAÇÃO - NBR-7182			Umidade Higroscópica
Teor de Umidade			
Nº Cápsula	#	1	2
C + S + A	(g)	61,3	61,3
C + S	(g)	58,9	58,9
C - Cápsula	(g)	15,3	15,3
A - Água	(g)	2,4	2,4
S - Solo	C	43,6	43,6
w - Umidade	(%)	5,5	5,5
Umidade Média	(%)	5,5	5,5
		7,3	7,3
		9,7	9,7
		12,5	12,5
		15,1	15,1
			1,5
Dados de Compactação dos Corpos de Prova			Material Usado em Cada CP para Homogeneização
Água Adic.	(g)	250	350
% Água Adic.	(%)	5,0	7,0
Umidade Calc.	(%)	5,5	7,3
Nº do Molde	#	10	20
M + S + A	(g)	9000	9480
M - Molde	(g)	5360	5510
S + A	(g)	3640	3970
γ úmida	(g/cm ³)	1,746	1,908
γ seca	(g/cm ³)	1,655	1,778
		450	550
		9,0	12,0
		9,7	12,5
		11	12
		9750	9560
		5383	5370
		4367	4190
		2,092	2,014
		1,907	1,791
		650	650
		14,0	14,0
		5000	5000
		2	2
		5360	5360
		2085	2085
		2	2
		5510	5510
		2081	2081
		2	2
		5383	5383
		2087	2087
		2	2
		5370	5370
		2080	2080
		2	2
		5440	5440
		2088	2088
Curva de Compactação			Resumo
			$\gamma_{s,max}$ (g/cm ³)
			1,910
			W_{ótima} (%)
			9,8
Observações Gerais:			
Visto			

 CENTRO UNIVERSITÁRIO LUTERANO DE PALMAS COMUNIDADE EVANGÉLICA LUTERANA "SÃO PAULO" Credenciado pelo Decreto de 06/07/2000 - D.O.U. nº 130 de 07/07/2000															
LABORATÓRIO DE SOLOS E ROCHAS															
Solicitante: Al Ricardo				Fone:				Data:							
Descrição: Solo com adição de 50% de brita				Estaca:				Reg. Nº:							
Trecho: Jazida 03				Prof (m):				Amostra:							
Energia: Proctor Intermediário				Nº Golpes: 26		Soquete: Grande				Molde: Grande					
COMPACTAÇÃO - NBR-7182												Umidade Higroscópica			
Teor de Umidade															
Nº Cápsula	#	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	1	2		
C + S + A	(g)	67,5	67,5	90,5	90,5	74,0	74,0	75,0	75,0	65,6	65,6	582,7	659,7		
C + S	(g)	64,9	64,9	85,4	85,4	69,0	69,2	68,4	68,4	59,4	59,4	576,9	651,0		
C - Cápsula	(g)	18,6	18,6	17,3	17,3	18,4	18,4	16,8	16,8	16,8	16,8	153,3	102,3		
A - Água	(g)	2,6	2,6	5,1	5,1	5,0	4,8	6,6	6,6	6,2	6,2	5,8	8,7		
S - Solo	C	46,3	46,3	68,1	68,1	50,6	50,8	51,6	51,6	42,6	42,6	423,6	548,7		
w - Umidade	(%)	5,6	5,6	7,5	7,5	9,9	9,4	12,8	12,8	14,6	14,6	1,4	1,6		
Umidade Média	(%)	5,6		7,5		9,7		12,8		14,6		1,5			
Dados de Compactação dos Corpos de Prova												Material Usado em Cada CP para Homogeneização			
Água Adic.	(g)	250	350	450	550	650	M_{úmida} (g)			5000					
% Água Adic.	(%)	5,0	7,0	9,0	12,0	14,0	Nº			2					
Umidade Calc.	(%)	5,6	7,5	9,7	12,8	14,6	Peso (cm)			5360					
Nº do Molde	#	10	21	22	3	20	Volume (cm³)			2085					
M + S + A	(g)	9250	9720	9910	9760	9740	Nº			2					
M - Molde	(g)	5360	5507	5442	5442	5550	Peso (cm)			5507					
S + A	(g)	3890	4213	4468	4318	4190	Volume (cm³)			2087					
γ úmida	(g/cm ³)	1,866	2,016	2,141	2,074	2,007	Nº			2					
γ seca	(g/cm ³)	1,767	1,875	1,952	1,839	1,752	Peso (cm)			5550					
Curva de Compactação												Resumo			
												γ_{s,max} (g/cm³)		1,950	
												W_{ótima} (%)		9,7	
Observações Gerais:															
Visto															

 CENTRO UNIVERSITÁRIO LUTERANO DE PALMAS COMUNIDADE EVANGÉLICA LUTERANA "SÃO PAULO" Credenciado pelo Decreto de 06/07/2000 - D.O.U. nº 130 de 07/07/2000								
LABORATÓRIO DE SOLOS E ROCHAS								
Solicitante:	Antonio Ricardo O. Moraes	Fone:						
Descrição:	Solo Laterítico Siltoso	Estaca:						
Trecho:	Jazida 01	Prof (m):						
Obs:		Data:						
		Reg. N°:						
		Amostra:						
LIMITE DE LIQUIDEZ - NBR-6459								
Determinação	#	1	2	3	4	5	6	7
Cápsula	#	1	2	3	4	7		
Massa Solo Úmido + Cápsula	(g)	44,50	45,60	47,90	45,60	48,70		
Massa Solo Seco + Cápsula	(g)	41,80	41,90	43,10	39,70	40,60		
Massa da Cápsula	(g)	18,50	17,20	20,30	17,20	19,50		
Massa da Água	(g)	2,70	3,70	4,80	5,90	8,10		
Massa Solo Seco	(g)	23,30	24,70	22,80	22,50	21,10		
Teor de Umidade	(%)	11,59	14,98	21,05	26,22	38,39		
Número de Golpes	#	40	34	25	17	10		
LIMITE DE PLASTICIDADE - NBR-7180								
Determinação	#	1	2	3	4	5	6	7
Cápsula	#	1	2	3	4	5		
Massa Solo Úmido + Cápsula	(g)	9,40	9,30	9,50	9,40	9,80		
Massa Solo Seco + Cápsula	(g)	9,20	9,10	9,30	9,25	9,65		
Massa da Cápsula	(g)	8,10	7,90	8,00	8,60	9,80		
Massa da Água	(g)	0,20	0,20	0,20	0,15	0,15		
Massa Solo Seco	(g)	1,10	1,20	1,30	0,65	1,10		
Teor de Umidade	(%)	18,18	16,67	15,38	23,08	13,64		
		CRITÉRIO DE ACEITAÇÃO DA MÉDIA (LP)						
		#	LP	0,95.LP	1,05.LP	Ñ Serve		
		1	17,39	16,52	18,26	2		
		2	17,57	16,69	18,45			
		LL = A.ln(N° de Golpes) + B						
		A	-3,2675					
		B	42,695					
		Limite de Liquidez (LL)	21,5					
		Limite de Plasticidade (LP)	17,4					
		Índice de Plasticidade (IP)	4,1					
MASSA ESPECÍFICA - Grãos que passam na # 4,8mm - NBR-6508					Observações Gerais			
Picnômetro N°		#	1	2	A massa específica do solo em questão foi obtida a partir de amostra seca em estufa a 105°C			
Teor de Umidade		(%)						
Massa Solo Úmido		(g)	76,4	76,8				
Massa Picnômetro+Solo+Água, T°C de Ensaio		(g)	663,10	663,90				
Massa Picnômetro Cheio de Água		(g)	631,00	633,00				
Temperatura de Ensaio		(°C)	24	24				
Massa Solo Seco		(g)	50,00	50,00	Visto			
Massa Específica da Água, T°C de Ensaio		(g/cm³)	0,9981	0,9981				
Massa Específica dos Grãos		(g/cm³)	2,79	2,62				
Massa Específica dos Grãos Média		(g/cm³)	2,71					

 CENTRO UNIVERSITÁRIO LUTERANO DE PALMAS COMUNIDADE EVANGÉLICA LUTERANA "SÃO PAULO" Credenciado pelo Decreto de 06/07/2000 - D.O.U. nº 130 de 07/07/2000								
LABORATÓRIO DE SOLOS E ROCHAS								
Solicitante:	Antonio Ricardo	Fone:						
Descrição:	Solo-brita	Estaca:						
Trecho:	J02	Prof (m):						
Obs:		Data:						
		Reg. Nº:						
		Amostra:						
LIMITE DE LIQUIDEZ - NBR-6459								
Determinação	#	1	2	3	4	5	6	7
Cápsula	#	1	2	3	4	7		
Massa Solo Úmido + Cápsula	(g)	50,20	51,80	49,50	52,10	50,60		
Massa Solo Seco + Cápsula	(g)	46,90	47,60	43,80	45,10	42,40		
Massa da Cápsula	(g)	15,30	14,90	17,20	16,20	16,70		
Massa da Água	(g)	3,30	4,20	5,70	7,00	8,20		
Massa Solo Seco	(g)	31,60	32,70	26,60	28,90	25,70		
Teor de Umidade	(%)	10,44	12,84	21,43	24,22	31,91		
Número de Golpes	#	40	33	26	22	16		
LIMITE DE PLASTICIDADE - NBR-7180								
Determinação	#	1	2	3	4	5	6	7
Cápsula	#	1	2	3	4	5		
Massa Solo Úmido + Cápsula	(g)	10,00	9,60	9,90	9,50	9,80		
Massa Solo Seco + Cápsula	(g)	9,80	9,52	9,70	9,30	9,65		
Massa da Cápsula	(g)	8,60	9,00	8,20	8,00	8,30		
Massa da Água	(g)	0,20	0,08	0,20	0,20	0,15		
Massa Solo Seco	(g)	1,20	0,52	1,50	1,30	1,10		
Teor de Umidade	(%)	16,67	15,38	13,33	15,38	13,64		
		CRITÉRIO DE ACEITAÇÃO DA MÉDIA (LP)						
		#	\bar{L}_P	0,95. \bar{L}_P	1,05. \bar{L}_P	Nº Serve		
		1	14,88	14,14	15,63	2		
		2	14,76	14,02	15,49			
		LL = A.ln(Nº de Golpes) + B						
		A	-3,2675					
		B	42,695					
		Limite de Liquidez (LL)	20,3					
		Limite de Plasticidade (LP)	14,9					
		Índice de Plasticidade (IP)	5,4					
MASSA ESPECÍFICA - Grãos que passam na # 4,8mm - NBR-6508				Observações Gerais				
Picnômetro Nº	#	1	2	A massa específica do solo em questão foi obtida a partir de amostra seca em estufa a 105°C				
Teor de Umidade	(%)							
Massa Solo Úmido	(g)	76,4	76,8					
Massa Picnômetro+Solo+Água, T°C de Ensaio	(g)	662,80	664,00					
Massa Picnômetro Cheio de Água	(g)	631,00	633,00					
Temperatura de Ensaio	(°C)	24	24					
Massa Solo Seco	(g)	50,00	50,00					
Massa Específica da Água, T°C de Ensaio	(g/cm ³)	0,9981	0,9981					
Massa Específica dos Grãos	(g/cm ³)	2,75	2,63	Visto				
Massa Específica dos Grãos Média	(g/cm ³)	2,69						

 CENTRO UNIVERSITÁRIO LUTERANO DE PALMAS COMUNIDADE EVANGÉLICA LUTERANA "SÃO PAULO" Credenciado pelo Decreto de 06/07/2000 - D.O.U. nº 130 de 07/07/2000									
LABORATÓRIO DE SOLOS E ROCHAS									
Solicitante:	Antonio Ricardo	Fone:							
Descrição:	Solo Laterítico Siltoso	Estaca:							
Trecho:	Jazida 03 Solo-brita	Prof (m):							
Obs:		Data:							
		Reg. N°:							
		Amostra:							
LIMITE DE LIQUIDEZ - NBR-6459									
Determinação	#	1	2	3	4	5	6	7	
Cápsula	#	1	2	3	4	7			
Massa Solo Úmido + Cápsula	(g)	52,60	49,50	49,80	50,00	51,20			
Massa Solo Seco + Cápsula	(g)	48,10	44,30	44,20	43,70	42,40			
Massa da Cápsula	(g)	18,50	17,50	20,30	16,60	17,80			
Massa da Água	(g)	4,50	5,20	5,60	6,30	8,80			
Massa Solo Seco	(g)	29,60	26,80	23,90	27,10	24,60			
Teor de Umidade	(%)	15,20	19,40	23,43	23,25	35,77			
Número de Golpes	#	40	34	27	21	15			
LIMITE DE PLASTICIDADE - NBR-7180									
Determinação	#	1	2	3	4	5	6	7	
Cápsula	#	6	4	9	5	8			
Massa Solo Úmido + Cápsula	(g)	9,80	9,50	9,70	9,90	9,70			
Massa Solo Seco + Cápsula	(g)	9,60	9,20	9,45	9,65	9,40			
Massa da Cápsula	(g)	8,60	7,30	7,80	8,00	7,60			
Massa da Água	(g)	0,20	0,30	0,25	0,25	0,30			
Massa Solo Seco	(g)	1,00	1,90	1,65	1,65	1,80			
Teor de Umidade	(%)	20,00	15,79	15,15	15,15	16,67			
		CRITÉRIO DE ACEITAÇÃO DA MÉDIA (LP)							
		#	\bar{L}_P	0,95 \bar{L}_P	1,05 \bar{L}_P	\bar{N} Serve			
		1	16,55	15,72	17,38	2			
		2	16,74	15,91	17,58				
		LL = A.ln(N° de Golpes) + B							
		A	-3,2675						
		B	42,695						
		Limite de Liquidez (LL)					22,0		
		Limite de Plasticidade (LP)					13,6		
		Índice de Plasticidade (IP)					5,5		
MASSA ESPECÍFICA - Grãos que passam na # 4,8mm - NBR-6508				Observações Gerais					
Picnômetro N°		#	1	2	A massa específica do solo em questão foi obtida a partir de amostra seca em estufa a 105°C				
Teor de Umidade	(%)								
Massa Solo Úmido	(g)		76,4	76,8					
Massa Picnômetro+Solo+Água, T°C de Ensaio	(g)		661,80	664,00					
Massa Picnômetro Cheio de Água	(g)		631,00	633,00					
Temperatura de Ensaio	(°C)		24	24					
Massa Solo Seco	(g)		50,00	50,00	Visto				
Massa Específica da Água, T°C de Ensaio	(g/cm ³)		0,9981	0,9981					
Massa Específica dos Grãos	(g/cm ³)		2,60	2,63					
Massa Específica dos Grãos Média	(g/cm ³)		2,62						

- Solo natural

