

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

**ESTUDOS GEOLÓGICO-GEOTÉCNICOS PARA EXECUÇÃO
DE TERRAPLENAGEM PARA EMPREENDIMENTO
IMOBILIÁRIO NO MUNICÍPIO DE TERESINA-PI**

Marcelo José Pironi Teodoro

Orientador: Prof. Dr. Fabio Taioli

MONOGRAFIA DE TRABALHO DE FORMATURA
(TF-10/33)

SÃO PAULO
2010

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

DEDALUS - Acervo - IGC



30900028386

**ESTUDOS GEOLÓGICO-GEOTÉCNICOS PARA EXECUÇÃO
DE TERRAPLENAGEM PARA EMPREENDIMENTO
IMOBILIÁRIO NO MUNICÍPIO DE TERESINA-PI**

Marcelo José Pironi Teodoro

Orientador: Prof. Dr. Fabio Taioli



**MONOGRAFIA DE TRABALHO DE FORMATURA
(TF-10/33)**

SÃO PAULO
2010

TF
T314
MJP.e

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

ESTUDOS GEOLÓGICO-GEOTÉCNICOS PARA EXECUÇÃO
DE TERRAPLENAGEM PARA EMPREENDIMENTO
IMOBILIÁRIO NO MUNICÍPIO DE TERESINA-PI

Marcelo José Pironi Teodoro

Orientador: Prof. Dr. Fábio Tassi

MONOGRAFIA DE TRABALHO DE FORMATURA
(TF-1053)

SÃO PAULO
2010

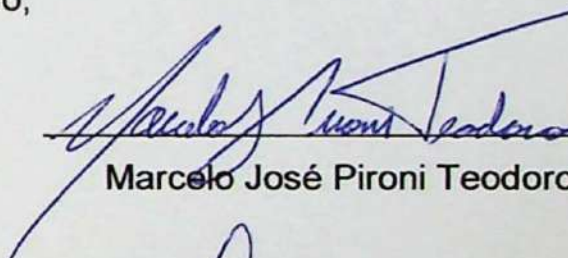
UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

**ESTUDOS GEOLÓGICO-GEOTÉCNICOS PARA EXECUÇÃO
DE TERRAPLENAGEM PARA EMPREENDIMENTO
IMOBILIÁRIO NO MUNICÍPIO DE TERESINA-PI**

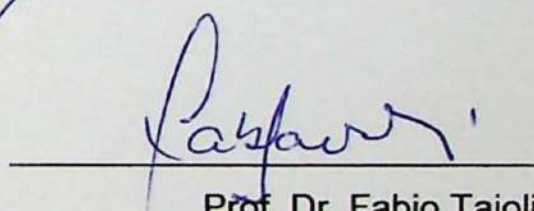
Marcelo José Pironi Teodoro

Orientador: Prof. Dr. Fabio Taioli

De acordo,



Marcelo José Pironi Teodoro



Prof. Dr. Fabio Taioli

MONOGRAFIA DE TRABALHO DE FORMATURA
(TF-10/33)

SÃO PAULO
2010

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar gostaria de agradecer a DEUS, pelo amor, graça e fé que proporcionou esta jornada e a oportunidade desta jornada.

Ao Prof. Marcelo de Oliveira e ao Prof. Paulo Roberto de Faria - Especialistas e Pesquisadores em Física, que me ensinaram a importância da física na vida cotidiana e na ciência, e que me ajudaram a entender a importância da física na vida cotidiana e na ciência, e que me ajudaram a entender a importância da física na vida cotidiana e na ciência.

Aos meus pais, pelo amor e apoio que me deram ao longo desta jornada.

Aos meus amigos, pelo apoio e incentivo que me deram ao longo desta jornada.

Aos meus colegas, pelo apoio e incentivo que me deram ao longo desta jornada.

Aos meus professores, pelo apoio e incentivo que me deram ao longo desta jornada.

Aos meus amigos, pelo apoio e incentivo que me deram ao longo desta jornada.

Aos meus colegas, pelo apoio e incentivo que me deram ao longo desta jornada.

Aos meus professores, pelo apoio e incentivo que me deram ao longo desta jornada.

Aos meus amigos, pelo apoio e incentivo que me deram ao longo desta jornada.

Ao Grande DEUS e Pai,

"em quem estão escondidos todos os tesouros da sabedoria e da ciência."

(Cl 2:3)

"Porventura a Deus se ensinaria ciência, a ele que julga os excelsos?"

(Jó 21:22)

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar gostaria de agradecer a DEUS, pelo suporte, força e fé me proporcionados durante a realização deste trabalho.

Ao Engº Massao Watanabe e Geól. Weder Portugal da EPT – Engenharia e Pesquisas Tecnológicas S/A, não apenas pela oportunidade de realização deste trabalho, mas também pelo suporte dado durante a realização do mesmo, pela amizade e por todo o conhecimento que adquiri ao longo destes quase dois anos e meio de estágio na empresa.

Ao Prof. Dr. Fabio Taioli pela orientação, disposição e paciência ao longo deste ano.

Aos meus pais Mauro e Iná, pelos investimentos ao longo de minha formação, por acreditarem em meu potencial, pela esperança e paciência que tiveram ao longo destes sete anos de curso.

À minha esposa Débora, pelo amor incondicional, carinho, paciência, amizade, compreensão e incentivo ao longo destes anos.

À minha filha Giovanna por todo o amor e carinho, pela alegria de ser pai e pela compreensão e paciência que teve durante a realização deste trabalho e ao longo destes anos de curso.

Ao meu novo filho ou filha que está chegando por ter tornado meu final de ano mais emocionante.

Aos meus sogros Geraldo e Ida, que me acolheram como um filho, pelo suporte e incentivo durante estes sete anos de curso.

Ao Glauber A. R. Lopes pela grande ajuda prestada durante a revisão das plantas utilizadas neste trabalho.

À minha tia Cristiane por ter me auxiliado durante a elaboração do resumo deste trabalho em inglês.

A todos aqueles que de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho.

RESUMO

Durante a fase inicial de implantação de um empreendimento imobiliário o terreno precisa ser preparado por meio de terraplenagem, visando à adequação do terreno à configuração de projeto, para que em etapa posterior sejam implantadas as obras do empreendimento tais como pavimentação, infra-estrutura subterrânea, drenagem e edificações.

É indispensável a realização de levantamento geológico-geotécnico na fase anterior à execução de uma obra civil (e.g. terraplenagem, pavimentação, etc.), para que a mesma seja bem sucedida. Por meio deste estudo são conhecidas as características dos solos locais e suas propriedades, permitindo a avaliação da viabilidade da execução das obras, e buscar alternativas em caso de necessidade técnica.

Este trabalho teve como objetivo principal a caracterização geológico-geotécnica da sub-superfície de uma área específica localizada no município de Teresina-PI, por meio de levantamento geológico-geotécnico prévio, visando a execução de terraplenagem durante a fase inicial de implantação de um empreendimento imobiliário. Também foi realizada a caracterização geológico-geotécnica dos solos locais visando sua identificação, do ponto de vista rodoviário, para uso como subleito de pavimentos no empreendimento, em etapa posterior à terraplenagem.

Palavras-chave: Terraplenagem, pavimentação, estudos geológico-geotécnicos, geotecnia.

ABSTRACT

During the initial phase of implantation of a real estate enterprise the land have to be prepared by means of earthwork, aiming at to the adequacy of the land to the project configuration, so that in posterior stage such are implanted the workmanships of the enterprise as pavement, underground infrastructure, draining and constructions.

The accomplishment of geologic-geotechnical survey in the previous phase to the execution of a civil workmanship is indispensable (e.g. earthwork, pavement, etc.), so that the same one is successful. By means of this study the characteristics of local ground and its properties are known, allowing the evaluation of the viability of the execution of the workmanships, and to search for alternatives in necessity case technique.

This work had as objective main the geologic-geotechnical characterization of the subsurface of a located specific area in the city of Teresina-PI, through previous geologic-geotechnical survey, aiming at to the execution of earthwork during the initial phase of implantation of a real estate enterprise. Also the geologic-geotechnical characterization of local ground was carried through aiming at its identification, of the road point of view, for use as subgrade of floors that in the enterprise, in stage subsequent to the earthwork.

Key-words: earthwork, pavement, geologic-geotechnical studies, geotechnical.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
1.1. Considerações Iniciais	1
1.2. Justificativas.....	1
2. OBJETIVOS	2
3. LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	2
4. FUNDAMENTAÇÃO BIBLIOGRÁFICA.....	3
4.1. Geologia Regional.....	3
4.1.1. Bacia do Parnaíba.....	4
4.1.2. Formação Pedra de Fogo.....	5
4.2. Métodos de Investigações Geológico-Geotécnicas	7
4.2.1. Sondagens	7
4.2.1.1. Sondagem a Trado.....	7
4.2.1.2. Sondagem a Percussão com Ensaio SPT	9
4.2.1.3. Sondagem Rotativa	12
4.2.2. Descrição de Sondagens	14
4.2.2.1. Descrição de Solos (Sondagens a Trado e a Percussão).....	14
4.2.2.2. Descrição de Rochas (Sondagem Rotativa)	15
4.2.3. Ensaaios Geotécnicos.....	20
4.2.3.1. Análise Granulométrica	20
4.2.3.2. Limite de Liquidez e Limite de Plasticidade	24
4.2.3.3. Determinação da Umidade Natural do Solo.....	29
4.2.3.4. Ensaio de Compactação.....	30
4.2.3.5. Índice de Suporte Califórnia (ISC)	33
4.2.4. Classificação dos Solos para fins de Pavimentação.....	36
4.2.4.1. Sistema Rodoviário de Classificação - HRB (Highway Research Board).....	36
5. METODOLOGIA DE TRABALHO	37
5.1. Programa de Investigações Inicial.....	37
5.1.1. Sondagem a Trado.....	38
5.1.2. Análise Granulométrica	39
5.1.3. Limite de Liquidez e Limite de Plasticidade	40
5.1.4. Umidade Natural	40
5.1.5. Ensaio de Compactação	40
5.1.6. Índice de Suporte Califórnia (ISC)	41
5.2. Programa de Investigações Complementar.....	41
5.2.1. Sondagem Mista	41
6. DESENVOLVIMENTO DO TRABALHO.....	42

7. RESULTADOS OBTIDOS	43
7.1. Sondagens.....	43
7.2. Análise Granulométrica	45
7.3. Limite de Liquidez e Limite de Plasticidade	45
7.4. Umidade Natural	45
7.5. Ensaio de Compactação	45
7.6. Índice de Suporte Califórnia (ISC).....	46
7.7. Classificação dos Solos segundo o Sistema Rodoviário de Classificação.....	46
8. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	46
9. CONCLUSÕES	47
10. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	49
ANEXO I	
Perfis de sondagens	
ANEXO II	
Fotografias das caixas de testemunhos de sondagem	
ANEXO III	
Resultados dos ensaios geotécnicos	
ANEXO IV	
Planta de locação de sondagem	
Plantas de projeto de terraplenagem	

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 – Posição do município de Teresina no estado do Piauí, em vermelho, e localização da área de estudo em Teresina-PI, em amarelo (DSG 1984).	3
Figura 2 – Localização da Bacia do Parnaíba na Província Sedimentar do Meio-Norte (Silva et al. 2003).....	4
Figura 3 – Trados: concha (A) e helicoidal (B) (ABNT 1986c).....	8
Figura 4 – Sondagem a percussão e realização do ensaio SPT (Souza et al. 1998).	11
Figura 5 – Equipamentos para a execução da sondagem rotativa (ABGE 1980 apud Souza et al. 1998).....	13
Figura 6 – Procedimento para cálculo do RQD (Deere & Deere 1988).	19
Figura 7 – Exemplo de curva de distribuição granulométrica do solo (Pinto 2006).....	21
Figura 8 – Limites de liquidez e plasticidade (Caputo 1988).	24
Figura 9 – Aparelho de Casagrande (direita), cinzel para solos argilosos (centro) e cinzel para solos arenosos (esquerda) (SOLOTEST 2010).....	25
Figura 10 – Determinação do limite de plasticidade (Soares et al. 2006).	27
Figura 11 – Curva de compactação do solo (Caputo 1988).	30
Figura 12 – Retroescavadeira abrindo vala para coleta de amostras em meio à densa vegetação local (A) e detalhe do topo da crosta laterítica no fundo de vala aberta pela retroescavadeira (B).	39

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 – Diâmetros de sondagens (Souza et al. 1998, ABGE 1999).	12
Tabela 2 – Estados de compactidade e de consistência (ABNT 2001).	15
Tabela 3 – Graus de alteração (IPT 1984 apud Serra Junior & Ojima 1998).	16
Tabela 4 – Graus de coerência (Guidicini et al. 1972).	17
Tabela 5 – Graus de fraturamento (IPT 1984 apud Serra Junior & Ojima 1998).	17
Tabela 6 – Inclinações das fraturas (DNIT 2010).	18
Tabela 7 – Tipos de rugosidade das superfícies de fraturas (DEINFRA 1994b).	18
Tabela 8 – Tipos de preenchimento de fraturas (IPT 1984 apud Serra Junior & Ojima 1998).	18
Tabela 9 – Qualidade da rocha em função dos intervalos de RQD (Ruiz 1971).	20
Tabela 10 – Escala granulométrica da ABNT (1995).	21
Tabela 11 – Quantidade de amostra para análise granulométrica (ABNT 1986a).	22
Tabela 12 – Procedimento pós-peneiramento (ABNT 1986a).	32
Tabela 13 – Quantidade de amostra para o ensaio de compactação (ABNT 1986a).	32
Tabela 14 – Sistema rodoviário de classificação dos solos (Senço 1979).	37
Tabela 15 – Programa inicial de sondagens previsto.	38
Tabela 16 – Programa inicial de sondagens executado.	38
Tabela 17 – Intervalos de amostragem.	39
Tabela 18 – Programa de investigações complementar.	41
Tabela 19 – Cronograma de atividades realizadas.	43
Tabela 20 – Resultados dos ensaios de umidade natural.	45
Tabela 21 – Resultados dos ensaios de compactação.	46
Tabela 22 – Resultados dos ensaios de CBR.	46

1. INTRODUÇÃO

1.1. Considerações Iniciais

O crescimento populacional das áreas urbanas gerou demanda elevada por acomodações e a necessidade de espaços territoriais cada vez mais amplos para a construção de edificações. Neste cenário, empreendimentos imobiliários vêm sendo construídos nos grandes centros urbanos, principalmente pela iniciativa privada, visando suprir esta demanda crescente.

Na fase anterior à execução de obras civis de um empreendimento imobiliário, é indispensável a realização de um levantamento geológico-geotécnico. Com este estudo são conhecidas as propriedades do substrato local, permitindo a avaliação da viabilidade da obra e a orientação e adequação do projeto de acordo com as características locais (Souza *et al.* 1998).

Segundo Moretti (1986) durante a fase de projeto básico de um empreendimento imobiliário são estudados e planejados em detalhe a disposição das vias coletoras e locais, os perfis longitudinais, as dimensões dos lotes, as soluções de infra-estrutura e obras de terraplenagem.

Na fase inicial de implantação de um empreendimento imobiliário o terreno precisa ser preparado por meio de terraplenagem, visando à adequação do terreno à configuração de projeto, para que em etapa posterior sejam implantadas as obras do empreendimento tais como pavimentação, infra-estrutura subterrânea, drenagem e edificações.

De acordo com Shimizu (2002) na fase prévia à execução de um projeto de terraplenagem devem ser realizadas sondagens no terreno para a coleta de amostras visando à determinação das características dos solos que ocorrem na área do empreendimento (tipos de solos, espessuras das camadas, etc.) e a determinação da posição do nível freático. Estes dados são utilizados para as definições do projeto de terraplenagem tais como o tipo de equipamento a ser utilizado e o plano de execução da terraplenagem.

1.2. Justificativas

É indispensável a realização de levantamento geológico-geotécnico na fase anterior à execução de uma obra de terraplenagem para que a mesma seja bem sucedida. É por meio deste estudo que são conhecidas as características preliminares dos solos locais e suas propriedades para permitir a avaliação da viabilidade da terraplenagem e, em caso de necessidade técnica, buscar por materiais alternativos para substituição.

Os terrenos, onde são apoiadas as obras civis, devem ser detalhadamente investigados para evitar o aparecimento de "imprevistos geológicos" durante a execução das construções. Nos trabalhos de terraplenagem esses "imprevistos" podem prolongar o cronograma da obra e elevar significativamente o custo dos serviços. Por exemplo, a ocorrência de matacão não detectado na investigação pode requerer trabalho com uso de explosivos para desmonte da rocha ou desmonte a frio, em caso de impossibilidade de uso de detonações. Esse tipo de atividade exige tempo para execução e de mão-de-obra especializada, que pode significar aumento de custo no trabalho de terraplenagem.

O projeto foi realizado em conjunto com a empresa EPT- Engenharia e Pesquisas Tecnológicas S/A onde o aluno realiza estágio. Por razões contratuais, em nenhum momento será citado o nome da empresa responsável pelo empreendimento imobiliário.

2. OBJETIVOS

Este trabalho tem como objetivo principal a caracterização geológico-geotécnica da subsuperfície de uma área localizada no município de Teresina-PI, por meio de levantamento geológico-geotécnico prévio, visando a execução de terraplenagem durante a fase inicial de implantação de um empreendimento imobiliário.

Como objetivo secundário este trabalho visa à caracterização geológico-geotécnica dos solos locais para serem empregados como subleito de pavimentos, a serem implantados durante a fase de pavimentação do empreendimento, após a fase de terraplenagem.

O desenvolvimento do estudo visa, ainda, a compreensão do uso de diferentes ferramentas para coleta de amostras de campo e busca também reconhecer os ensaios laboratoriais para caracterização e definição de parâmetros geotécnicos de solos.

3. LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A área do empreendimento está localizada no município de Teresina, capital do estado do Piauí na região nordeste do Brasil. A área, com 866.614,26 m², situa-se na zona sudeste do município, na margem direita da rodovia BR-343 (sentido Teresina-Altos) entre os quilômetros 342 e 344 (Figura 1).

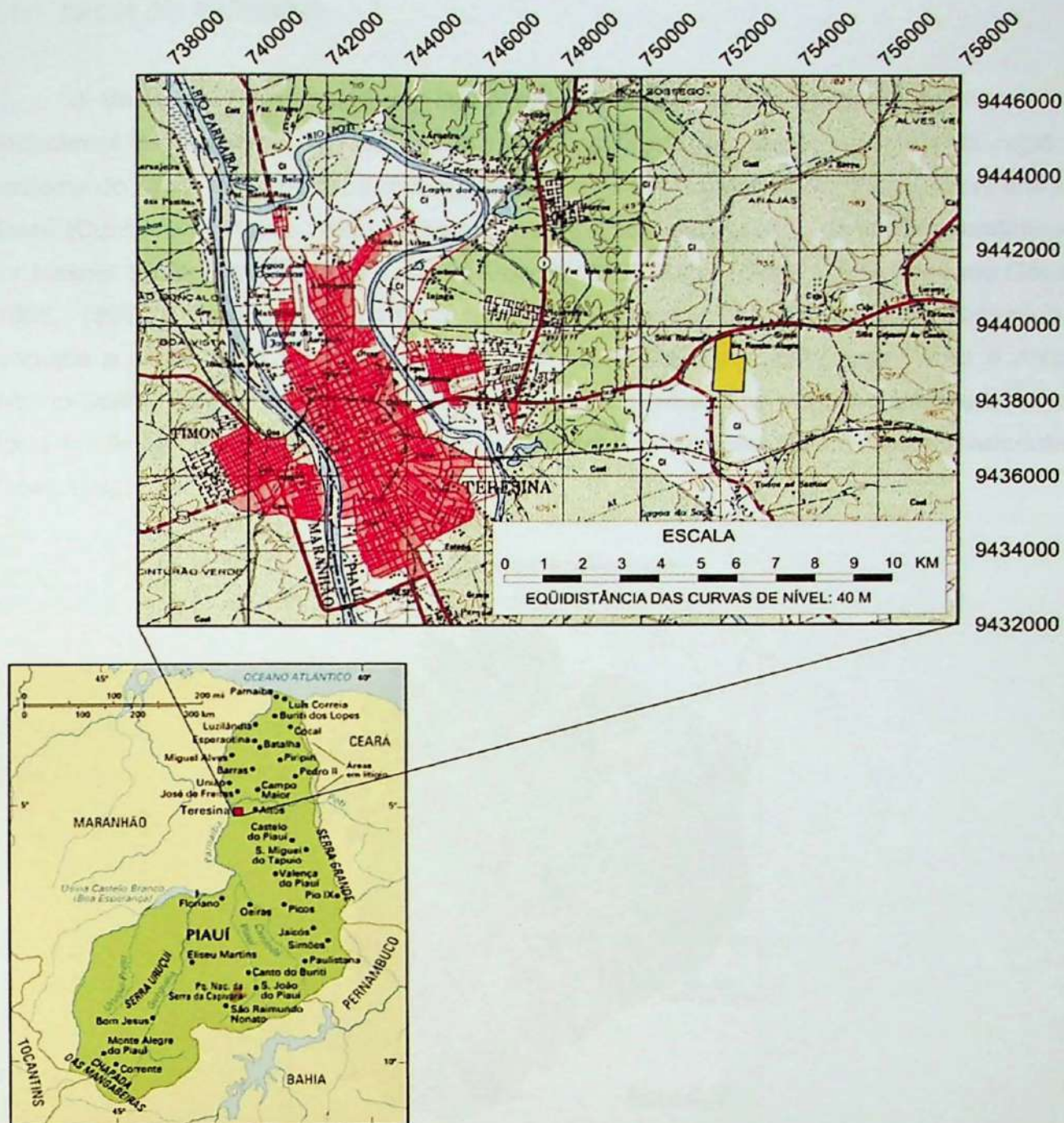


Figura 1 – Posição do município de Teresina no estado do Piauí, em vermelho, e localização da área de estudo em Teresina-PI, em amarelo (DSG 1984).

4. FUNDAMENTAÇÃO BIBLIOGRÁFICA

4.1. Geologia Regional

O município de Teresina-PI (e conseqüentemente a área do empreendimento) está inserido no contexto geológico da Bacia do Parnaíba (Derby 1884 *apud* Coimbra 1991) e situa-se na porção norte da Bacia sobre as rochas sedimentares da Formação Pedra de Fogo (Plummer 1946).

4.1.1. BACIA DO PARNAÍBA

A Bacia do Parnaíba (Derby 1884 *apud* Coimbra 1991) faz parte da Província Sedimentar do Meio-Norte (Góes 1995) e está localizada na porção ocidental da região nordeste do Brasil em uma área que engloba os estados do Maranhão, Piauí, Tocantins e Ceará (Cunha 1986, Góes 1995). A Bacia é considerada como sendo do tipo intracratônica por Mesner & Wooldridge (1964) e possui área de 400.000 km² (Góes 1995). Segundo Góes (1995, 1999) a Bacia é compartimentada tectonicamente pelo Lineamento Tocantins-Araguaia a oeste, Arco Xambioá na região da Bacia das Alpercatas, Arco Ferrer e Arco Urbano Santos a norte e Lineamento Transbrasiliano a leste. Nas regiões noroeste e sul a Bacia faz limite com a Bacia das Alpercatas e Bacia do Espigão Mestre, respectivamente (Góes 1995).



Figura 2 – Localização da Bacia do Parnaíba na Província Sedimentar do Meio-Norte (Silva *et al.* 2003).

O embasamento da Bacia é formado por rochas metamórficas pré-cambrianas com estruturas grabeniformes subordinadas (Góes *et al.* 1992). Sobre estes grábens se assenta uma coluna de rochas sedimentares com espessura de até 3.000 m (Góes 1995). A Bacia é composta pelos grupos Serra Grande, Canindé e Balsas, sendo preenchida sobretudo por rochas siliciclásticas (Góes 1995) “com predomínio de arenitos quartzosos, intercalados com siltitos, argilitos e folhelhos, ocorrendo de forma secundária calcários e silixitos” (Ribeiro & Melo 1996, p.54).

A acumulação dos sedimentos na Bacia ocorreu ao longo de três grandes ciclos sedimentares (Mesner & Wooldridge 1964), iniciando-se no Siluriano com a deposição do Grupo Serra Grande (Formações Ipu, Tinguá e Jaicós), seguida pela deposição do Grupo Canindé (Formações Itaim, Pimenteiras, Cabeças, Longa e Poti) durante o Devoniano-Eocarbonífero; e finalizando no Eotriássico com o término da deposição do Grupo Balsas (Formações Piauí, Pedra de Fogo, Motuca e Sambaíba) (Góes & Feijó 1994, Góes 1995).

4.1.2. FORMAÇÃO PEDRA DE FOGO

A designação Formação Pedra de Fogo foi dada por Plummer (1946) para as camadas enriquecidas em sílex e fósseis de árvores do gênero *Psaronius*, que afloram ao longo do riacho Pedra de Fogo entre Pastos Bons e Nova York (Maranhão) e na estrada que liga São Domingues a Benedito Leite (MA). Segundo Plummer (1946, p.104), *"a Formação Pedra de Fogo é, sob muitos aspectos, a mais notável série de camadas de sílex oolítico, psolítico e concrecionado, contendo conglomerados de fragmentos angulosos de formações contemporâneas e grandes troncos de madeira petrificada"*. A Formação Pedra de Fogo faz parte do Grupo Balsas (Góes *et al.* 1990) da Bacia do Parnaíba (Derby 1884 *apud* Coimbra 1991) e aflora sobretudo na região central da Bacia, em uma faixa de direção leste-oeste com extensão de 600 km e largura em torno de 80 km (Faria Jr. & Truckenbrodt 1980).

Durante levantamentos de campo realizados na região dos rios Tocantins e Araguaia, Barbosa & Gomes (1957) constataram que a Formação Pedra de Fogo apresenta sedimentação cíclica, tratando-se de um megaciclotema. Segundo Aguiar (1971, p.116) cada ciclo é *"composto, da base para o topo, por arenitos amarelados, siltitos, calcários oolíticos ou concrecionários e folhelhos esverdeados com restos vegetais e lentes de calcário"*. Conforme o referido autor, a Formação Pedra de Fogo torna-se mais arenosa nas regiões leste e sudeste da Bacia do Parnaíba.

Ocorrendo em superfície com espessura média de 100 m, a Formação Pedra de Fogo é dividida em três Membros: Sílex Basal, Médio e Trisidela ou Superior (Faria Jr. & Truckenbrodt 1980). O Membro Sílex Basal, amplamente distribuído pela Bacia e com espessura média de 20 m, é formado por *"uma fácies de siltitos a folhelhos, cinza, marrons e arroxeados, intercalados com bancos dolomíticos com concreções silicosas"* (Faria Jr. & Truckenbrodt 1980, p.742) apresentando siltitos e arenitos finos intercalados com camadas de sílex na região leste da formação. O Membro Médio, com espessura média de 43 m na região de Monsenhor Gil (Piauí), é formado por uma *"seqüência que se inicia com arenitos e/ou siltitos, algumas vezes carbonáticos, sotopostos às camadas ricas em sílex da seqüência inferior, e que se estendem até as intercalações de folhelhos com sílex contendo brechas intraformacionais, os quais correspondem à base do Membro Superior, Trisidela"* (Faria Jr. & Truckenbrodt 1980, p.742). O Membro Trisidela (Superior), que ocorre sobretudo nas regiões oeste e central da bacia e com espessura média de 40 m, é formado

principalmente por *"bancos dolomíticos, cinza, intercalados com siltitos, folhelhos carbonáticos e/ou margas cinza esverdeados a verdes, sendo característicos as concreções, nódulos e os níveis de sílex"* (Faria Jr. & Truckenbrodt 1980, p.743). O Membro Trisidela aumenta em espessura em direção a oeste, passando a apresentar *"sucessões cíclicas de arenitos finos carbonáticos e normalmente líticos e/ou siltitos com estratificação flaser, folhelhos e bancos carbonáticos"* (Faria Jr. & Truckenbrodt 1980, p.743). Na região do topo desta seqüência (Trisidela) ocorrem *"níveis de fragmentos fósseis, incluindo os Psaronius, níveis peletoidais e/ou oolíticos silicificados"* (Faria Jr. & Truckenbrodt 1980, p.743). Os contatos inferior e superior da Formação Pedra de Fogo, Formação Piauí e Formação Motuca, respectivamente, são concordantes (Leite et al. 1975).

A descoberta de um anfíbio labirintodonte do gênero *Prionosuchus plummeri*, Sp. Nov. (Price 1948) na Formação Pedra de Fogo, na região de Pastos Bons (MA), levou esse autor a sugerir idade eopermiana para a formação. Posteriormente, estudos palinológicos identificaram pólenes neopermianos na parte superior da Formação Pedra de Fogo e confirmaram a idade eopermiana para a parte inferior da formação, situando-a, portanto, no Permiano (Mesner & Wooldridge 1964).

Em relação aos ambientes de sedimentação, a Formação Pedra de Fogo é formada por *"arenitos siltico argilosos, siltitos e argilitos de origem continental e flúvio-lacustre; siltitos, dolomitos, margas, sílex e arenitos de origem marinha epicontinental, depositados em planície de maré, sob condições de alta salinidade; e arenitos de origem eólica"* (Coimbra 1983, p.135). O mencionado autor atribuiu origem primária, sindiagenética e metassomática (epigenética) ao sílex presente na formação. Para Faria Jr. & Truckenbrodt (1980) os sedimentos da Formação Pedra de Fogo foram depositados em um ambiente marinho restrito, tipo epicontinental, que variou de transicional deltaico, a nerítico raso. Durante a deposição dos sedimentos da Formação Pedra de Fogo, ao longo do Permiano, o clima variou de temperado (inicial), a semi-árido e árido (final) (Faria Jr. & Truckenbrodt 1980). A Bacia do Parnaíba permaneceu tectonicamente estável durante a sedimentação da Formação Pedra de Fogo, *"permitindo supor que a sedimentação cíclica, que caracteriza esta Unidade, tenha sido originada a partir de variações periódicas do nível das águas da Bacia"* (Faria Jr. & Truckenbrodt 1980, p.747).

A Formação Pedra de Fogo está correlacionada ao Grupo Estrada Nova da Bacia do Paraná (Mesner & Wooldridge 1964), que segundo Coimbra (1983) trata-se do atual Grupo Passa Dois da Bacia do Paraná. Segundo Mesner & Wooldridge (1964), baseados em evidências litológicas, a Formação Sucundurí da Bacia do Amazonas equivale às formações Pedra de Fogo e Motuca da Bacia do Parnaíba. Coimbra (1983) acredita que a Formação Pedra de Fogo *"seja crono-correlata aos Subgrupos Guatá (Formações Rio Bonito e Palermo) e Tatuí e Formações Irati, Estrada Nova/Corumbataí da Bacia do Paraná e à Formação Nova Olinda da Bacia Amazônica"* (Coimbra 1983, p.139).

4.2. Métodos de Investigações Geológico-Geotécnicas

4.2.1. SONDAGENS

As sondagens são métodos de investigações geralmente empregados durante a fase inicial de execução de um projeto, visando o reconhecimento geológico-geotécnico do terreno (Souza *et al.* 1998). No Brasil a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) é a entidade responsável pela normatização dos procedimentos para execução de sondagens. A ABGE também discute sobre os procedimentos de sondagens em seu *Manual de Sondagens* (ABGE 1999).

4.2.1.1. Sondagem a Trado

Segundo a norma técnica NBR-9603 (ABNT 1986c), a sondagem a trado é um método de investigação geológico-geotécnica que utiliza o trado como equipamento de perfuração. Este tipo de sondagem tem como objetivos (i) a coleta de amostras de solo deformadas, (ii) a determinação do nível d'água (lençol freático) e (iii) a identificação dos horizontes de solo de um determinado terreno. Este método é bastante utilizado na caracterização de áreas de empréstimo de solo e no estudo de subleitos de rodovias, aplicando-se à caracterização do terreno e à coleta de amostras de solo, deformadas, para ensaios em laboratório (ABNT 1986c, Souza *et al.* 1998).

O trado é um equipamento constituído por lâminas metálicas cortantes que podem ser biconvexas (trado concha) ou espiraladas (trado helicoidal). O equipamento de sondagem é constituído basicamente pelos trados concha (com diâmetros de 4", 6" e 8") e helicoidal com diâmetro mínimo de 63,5 mm (2 ½"), hastes de aço rosqueáveis, uma cruzeta no topo para aplicação do torque necessário à perfuração e uma ponteira constituída por peça de aço terminada em bisel, que é utilizada para a desagregação de horizontes compactos que possam interferir no avanço do trado (ABNT 1986c, ABGE 1999).

Procedimento de Sondagem

A perfuração inicia-se com o trado concha e o material coletado é acondicionado sobre lonas ou tábuas à sombra, de acordo com a profundidade de coleta, evitando a contaminação do material com o solo superficial do terreno e a perda de umidade. Se durante a perfuração ocorrerem horizontes de solos que dificultem o avanço do trado concha, a sondagem prossegue com o emprego do trado helicoidal. A presença de camadas de cascalho, matacões ou mesmo o topo do maciço rochoso, impedem o avanço da

perfuração com o trado. Quando a perfuração é impedida pela ocorrência de uma camada de cascalho realiza-se uma tentativa de avanço com a ponteira (ABNT 1986c).

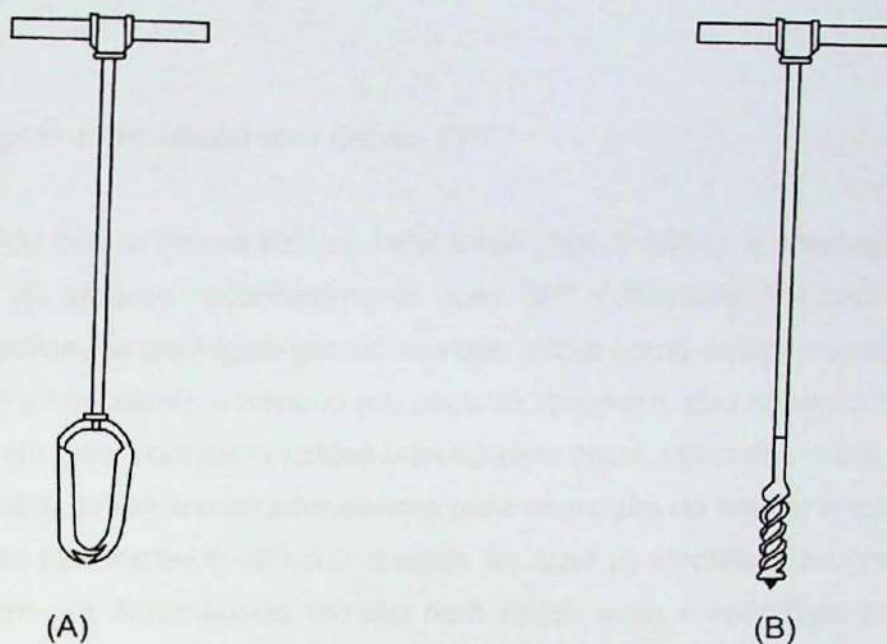


Figura 3 – Trados: concha (A) e helicoidal (B) (ABNT 1986c).

A sondagem é finalizada (i) quando a profundidade especificada na programação da sondagem é atingida, (ii) quando ocorrem desmoronamentos sucessivos da parede do furo ou (iii) quando o avanço do trado ou ponteira for inferior a 5 cm após 10 minutos de operação contínua de perfuração. Finalizada a sondagem e não havendo interesse em se manter o furo aberto, o mesmo é fechado sendo totalmente preenchido com solo (ABNT 1986c).

Conforme a norma NBR-9603 (ABNT 1986c), quando a perfuração atinge o nível d'água a sondagem é paralisada para que seja efetuada a medição da profundidade do nível d'água. Após a paralisação é feita uma medição inicial e então a variação do nível d'água no furo passa a ser observada durante 30 minutos, sendo efetuadas novas medições a cada 5 minutos (ABNT 1986c). A posição do nível d'água no furo é medida todos os dias antes do início dos trabalhos de perfuração, quando a perfuração se estender por mais de um dia (ABGE 1999), e após 24 horas do término da sondagem (ABNT 1986c).

Amostragem

De acordo com a NBR-9603 (ABNT 1986c), a amostragem do material perfurado é feita a cada metro, quando o material for homogêneo, ou quando houver mudança de material ao longo do metro perfurado. Amostras destinadas a determinação da umidade natural são coletadas na quantidade de 100 g e armazenadas imediatamente após a coleta, em recipiente plástico com tampa hermética que deve ser parafinada ou selada com fita

colante para evitar perda de umidade. Já as amostras destinadas à realização dos demais ensaios geotécnicos devem ser coletadas na quantidade mínima de 4 kg e armazenadas em sacos de lona ou de plástico transparente com amarrilho, imediatamente após a coleta (ABNT 1986c).

4.2.1.2. Sondagem a Percussão com Ensaio SPT

De acordo com a norma técnica NBR-6484 (ABNT 2001), a sondagem a percussão ou sondagem de simples reconhecimento com SPT (*Standard Penetration Test*) é um método de investigação geológico-geotécnica que utiliza como equipamentos de perfuração o trado (concha e helicoidal), o trépano (ou peça de lavagem), que consiste em uma peça de aço terminada em bisel com duas saídas laterais para água; utilizados entre os intervalos de ensaios SPT; além de um amostrador padrão para execução do ensaio e coleta de amostra. Esse método de perfuração é utilizado quando se quer (i) identificar os horizontes de solo que ocorrem em um determinado terreno bem como suas respectivas profundidades de ocorrência, (ii) determinar a posição do nível d'água (lençol freático) e (iii) determinar, a cada metro, os índices de resistência à penetração (N) por meio do ensaio SPT (ABNT 2001).

O equipamento de sondagem é constituído basicamente pelo tripé ou torre com roldana, tubos de revestimento em aço, hastes de aço rosqueáveis, trados concha e helicoidal, trépano (peça de lavagem), bomba d'água, barrilete-amostrador (amostrador-padrão), cabeça de bater (ressalto) em aço, e martelo de ferro com 65 kg com haste guia (ABNT 2001). Segundo a ABGE (1999), o equipamento de sondagem deve permitir perfurações com diâmetro mínimo de 4", podendo ser executada com diâmetro de 2 ½" de acordo com o interesse.

Procedimento de Sondagem

A perfuração é executada com o trado concha até a profundidade de 1 metro, sendo que após essa profundidade a perfuração é feita com o trado helicoidal até a interceptação do lençol freático (ABNT 2001). Quando há a interceptação do lençol freático (ABGE 1999) ou quando o avanço do trado helicoidal for inferior a 5 cm após 10 minutos de operação contínua de perfuração (ABNT 2001), a sondagem prossegue com emprego do método de perfuração por circulação de água, também conhecido como lavagem, utilizando o trépano como ferramenta de perfuração (ABNT 2001). Caso as paredes do furo se tornem instáveis, os tubos de revestimento são aplicados ao furo como meio de se evitar o colapso do mesmo (ABNT 2001). A cada metro são realizados o ensaio SPT e a amostragem, intercalados às operações de perfuração (ABNT 2001). Quando ocorrer a situação de impenetrabilidade ao SPT (ABGE 1999) inicia-se a execução do ensaio de avanço da perfuração por circulação

de água (ABNT 2001), também conhecido como ensaio de lavagem por tempo (ABGE 1999). O ensaio de lavagem por tempo tem duração de 30 minutos, e consiste em uma tentativa de avanço da perfuração utilizando-se o trépano como ferramenta de escavação (ABNT 2001). Durante a execução do procedimento anota-se o avanço da perfuração com o trépano a cada intervalo de 10 minutos (ABNT 2001).

A sondagem a percussão é finalizada quando (i) a profundidade especificada na programação da sondagem for atingida, (ii) quando o avanço da perfuração for inferior a 5 cm em cada intervalo de 10 minutos da lavagem por tempo ou (iii) quando a profundidade de realização do ensaio SPT não for atingida após a execução de quatro ensaios de lavagem por tempo consecutivos (ABGE 1999, ABNT 2001). Havendo interesse, a sondagem pode ser continuada com o emprego de sonda rotativa em operação denominada *sondagem mista* (percussão e rotativa) (ABNT 2001).

Ao se atingir o nível d'água a sondagem é paralisada e é efetuada a medição da profundidade do nível d'água (ABNT 2001). Após essa medição inicial a variação do nível d'água no furo é observada durante no mínimo 15 minutos, sendo efetuadas novas medições a cada 5 minutos (ABNT 2001). A posição do nível d'água no furo é medida todos os dias antes do início dos trabalhos de perfuração, quando a perfuração se estender por mais de um dia (ABGE 1999), e após 12 horas do término da sondagem (ABNT 2001). Após a finalização da sondagem ou após a última leitura do nível d'água o furo é fechado sendo totalmente preenchido com solo, solo-cimento ou outro material de acordo com o interesse (ABGE 1999).

Ensaio SPT

O ensaio SPT (*Standard Penetration Test*) ou ensaio de penetração padronizado é utilizado para determinação dos índices de resistência à penetração (N) do solo (ABNT 2001), sendo estes índices freqüentemente utilizados em projetos de fundação (Pinto 2006). O ensaio é realizado a cada metro perfurado, a partir de 1 metro de profundidade, e consiste na cravação de 45 cm, dividido em três intervalos de 15 cm, do barrilete-amostrador no fundo do furo (ABNT 2001). A cravação do barrilete-amostrador é feita com golpeamentos sucessivos realizados com o martelo de 65 kg, caindo livremente de uma altura de 75 cm sobre a cabeça de bater da composição de cravação (cabeça de bater, haste e barrilete-amostrador) (ABNT 2001).

Conforme a norma NBR-6484 (ABNT 2001), inicialmente o martelo é apoiado sobre o topo da composição de cravação e então é registrada uma eventual penetração do barrilete-amostrador no fundo do furo. Caso houver, essa penetração corresponderá à medida de zero golpes do martelo para a penetração de um intervalo expresso em centímetros. Não havendo penetração do barrilete-amostrador com o apoio do martelo sobre a composição de

cravação ou se essa penetração for inferior a 45 cm, prossegue-se à cravação por golpeamento do martelo até completar a penetração de 45 cm do barrilete-amostrador. Conforme mencionado anteriormente, a cravação é feita golpeando-se a composição de cravação com o martelo de 65 kg caindo de uma altura de 75 cm. Durante o processo registra-se a quantidade de golpes necessários para cravação de cada intervalo de 15 cm do barrilete-amostrador. Finalizado o procedimento determina-se o índice de resistência à penetração (N) do solo, que consiste na quantidade de golpes necessários para a cravação dos últimos 30 cm do barrilete-amostrador no fundo do furo (ABNT 2001).

O ensaio poderá ser encerrado antes da cravação total dos 45 cm do barrilete-amostrador quando ocorrer impenetrabilidade ao SPT. A impenetrabilidade ao SPT ocorre quando (i) o número de golpes for superior a 30 durante a penetração de algum dos três intervalos de 15 cm do barrilete-amostrador, (ii) quando forem aplicados 50 golpes do martelo durante a cravação do barrilete-amostrador ou (iii) quando não houver avanço do barrilete-amostrador após 5 golpes sucessivos do martelo (ABGE 1999, ABNT 2001).

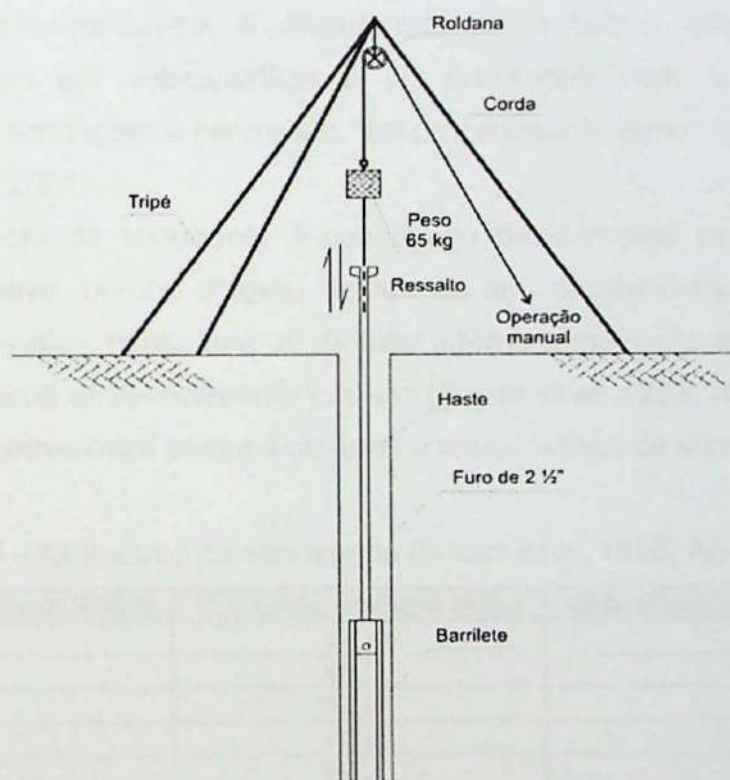


Figura 4 – Sondagem a percussão e realização do ensaio SPT (Souza *et al.* 1998).

Amostragem

A amostragem do primeiro metro perfurado é feita com a coleta de uma porção representativa do material obtido pelo trado-concha. A partir de 1 metro de profundidade a amostragem do material perfurado é feita a cada metro por meio da coleta do material obtido pelo barrilete-amostrador durante a realização do ensaio SPT. As amostras são

armazenadas em recipientes herméticos (com identificação de profundidade de coleta, número da sondagem, local, nome da obra e cliente) imediatamente após a coleta, e os recipientes são acondicionados em sacos ou caixas de modo a evitar a mistura de amostras de sondagens distintas (ABNT 2001).

4.2.1.3. Sondagem Rotativa

Segundo a ABGE (1999) a sondagem rotativa é um método de investigação que utiliza como equipamento de perfuração um conjunto motomecanizado visando a amostragem de materiais rochosos. De acordo com Souza *et al.* (1998) a investigação é realizada com o uso de um barrilete-amostrador conectado a uma peça cortante denominada coroa, que perfura o material rochoso por meio de movimento de rotação. O torque necessário à perfuração é produzido pelo motor da sonda (conjunto motomecanizado) e transmitido à coroa de corte, localizada no fundo do furo, por um conjunto de hastes interligadas.

Esse método de perfuração é utilizado quando se quer (i) amostrar e classificar as rochas que ocorrem em subsuperfície e (ii) prosseguir com a perfuração após a impenetrabilidade à sondagem a percussão, em procedimento denominado *sondagem mista* (ABGE 1999, ABNT 2001).

O equipamento de sondagem é constituído basicamente por tripé ou torre com roldana, sonda rotativa, bomba d'água, hastes de aço rosqueáveis, barrilete-amostrador (tipo simples, duplo-rígido, duplo-livre ou de tubo interno removível), coroas cortantes (vídia ou diamantada) e tubos de revestimento em aço (Souza *et al.* 1998, ABGE 1999). A Tabela 1 apresenta os diâmetros mais comuns de furos e testemunhos de sondagens.

Tabela 1 – Diâmetros de sondagens (Souza *et al.* 1998, ABGE 1999).

Nomenclatura (Padrão DCDMA)	Diâmetro do Furo (mm)	Diâmetro do Testemunho (mm)
EW	37,71	21,46
AW	48,00	30,10
BW	59,94	42,04
NW	75,64	54,73
HW	99,23	76,20

Procedimento de Sondagem

A perfuração é realizada com a sonda rotativa por meio de procedimentos denominados manobras, que consistem em ciclos compostos por etapa de perfuração e etapa de coleta de amostras (Souza *et al.* 1998). Durante a coleta de amostras o material perfurado, denominado testemunho, é retirado do barrilete-amostrador e armazenado em caixas de madeira ou plástico, de acordo com a seqüência de perfuração (ABGE 1999).

De acordo com Souza *et al.* (1998) a perfuração de rochas brandas é realizada utilizando-se como equipamento de corte uma coroa dotada de pastilhas de vídia, enquanto que a perfuração de rochas de média e alta dureza é realizada utilizando-se uma coroa diamantada (coroa com diamantes incrustados).

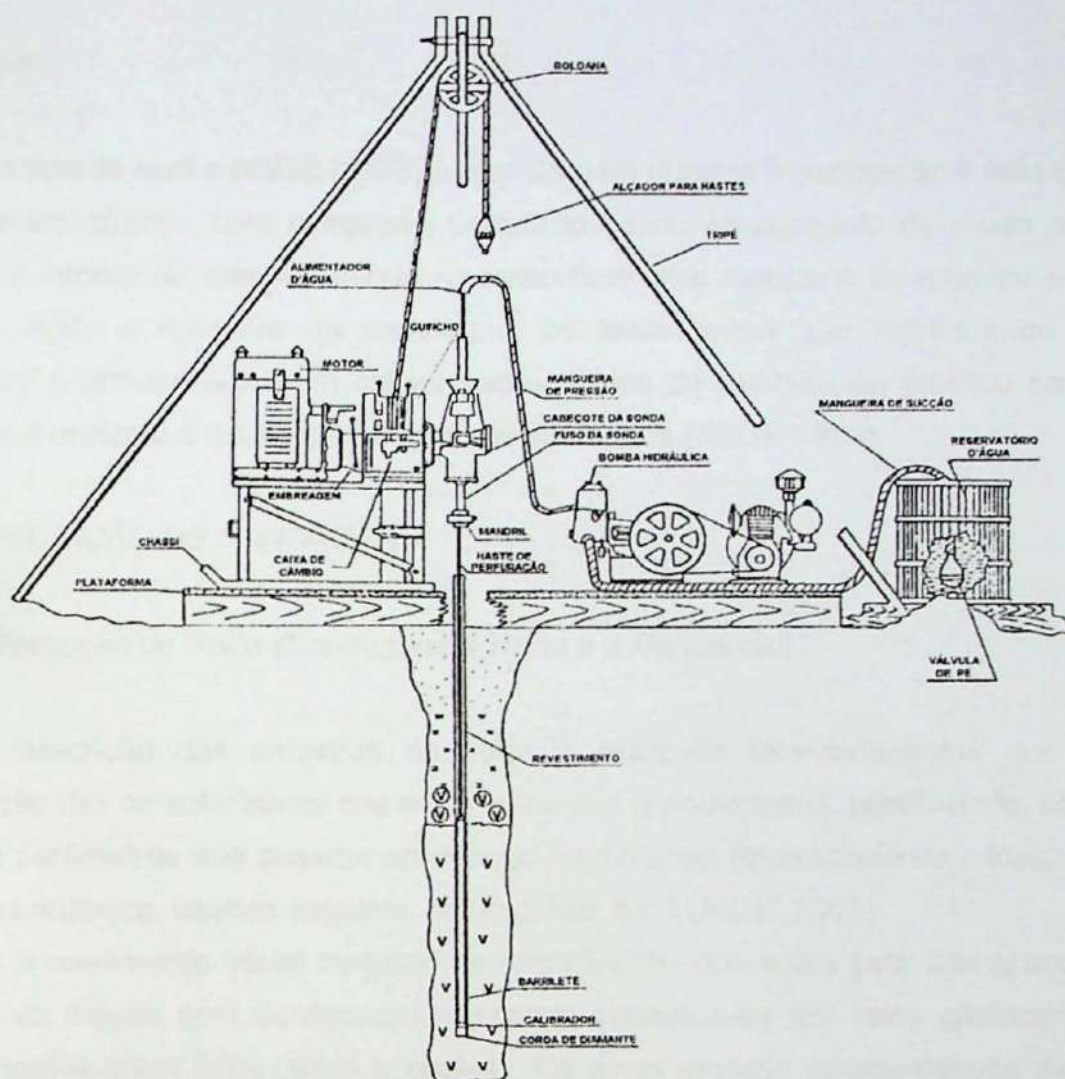


Figura 5 – Equipamentos para a execução da sondagem rotativa (ABGE 1980 *apud* Souza *et al.* 1998).

Se durante a perfuração ocorrer interceptação de trecho com mais de 50 cm de material mole ou incoerente (solo ou rocha extremamente alterada), a perfuração é interrompida para a realização de ensaio de penetração SPT. A cada metro avançado são realizados novos ensaios SPT, até que ocorra a situação de impenetrabilidade ao SPT (ABGE 1999).

Quando a perfuração atinge o nível d'água, realiza-se a medição da profundidade do mesmo. A posição do nível d'água no furo é medida todos os dias antes do início dos trabalhos de perfuração, quando a perfuração se estender por mais de um dia, e na manhã seguinte ao término da sondagem (ABGE 1999).

A sondagem é finalizada quando a profundidade especificada na programação da sondagem é atingida. Finalizada a sondagem e não havendo interesse na manutenção do furo aberto, o mesmo é fechado sendo totalmente preenchido com solo, solo-cimento, calda de cimento ou argamassa, sendo estes dois últimos empregados no caso de sondagens realizadas em fundações de barragens (ABGE 1999).

Amostragem

De acordo com a ABGE (1999) a amostragem durante a perfuração é feita com o uso do barrilete-amostrador, com o material perfurado sendo armazenado de modo contínuo e integral no interior do mesmo, sendo recomendada uma recuperação superior a 95% por manobra. Após a manobra de perfuração, os testemunhos são retirados do barrilete-amostrador e armazenados em caixas padronizadas de madeira ou plástico com tampa, mantendo a ordem e a orientação entre os testemunhos (ABGE 1999).

4.2.2. DESCRIÇÃO DE SONDAGENS

4.2.2.1. Descrição de Solos (Sondagens a Trado e a Percussão)

A descrição das amostras de solos é realizada tátil-visualmente por meio da identificação das características dos solos como sua granulometria, plasticidade, cor, origem e demais parâmetros que possam apresentar importância (quantidade de micas, presença de matéria orgânica, detritos vegetais, entulho, lixo, etc.) (ABNT 2001).

O procedimento inicial consiste na identificação dos solos pela sua granulometria, por meio da fricção com os dedos, procurando classificá-los em solos grossos (areias e pedregulhos) e solos finos (siltes e argilas). Os solos grossos apresentam-se ásperos ao tato enquanto que os solos finos são macios ao tato. Em relação à granulometria os pedregulhos possuem dimensões superiores a 2 mm, as areias dimensões entre 0,1 e 2 mm e os siltes e argilas dimensões inferiores a 0,1 mm (ABNT 2001).

Segundo o DEINFRA (1994a) as areias são visíveis a olho nu e quando secas ao ar não apresentam coesão entre os grãos. Os siltes são menos ásperos ao tato que as areias e quando secas ao ar formam torrões que podem ser facilmente desmanchados pela pressão dos dedos. As argilas quando umedecidas apresentam plasticidade podendo ser moldadas e deformadas facilmente, e quando secas ao ar formam torrões que não podem ser desmanchados tão facilmente pela pressão dos dedos (DEINFRA 1994a).

Quando na amostra for verificada a presença de matéria orgânica, detritos vegetais, entulho, etc., a classificação deve ser complementada com o uso dos termos referentes a estas características (ex.: com matéria orgânica, com detritos vegetais, etc.). Se a amostra

apresentar uma grande quantidade de micas, deve-se acrescentar o termo micáceo na classificação do solo (ex.: silte arenoso, micáceo, cinza) (ABNT 2001).

De acordo com a NBR-6484 (ABNT 2001), para a denominação da coloração da amostra de solo devem ser utilizados os termos branco, cinza, preto, marrom, amarelo, vermelho, roxo, azul e verde; podendo ser complementadas pelos termos claro ou escuro. Quando a amostra apresentar mais de três cores, deve-se utilizar o termo variegado no lugar da terminologia das cores (ex.: argila variegada ao invés de argila cinza, roxa e amarela) (ABNT 2001).

A classificação genética do solo diz respeito à origem do solo. Neste aspecto o solo pode ser classificado como aterro, elúvio, colúvio, ilúvio, aluvião, sedimento (eólico ou marinho) ou solo de alteração de rocha (saprolito). As amostras procedentes de sondagem a percussão e submetidas ao ensaio penetrométrico (SPT), devem ser classificadas quanto à sua compacidade ou consistência, conforme a Tabela 2 (ABNT 2001).

Tabela 2 – Estados de compacidade e de consistência (ABNT 2001).

Solo	Índice de Resistência à Penetração (N)	Designação*
Areias e siltes arenosos	≤ 4	Fofa(o)
	5 – 8	Pouco Compacta(o)
	9 – 18	Medianamente Compacta(o)
	19 – 40	Compacta(o)
	> 40	Muito Compacta(o)
Argilas e siltes argilosos	≤ 2	Muito Mole
	3 – 5	Mole
	6 – 10	Média(o)
	11 – 19	Rija(o)
	> 19	Dura(o)

(*) As expressões empregadas para a classificação da compacidade das areias (fofa, compacta, etc.), referem-se à deformabilidade e resistência destes solos, sob o ponto de vista de fundações, e não devem ser confundidas com as mesmas denominações empregadas para a designação da compacidade relativa das areias ou para a situação perante o índice de vazios críticos, definido na Mecânica dos Solos.

4.2.2.2. Descrição de Rochas (Sondagem Rotativa)

A descrição dos testemunhos de rochas é realizada por meio da observação e identificação de feições geológico-geotécnicas das rochas como o tipo de litologia, grau de alteração, grau de coerência, parâmetros referentes a descontinuidades (grau de fraturamento, inclinação das fraturas, tipos de preenchimentos e rugosidades das fraturas), recuperação dos testemunhos, e RQD ou IQR (Serra Junior & Ojima 1998, Mattos 1998).

Litologia

A litologia refere-se à identificação e denominação do tipo de rocha por meio da observação de suas características como composição mineral, estrutura, textura, granulometria, cor e outras feições que permitam a sua identificação. A classificação

litológica é feita com base nas nomenclaturas de rochas em uso pela geologia. Entretanto, a classificação deve ser simplificada, evitando-se o uso de nomenclaturas muito complexas e sem fins práticos para a aplicação em engenharia (Serra Junior & Ojima 1998).

Grau de Alteração

O grau de alteração de uma rocha está relacionado às alterações físicas e químicas sofridas pela rocha em função do intemperismo (Mattos 1998). Segundo Serra Junior & Ojima (1998), a alteração resulta na diminuição da resistência mecânica, no aumento da deformabilidade e na modificação das propriedades de permoporosidade das rochas. A classificação do grau de alteração da rocha é realizada por meio da observação de características como as variações de coloração da rocha, variações do brilho e da cor dos minerais, porosidade, coesão entre os minerais e friabilidade (Serra Junior & Ojima 1998, Mattos 1998). A Tabela 3 apresenta o método de classificação do grau de alteração proposto pelo IPT (1984).

Tabela 3 – Graus de alteração (IPT 1984 *apud* Serra Junior & Ojima 1998).

Sigla	Denominação	Características da Rocha
A1 W1 RS	Rocha sã ou praticamente sã	Apresenta minerais sem vestígios de alterações ou com alterações físicas e químicas incipientes. Neste caso, a rocha é ligeiramente descolorida.
A2 W2 RAD	Rocha medianamente alterada	Apresenta minerais medianamente alterados e a rocha é bastante descolorida.
A3 W3 RAM	Rocha muito alterada	Apresenta minerais totalmente alterados, por vezes pulverulentos e friáveis.
A4 W4 REA	Rocha extremamente alterada	Apresenta minerais totalmente alterados e a rocha é intensamente descolorida, gradando para cores de solo.

Grau de Coerência

O grau de coerência está relacionado às propriedades de tenacidade (resistência ao impacto), dureza (resistência ao risco) e friabilidade das rochas (Serra Junior & Ojima 1998, Mattos 1998). Segundo Mattos (1998), o grau de coerência, assim como o grau de alteração, é um parâmetro relacionado à resistência mecânica das rochas. A classificação do grau de coerência é realizada por meio da observação da resistência que a rocha apresenta ao golpe do martelo e ao risco com lâmina de aço (Serra Junior & Ojima 1998, Mattos 1998). A Tabela 4 apresenta o método de classificação do grau de coerência proposto por Guidicini *et al.* (1972).

Tabela 4 – Graus de coerência (Guidicini *et al.* 1972).

Sigla	Denominação	Características da Rocha
C1	Rocha coerente	Quebra com dificuldade ao golpe do martelo, produzindo fragmentos de bordas cortantes. Superfície dificilmente riscável por lâmina de aço. Somente escavável a fogo.
C2	Rocha medianamente coerente	Quebra com dificuldade ao golpe do martelo. Superfície riscável por lâmina de aço. Escavável a fogo.
C3	Rocha pouco coerente	Quebra com facilidade ao golpe do martelo, produzindo fragmentos que podem ser partidos manualmente. Superfície facilmente riscável por lâmina de aço. Escarificável.
C4	Rocha incoerente	Quebra com a pressão dos dedos, desagregando-se. Pode ser cortada por lâmina de aço. Friável e escavável com lâmina.

Descontinuidades

Segundo Serra Junior & Ojima (1998), uma descontinuidade é uma feição geológica que provoca a interrupção da continuidade do maciço rochoso. De acordo com os autores mencionados, feições estruturais como fraturas, falhas e juntas-falhas são exemplos de descontinuidades. Em um maciço rochoso, feições estruturais como estratificações, foliações, xistosidades e contatos litológicos, podem ocasionar zonas de fraqueza na rocha e posteriormente gerar uma descontinuidade do maciço. A caracterização das descontinuidades por meio de testemunhos de sondagem é realizada mediante identificação dos parâmetros como o grau de fraturamento, inclinação das fraturas, tipos de preenchimento e rugosidade das superfícies das fraturas (Serra Junior & Ojima 1998, Mattos 1998).

O grau de fraturamento está relacionado à quantidade de descontinuidades (fraturas) que cortam o testemunho de sondagem. Este parâmetro é calculado por meio da contagem do número de fraturas dentro de um intervalo do testemunho, com espaçamento homogêneo entre as fraturas, sendo o resultado expresso em número de fraturas por metro (Serra Junior & Ojima 1998). Segundo os mesmos autores, apenas as fraturas naturais são consideradas, não sendo levadas em conta as fraturas mecânicas resultantes do processo de perfuração. As fraturas fechadas ou com preenchimento coesivo também são desconsideradas (Mattos 1998). A Tabela 5 apresenta a proposta do IPT (1984 *apud* Serra Junior & Ojima 1998) para a classificação do grau de fraturamento.

Tabela 5 – Graus de fraturamento (IPT 1984 *apud* Serra Junior & Ojima 1998).

Sigla	Fraturas por Metro	Denominação
F1	< 1	Ocasionalmente Fraturado
F2	1 – 5	Pouco Fraturado
F3	6 – 10	Medianamente Fraturado
F4	11 – 20	Muito Fraturado
F5	> 20	Extremamente Fraturado

A inclinação da fratura refere-se ao ângulo de mergulho que a mesma faz com o plano horizontal (Serra Junior & Ojima 1998). Na Tabela 6 é apresentada a classificação empregada pelo DNIT (2010).

Tabela 6 – Inclinações das fraturas (DNIT 2010).

Sigla	Denominação	Inclinação da descontinuidade
H	Horizontal	0° a 10°
SH	Subhorizontal	10° a 20°
I	Inclinada	20° a 70°
SV	Subvertical	70° a 80°
V	Vertical	80° a 90°

A rugosidade é definida por Serra Junior & Ojima (1998) como as ondulações que ocorrem nas superfícies das descontinuidades. Segundo Mattos (1998) a rugosidade é um parâmetro fundamental para a caracterização da resistência ao cisalhamento do maciço rochoso. A Tabela 7 apresenta a classificação de rugosidade em uso pelo DEINFRA (1994b).

O preenchimento de uma fratura é o material que ocupa o espaço entre as superfícies (paredes) da fratura. A caracterização do preenchimento da fratura é realizada através da identificação das propriedades do material de preenchimento como sua mineralogia, granulação, cor, textura e espessura. (Serra Junior & Ojima 1998). A Tabela 8 apresenta a proposta do IPT (1984 *apud* Serra Junior & Ojima 1998) para a classificação do preenchimento das fraturas.

Tabela 7 – Tipos de rugosidade das superfícies de fraturas (DEINFRA 1994b).

Sigla	Denominação	Características da Rugosidade
S1	Superfície Rugosa	Áspera ao tato, as peças dos testemunhos, quando justapostas, apresentam travamento.
S2	Superfície Lisa	Suave ao tato, as peças não apresentam travamento quando justapostas.
S3	Superfície Estriada	Sedosa ao tato, com ou sem travamento das peças quando justapostas.

Tabela 8 – Tipos de preenchimento de fraturas (IPT 1984 *apud* Serra Junior & Ojima 1998).

Sigla	Superfície das Fraturas
D1	Contato rocha-rocha, paredes sãs.
D2	Contato rocha-rocha, presença de material pétreo rijo (como calcita e sílica). Ca – calcita e Si – sílica.
D3	Paredes com alteração incipiente, sinais de percolação de água, preenchimento ausente.
D4	Paredes alteradas, preenchimento ausente.
D5	Paredes alteradas, com preenchimento. ag1 – preenchimento argiloso com espessura de 1 mm. gr10 – preenchimento granular com espessura de 10 mm.

De acordo com Mattos (1998), a recuperação é a relação entre o somatório do comprimento das peças de testemunhos recuperadas pelo comprimento da manobra de avanço da perfuração. Segundo o mesmo autor, o grau de recuperação dos testemunhos de sondagem pode ser influenciado pelo tipo de rocha, grau de alteração, grau de fraturamento da rocha e principalmente pela qualidade da mão-de-obra do sondador e do equipamento de sondagem.

RQD (Rock Quality Designation) e IQR (Índice de Qualidade da Rocha)

O RQD (Rock Quality Designation) é um parâmetro utilizado para a determinação da qualidade do maciço rochoso (Serra Junior & Ojima 1998). Segundo os autores citados, seu cálculo é realizado por meio do somatório dos comprimentos das peças de testemunhos maiores que 10 cm dividido pelo comprimento da manobra de avanço da perfuração, sendo o resultado expresso em porcentagem (Figura 6). Durante a identificação das peças de testemunhos maiores que 10 cm não são levadas em conta as quebras mecânicas, ocasionadas pelo processo de perfuração. O RQD deve ser utilizado somente para testemunhos com diâmetro mínimo NW (55 mm), constituídos por rocha dura e medianamente dura, e resultantes da perfuração com sondagem rotativa com barrilete duplo-livre. (Serra Junior & Ojima 1998). A Tabela 9 apresenta a classificação da qualidade do maciço rochoso em função do RQD, proposta por Ruiz (1971).

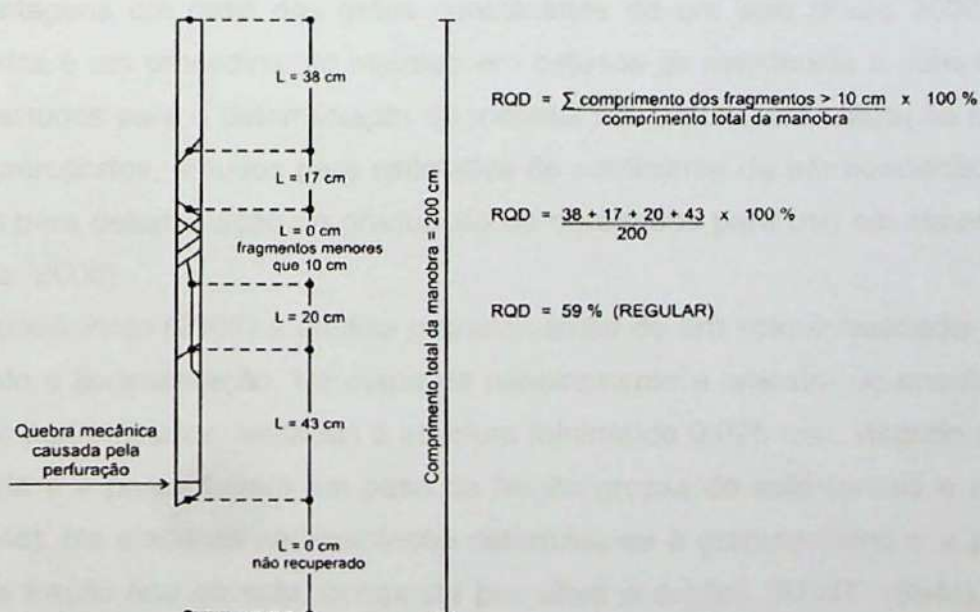


Figura 6 – Procedimento para cálculo do RQD (Deere & Deere 1988).

O IQR (Índice de Qualidade da Rocha) consiste em uma adaptação do RQD muito utilizada no Brasil. O cálculo do IQR é realizado por meio do somatório dos comprimentos das peças de testemunhos maiores que 10 cm, dentro de um trecho onde o espaçamento entre as fraturas é homogêneo (trecho isofraturado), dividido pelo comprimento do trecho isofraturado, que deve ser de no mínimo 50 cm (Serra Junior & Ojima 1998).

Tabela 9 – Qualidade da rocha em função dos intervalos de RQD (Ruiz 1971).

Qualidade da Rocha	RQD (%)
Muito Pobre	0 – 25
Pobre	25 – 50
Regular	50 – 75
Boa	75 – 90
Excelente	90 – 100

4.2.3. ENSAIOS GEOTÉCNICOS

Os ensaios geotécnicos são procedimentos empregados para a caracterização das propriedades físicas, mecânicas e hidráulicas dos materiais utilizados em obras de engenharia (DER/SP 2006). No Brasil a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) é a entidade responsável pela normatização dos procedimentos para execução de ensaios geotécnicos.

4.2.3.1. Análise Granulométrica

A análise granulométrica é um procedimento realizado para se determinar o tamanho e as porcentagens em peso dos grãos constituintes de um solo (Pinto 2006). A análise granulométrica é um procedimento utilizado em estudos de resistência e compressibilidade dos solos, estudos para a determinação do material adequado para utilização em bases de rodovias e aeroportos, estudos para estimativa do coeficiente de permeabilidade do solo e em estudos para determinação da graduação de agregados para uso em cimento e asfalto (Soares *et al.* 2006).

Segundo Pinto (2006) a análise granulométrica de um solo é realizada por meio de peneiramento e sedimentação. Na etapa de peneiramento a amostra de ensaio é passada por peneiras padronizadas, limitadas à abertura mínima de 0,075 mm, visando determinar a granulometria e a porcentagem em peso da fração grossa do solo (areias e pedregulhos) (ABNT 1984c). Na etapa de sedimentação determina-se a granulometria e a porcentagem em peso da fração fina do solo, composta por siltes e argilas (ABNT 1984c). Ao final do ensaio se obtém a porcentagem de cada fração granulométrica presente na amostra ensaiada e determina-se a curva de distribuição granulométrica do solo, conforme exemplo da Figura 7 (ABNT 1984c, Pinto 2006). No Brasil a classificação granulométrica do solo é

realizada de acordo com a escala granulométrica brasileira (Caputo 1988) definida pela ABNT na norma técnica NBR-6502 (ABNT 1995), e apresentada na Tabela 10.

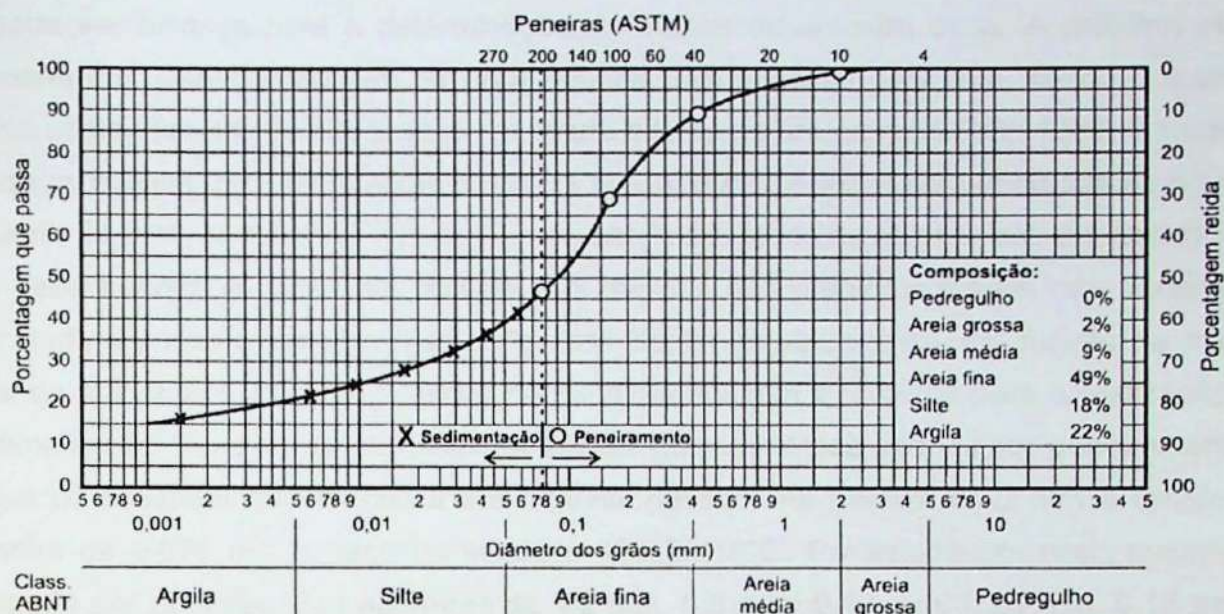


Figura 7 – Exemplo de curva de distribuição granulométrica do solo (Pinto 2006).

Tabela 10 – Escala granulométrica da ABNT (1995).

Granulometria		Diâmetro das partículas
Argila		< 0,002 mm
Silte		0,002 - 0,06 mm
Areia	Fina	0,06 - 0,20 mm
	Média	0,20 - 0,60 mm
	Grossa	0,60 - 2,0 mm
Pedregulho	Fino	2,0 - 6,0 mm
	Médio	6,0 - 20,0 mm
	Grosso	20,0 - 60,0 mm
Pedra de Mão		60 - 200 mm
Matacão		200 mm - 1 m
Bloco de Rocha		> 1 m

Procedimento de Ensaio

A amostra para ensaio é preparada conforme a norma NBR-6457 (ABNT 1986a). A preparação inicia-se com a secagem da amostra ao ar (até próximo da umidade higroscópica), seguida pelo desmanche dos torrões de solo, homogeneização e redução da amostra (com repartidor de amostras ou pelo quarteamento) de modo a se obter uma amostra representativa do material e em quantidade suficiente para a realização do ensaio. A seguir o material é passado em uma peneira com abertura de 76 mm e a partir do material passado na peneira é obtida a amostra para a realização do ensaio, em quantidade conforme a Tabela 11 (ABNT 1986a).

De acordo com a NBR-7181 (ABNT 1984c) a amostra é pesada para a determinação de sua massa total e o ensaio é iniciado com o peneiramento da amostra para a determinação da fração grossa (areias e pedregulhos) do solo. Inicialmente a amostra é pesada em balança para a determinação da massa da amostra seca. A próxima etapa consiste em passar a amostra em uma peneira com abertura de 2 mm, sendo o material retido posteriormente lavado e seco em estufa a temperatura entre 105°C/110°C. O material retido na peneira de 2 mm é então pesado e passado em peneiras com aberturas de 50 mm, 38 mm, 25 mm, 19 mm, 9,5 mm e 4,8 mm, sendo anotados os valores das massas retidas em cada peneira. A partir dos valores das massas dos materiais retidos nas peneiras é calculada a porcentagem em massa de cada fração granulométrica, em função da massa total da amostra. O material passado na peneira de 2 mm é utilizado para a realização da sedimentação. No caso de se realizar a análise granulométrica apenas por peneiramento a etapa de sedimentação é omitida e o material passado na peneira de 2 mm é lavado na peneira de 0,075 mm e seco na estufa a 105°C/110°C. Posteriormente esse material é passado por peneiras com aberturas de 1,2 mm, 0,6 mm, 0,42 mm, 0,25 mm, 0,15 mm e 0,075 mm sendo anotados os valores das massas retidas em cada peneira. Finalmente, a partir dos valores das massas dos materiais retidos nas peneiras é calculada a porcentagem em massa de cada fração granulométrica, em função da massa total da amostra (ABNT 1984c).

Tabela 11 – Quantidade de amostra para análise granulométrica (ABNT 1986a).

Diâmetro dos grãos maiores contidos na amostra, determinado por observação visual	Quantidade mínima de amostra
< 5 mm	1 kg
5 – 25 mm	4 kg
> 25 mm	8 kg

Segundo a NBR-7181 (ABNT 1984c) a etapa de sedimentação, para a determinação da fração fina (siltes e argilas) do solo, é realizada a partir de uma amostra do material passado na peneira de 2 mm. A quantidade da amostra varia em função do caráter do solo, devendo ser constituída por 120 g no caso de solos arenosos ou por 70 g no caso de solos siltosos e argilosos. Inicialmente a amostra é colocada em um béquer de 250 cm³ onde são adicionados 125 cm³ de solução química defloculante, composta por hexametáfosfato de sódio na concentração de 45,7 g do sal por 1.000 cm³ de solução. Na seqüência o béquer é agitado para a imersão total do material e colocado em repouso por, no mínimo, 12 horas (ABNT 1984c). O uso do defloculante visa à desagregação e separação das partículas do solo (torrões) de modo que cada partícula possa sedimentar isoladamente (Pinto 2006). A mistura é então colocada em um copo de dispersão padronizado, acrescida de água destilada, e levada para um aparelho dispersor padronizado, onde fica durante 15 minutos. O aparelho dispersor é uma espécie de misturador utilizado para homogeneizar a mistura,

desagregando eventuais agregados de partículas remanescentes (ABNT 1984c). O processo de dispersão assemelha-se ao preparo de um *milk-shake* em um *mixer*.

Após a dispersão a mistura é colocada em uma proveta onde é acrescida de água destilada até a marca de 1.000 cm³. Na seqüência, a mistura passa a ser agitada com uma bagueta de vidro (bastão de vidro maciço) de modo contínuo até se atingir a temperatura de equilíbrio. Logo após, a proveta é agitada durante 1 minuto de modo a manter as partículas em suspensão sendo posteriormente colocada sobre uma mesa para iniciar a sedimentação das partículas, em local com temperatura constante (ABNT 1984c). Segundo Pinto (2006) a densidade na parte superior da mistura com as partículas em dispersão varia no decorrer da sedimentação, diminuindo conforme as partículas sedimentam-se. A variação de densidade durante a sedimentação é medida com um densímetro (Pinto 2006), instrumento utilizado para se medir a densidade de líquidos. O horário de início da sedimentação é anotado e o densímetro é mergulhado dentro da dispersão para a realização da leitura inicial de densidade (ABNT 1984c). De acordo com a NBR-7181 (ABNT 1984c) são realizadas várias leituras da densidade da dispersão durante a sedimentação, sendo a primeira leitura realizada no tempo "zero" (t=0) e a última leitura realizada após 24 horas do início da sedimentação. As leituras são realizadas quando o densímetro estabiliza-se no líquido de dispersão e após a leitura, o densímetro é colocado em uma proveta com água na mesma temperatura da dispersão. Após cada leitura de densidade mede-se também a temperatura da dispersão. Finalizada a sedimentação são calculadas (i) as porcentagens do material em suspensão, correspondentes a cada leitura do densímetro, em função da massa total da amostra e (ii) o diâmetro das partículas de solo em suspensão, correspondentes a cada leitura do densímetro (ABNT 1984c). Segundo a norma NBR-7181 (ABNT 1984c) o diâmetro das partículas de solo em suspensão, correspondentes a cada leitura do densímetro, é calculada pela Lei de Stokes por meio da equação:

$$d = \sqrt{\frac{1800 \eta \cdot v}{\delta - \delta_d}}$$

Onde:

d = diâmetro das partículas em mm;

η = coeficiente de viscosidade do meio dispersor, à temperatura de ensaio, em g · s/cm²;

v = velocidade de sedimentação das partículas em cm/s;

δ = massa específica dos grãos do solo em g/cm³;

δ_d = massa específica do meio dispersor, à temperatura de ensaio, em g/cm³.

Terminado o período de sedimentação a mistura da proveta é vertida e lavada na peneira de 0,075 mm. A fração retida na peneira é seca na estufa a temperatura de 105°C/110°C. Posteriormente esse material é passado pelas peneiras com aberturas de 1,2 mm, 0,6 mm, 0,42 mm, 0,25 mm, 0,15 mm e 0,075 mm sendo anotados os valores das massas retidas em cada peneira. A partir dos valores das massas dos materiais retidos nas peneiras é calculada a porcentagem em massa de cada fração granulométrica, em função da massa total da amostra (ABNT 1984c).

Finalizado o ensaio, utilizando os valores obtidos, determina-se a curva de distribuição granulométrica do solo (ABNT 1984c).

4.2.3.2. Limite de Liquidez e Limite de Plasticidade

Os limites de liquidez e de plasticidade de um solo podem ser definidos como os limites de umidade que delimitam um intervalo dentro do qual o solo apresenta-se em estado plástico, podendo ser moldado sem que haja alteração do volume (Vargas 1977).

Segundo Caputo (1988) quando a umidade de um solo apresenta-se muito alta, ele se comporta como um fluido denso, encontrando-se em seu estado líquido. Conforme este solo seca, ele endurece e perde umidade até que atinge um ponto de umidade denominado limite de liquidez (LL), onde este solo perde sua capacidade de fluir e entra em seu estado plástico. No estado plástico o solo pode ser facilmente moldado e deformado. Continuando a secagem do solo, ele perde gradualmente seu caráter plástico até que atinge um ponto de umidade denominado limite de plasticidade (LP), onde este solo perde sua capacidade de ser moldado, desmanchando ao ser trabalhado, e entra em seu estado semi-sólido (Caputo 1988).

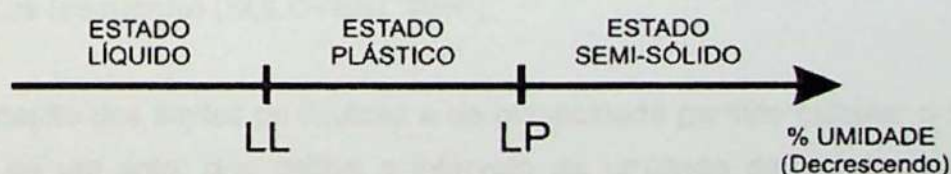


Figura 8 – Limites de liquidez e plasticidade (Caputo 1988).

De acordo com Vargas (1977) os solos grossos são perfeitamente caracterizados por meio de suas curvas granulométricas. Conforme o referido autor, solos arenosos e solos pedregulhosos com curvas granulométricas iguais apresentam comportamento mecânico semelhante. No entanto, solos finos não devem ser caracterizados apenas por meio de análise granulométrica. Para a caracterização completa do comportamento destes tipos de solos devem ser determinados parâmetros físicos relacionados à plasticidade dos solos (limites de liquidez e de plasticidade e índice de plasticidade). Isto se deve ao fato de que

solos siltosos e solos argilosos com curvas granulométricas iguais podem se comportar de modo diferente (Vargas 1977).

Segundo Caputo (1988), o ensaio para a determinação do limite de liquidez de um solo é realizado utilizando-se o aparelho de Casagrande (Figura 7), que é constituído por uma concha de latão, uma base de ebonite (tipo de borracha vulcanizada) e uma manivela conectada a um excêntrico. Com a amostra de solo dentro da concha, abre-se um sulco neste solo com um cinzel e então passa-se a girar a manivela do aparelho de modo que o excêntrico passa a levantar e soltar (em queda-livre) a concha do aparelho, realizando golpeamentos sucessivos desta com a base do aparelho. O limite de liquidez do solo é o teor de umidade para o qual o sulco se fecha com 25 golpes. De acordo com o autor mencionado, a determinação do limite de plasticidade é realizada calculando-se o teor de umidade para o qual o solo começa a se fragmentar ao ser moldado na forma de um cilindro com 3 mm de diâmetro e cerca de 10 cm de comprimento.



Figura 9 – Aparelho de Casagrande (direita), cinzel para solos argilosos (centro) e cinzel para solos arenosos (esquerda) (SOLOTEST 2010).

A determinação dos limites de liquidez e de plasticidade permite calcular o índice de plasticidade (IP) de um solo, que define o intervalo de umidade dentro do qual o solo apresenta-se em estado plástico (Caputo 1988). Segundo o mesmo autor, o índice de plasticidade apresenta valor máximo para solos argilosos e valor mínimo ou nulo para solos arenosos, e quanto maior for o valor do índice de plasticidade mais plástico será o solo. De acordo com a norma NBR-7180 (ABNT 1984b) o índice de plasticidade é expresso em porcentagem. Segundo a mesma norma quando não for possível determinar o limite de liquidez ou o limite de plasticidade, o índice de plasticidade será dado como NP (não plástico).

A equação para a determinação do índice de plasticidade é dada por:

$$IP = LL - LP$$

Onde:

IP = índice de plasticidade;

LL = limite de liquidez;

LP = limite de plasticidade.

Com base no valor do índice de plasticidade, os solos podem ser classificados, de acordo com a escala de Jenkins, em fracamente plásticos ($1 < IP < 7$), medianamente plásticos ($7 < IP < 15$) ou altamente plásticos ($IP > 15$) (Caputo 1988).

Procedimento de Ensaio

Na fase anterior a execução dos ensaios (limite de liquidez e limite de plasticidade) a amostra para ensaio é preparada de acordo com a norma NBR-6457 (ABNT 1986a). A preparação da amostra inicia-se com a secagem da amostra ao ar (até próximo da umidade higroscópica), seguida pelo desmanche dos torrões de solo contidos na amostra, homogeneização e redução da amostra. A redução da amostra, com repartidor de amostras ou pelo quarteamento, é realizada de modo a se obter uma amostra representativa do material e em quantidade suficiente para a realização do ensaio. Após a redução, uma parte do material obtido é passada em uma peneira com abertura de 4,8 mm até que se obtenha 200 g de material passado, o qual constituirá a amostra de ensaio (ABNT 1986a). Posteriormente essa amostra de ensaio é dividida ao meio, sendo metade utilizada para a determinação do limite de liquidez (ABNT 1984a) e a outra metade para a determinação do limite de plasticidade (ABNT 1984b).

Determinação do Limite de Liquidez

De acordo com a norma NBR-6459 (ABNT 1984a) metade da amostra preparada conforme a norma NBR-6457 (ABNT 1986a) é inicialmente colocada em uma cápsula de porcelana com cerca de 12 cm de diâmetro. A essa amostra é adicionada água destilada gradualmente, enquanto a amostra é amassada e misturada com uma espátula, de modo a se obter uma massa homogênea de consistência tal que sejam necessários 35 golpes para o fechamento do sulco durante a execução do ensaio no aparelho de Casagrande. O tempo de homogeneização da amostra varia de 15 a 30 minutos (ABNT 1984a).

Após a homogeneização uma parte da amostra é colocada na concha do aparelho de Casagrande e moldada de modo que a espessura na parte central da concha seja de cerca de 1 cm. Esse procedimento de moldagem também deve ser feito de modo a eliminar quaisquer bolhas de ar presentes no interior da amostra, e após esse processo o excesso de material é retornado para a cápsula de porcelana. Com o uso do cinzel o material na concha é então dividido em duas partes, através da abertura de um sulco perpendicular a superfície da concha (ABNT 1984a).

Na seqüência, a concha é recolocada no aparelho de Casagrande (até este ponto o procedimento é executado com a concha fora do aparelho e na mão do operador) para ser golpeada contra a base do mesmo. O processo de golpeamento da concha contra a base do aparelho é realizado girando-se a manivela do aparelho, que por meio de um excêntrico levanta a concha até a altura de 1 cm soltando-a logo após para que bata contra a base do aparelho. O golpeamento é realizado até que as bordas inferiores do material contido na concha se unam ao longo de 13 mm, sendo anotada a quantidade de golpes necessários para este feito (ABNT 1984a).

A seguir é coletada uma pequena quantidade de material próximo às bordas que se uniram, e então este material é imediatamente colocado em um recipiente adequado (cápsula metálica ou par de vidros de relógio com grampo) para ser submetido à determinação de umidade, conforme a norma NBR-6457 (ABNT 1986a) (VER DESCRIÇÃO DO MÉTODO NA PÁG. 28). Após esse processo (de obtenção da amostra para ensaio de umidade), o restante da amostra retorna para a cápsula de porcelana, onde é novamente molhada com água destilada, amassada e homogeneizada, e então todo o processo é refeito para que se obtenha uma segunda amostra para a determinação de umidade. Então repete-se o procedimento até que se obtenha pelo menos mais três amostras para a determinação de umidade, sendo que estas amostras devem cobrir o intervalo de 15 a 35 golpes. Quando não for possível a abertura do sulco ou o seu fechamento com mais de 25 golpes, a amostra é considerada como não apresentando limite de liquidez (NL) (ABNT 1984a).

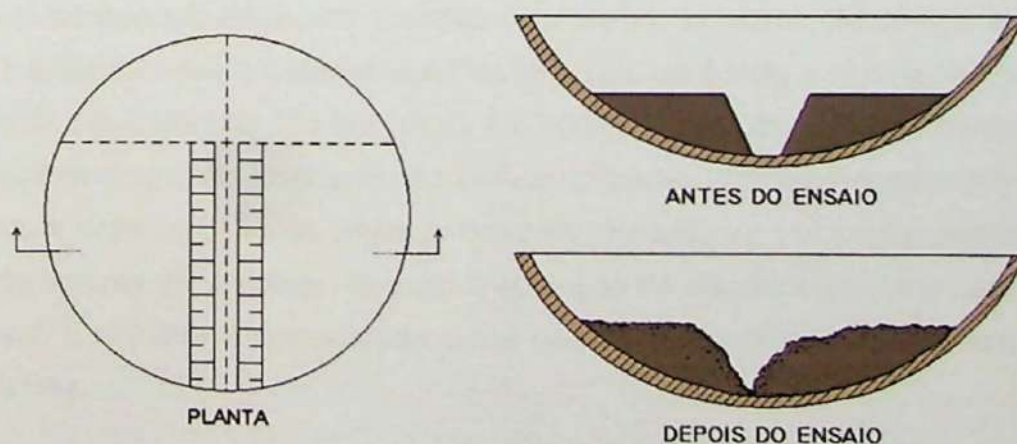


Figura 10 – Determinação do limite de plasticidade (Soares *et al.* 2006).

O resultado final do ensaio é expresso em um gráfico onde as ordenadas (em escala logarítmica) representam os números de golpes e as abscissas (em escala aritmética) os teores de umidade. O gráfico é construído plotando-se os pontos de teores de umidade obtidos, e traçando uma reta que se ajuste a estes pontos. A partir da reta traçada é obtido o ponto de umidade correspondente a 25 golpes que, por convenção, é o limite de liquidez do solo (ABNT 1984a).

Determinação do Limite de Plasticidade

Segundo a norma NBR-7180 (ABNT 1984b) metade da amostra preparada conforme a norma NBR-6457 (ABNT 1986a) é colocada em uma cápsula de porcelana com cerca de 12 cm de diâmetro. A essa amostra é adicionada água destilada gradualmente, enquanto a amostra é amassada e misturada com uma espátula, de modo a se obter uma massa homogênea de consistência plástica. O tempo de homogeneização da amostra varia de 15 a 30 minutos (ABNT 1984b).

Após a homogeneização uma porção de 10 g de amostra é coletada e então com essa porção é feita uma bola que passa a ser rolada, sobre uma placa de vidro esmerilhada (30 cm x 30 cm), com pressão suficiente da palma da mão de modo a se obter um cilindro de 3 mm de diâmetro. O cilindro de amostra deve se fragmentar ao atingir 3 mm de diâmetro e cerca de 10 cm de comprimento. Se o cilindro se fragmentar antes de atingir 3 mm de diâmetro, a amostra é colocada na cápsula de porcelana onde é adicionada água destilada e a amostra é novamente homogeneizada com o auxílio da espátula, por pelo menos 3 minutos, de modo a se obter um material que possa formar um novo cilindro e fragmentar-se ao atingir 3 mm de diâmetro. Se o cilindro atingir 3 mm de diâmetro sem se fragmentar, a amostra é amassada e então é feita uma nova bola com ela, que novamente é rolada com a palma da mão para formar um cilindro que se fragmente ao atingir 3 mm de diâmetro (ABNT 1984b).

Quando o cilindro se fragmentar com diâmetro de 3 mm e cerca de 10 cm de comprimento, as partes resultantes deste cilindro são colocadas imediatamente em recipientes adequados (cápsulas metálicas ou pares de vidros de relógio com grampo), tampados e submetidos à determinação da umidade conforme a norma NBR-6457 (ABNT 1986a) (VER DESCRIÇÃO DO MÉTODO A SEGUIR). Cada cilindro fragmentado consistirá em uma amostra para determinação do teor de umidade. O procedimento para obtenção da amostra para determinação da umidade deve ser repetido de modo que permita obter pelo menos três valores de umidade. Quando a obtenção do cilindro com 3 mm de diâmetro não for possível, a amostra é considerada como não apresentando limite de plasticidade (NP) (ABNT 1984b).

O resultado final do ensaio é dado pela média de pelo menos três valores de umidade e expresso em porcentagem (ABNT 1984b).

Determinação do Teor de Umidade conforme a norma NBR-6457 (ABNT 1986a)

Para a determinação do teor de umidade conforme a norma NBR-6457 (ABNT 1986a), o conjunto recipiente/amostra úmida é pesado em balança com precisão de 0,01 g, sendo obtido o valor da massa do conjunto definida como M1. Logo após, a tampa do recipiente é removida e então o recipiente é colocado em uma estufa à temperatura entre 105°C/110°C para a secagem do material, por um período de 16 a 24 horas. Após a secagem o recipiente é colocado em um dessecador (contendo sílica gel), onde permanece até atingir a temperatura ambiente (ABNT 1986a).

Então a tampa é recolocada no recipiente e o conjunto recipiente/amostra seca é pesado na balança de precisão 0,01g, sendo obtido o valor da massa do conjunto definida como M2. A massa do recipiente vazio deve ser conhecida e definida como M3. Devem ser obtidos no mínimo três valores de umidade por amostra, e o valor final corresponderá à média dos valores obtidos (ABNT 1986a). O teor de umidade é calculado através da equação:

$$h = \frac{M1 - M2}{M2 - M3} \cdot 100$$

Onde:

h = teor de umidade, em %;

M1 = massa do solo úmido mais a massa da cápsula, em g;

M2 = massa do solo seco mais a massa do recipiente, em g;

M3 = massa do recipiente, em g.

4.2.3.3. Determinação da Umidade Natural do Solo

O teor de umidade natural é a relação entre o peso da água e o peso dos sólidos (grãos) contidos em um solo em seu estado natural (Pinto 2006). Segundo o mesmo autor, a determinação do teor de umidade é o procedimento realizado com maior frequência em um laboratório de solos. Para a determinação da umidade, inicialmente o solo é pesado em seu estado natural, obtendo-se assim o seu peso úmido. Após essa medida, o solo é seco em estufa a 105°C/110°C até constância de peso e então é pesado novamente, obtendo-se assim o seu peso seco. O teor de umidade é então calculado e consiste na relação entre as variações dos valores da umidade do solo (Pinto 2006).

A determinação do teor de umidade é realizada conforme o procedimento descrito na norma NBR-6457 (ABNT 1986a), que pode ser verificado no item 4.2.3.2..

4.2.3.4. Ensaio de Compactação

A compactação é um procedimento manual ou mecânico utilizado para aumentar a densidade (peso específico) de um solo, resultando no aumento de sua resistência ao cisalhamento e no aumento de sua capacidade de suporte (Caputo 1988). A compactação também diminui a permeabilidade e a capacidade de absorção de água do solo, tornando o solo mais estável (Caputo 1988, Soares *et al.* 2006). Este procedimento é utilizado em obras de engenharia tais como a construção de aterros, estradas, aeroportos e barragens de terra (Caputo 1988, Pinto 2006).

Segundo Caputo (1988) a densificação do solo (aumento do peso específico do solo) depende da energia empregada no processo de compactação e do teor de umidade do solo no momento da compactação. De acordo com o referido autor, ao se compactar um solo com o uso de uma energia de compactação constante e sob condições de umidade variadas, é possível obter uma curva de variação das massas específicas aparentes (γ_s) do solo em função da umidade (h), denominada curva de compactação do solo. Nesta curva (Figura 10) pode-se observar que para a energia de compactação aplicada existe um determinado valor de umidade, chamado de umidade ótima (h_{ot}), na qual a massa específica aparente do solo apresenta seu valor máximo ($\gamma_{s,máx}$); ou seja a densidade do solo será máxima para a compactação do mesmo utilizando este valor de umidade (Caputo 1988).

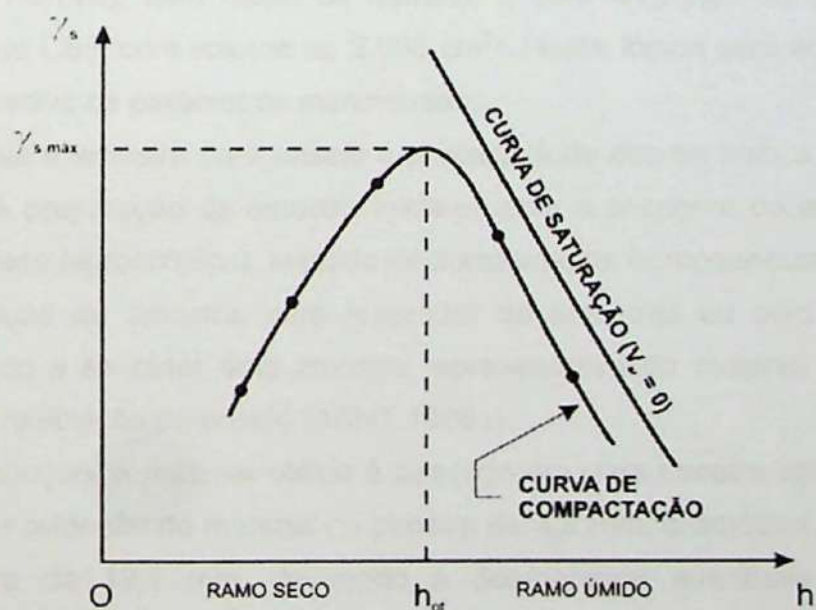


Figura 11 – Curva de compactação do solo (Caputo 1988).

O ensaio de compactação, também conhecido como ensaio de Proctor, tem por objetivo a determinação da curva de compactação e dos valores da umidade ótima e da massa específica aparente seca máxima do solo, que são utilizados como parâmetros para o projeto e a execução de obras de engenharia (e.g. aterros e barragens de terra) para que durante a fase de execução a compactação seja realizada de modo a atingir o maior valor de resistência, para o solo empregado (Rodrigues & Lopes 1998).

Em resumo, o ensaio de compactação consiste em se compactar amostras de um solo sob teores de umidade variáveis e a uma energia de compactação constante, que pode ser normal, intermediária ou modificada. A compactação das amostras de solo é realizada em camadas, dentro de um cilindro metálico padrão, através do golpeamento sucessivo de um soquete metálico padronizado. Ao final da compactação são obtidos alguns moldes de solos, chamados de corpos-de-prova, os quais são submetidos à determinação dos valores de umidade e de peso específico aparente seco. A partir dos valores de umidade e peso específico aparente seco, determina-se a curva de compactação do solo ensaiado (ABNT 1986b).

Procedimento de Ensaio

A norma NBR-7182 (ABNT 1986b) apresenta várias alternativas para a execução do ensaio de compactação que variam de acordo com o tipo de energia de compactação a ser utilizada (*normal*, *intermediária* ou *modificada*), a possibilidade de execução do ensaio *com* ou *sem reuso de material* e o tipo de cilindro a ser utilizado (*pequeno* ou *grande*).

Neste trabalho o ensaio foi realizado utilizando energia de compactação normal (Ensaio Proctor Normal), sem reuso de material e com emprego do cilindro de ensaio grande (cilindro de CBR com volume de 2.085 cm^3). Neste tópico será abordado o método de ensaio que envolve os parâmetros mencionados.

Inicialmente a amostra para ensaio é preparada de acordo com a norma NBR-6457 (ABNT 1986a). A preparação da amostra inicia-se com a secagem da amostra ao ar (até próximo da umidade higroscópica), seguida destorroamento, homogeneização e redução da amostra. A redução da amostra, com repartidor de amostras ou pelo quarteamento, é realizada de modo a se obter uma amostra representativa do material e em quantidade suficiente para a realização do ensaio (ABNT 1986a).

Após a redução, o material obtido é passado em uma peneira com abertura de 4,8 mm. Caso houver retenção de material na peneira de 4,8 mm, a amostra deve ser passada por uma peneira de 19,1 mm, de modo a desmanchar eventuais torrões de solo remanescentes. Após o peneiramento prossegue-se ao procedimento pós-peneiramento conforme a Tabela 12 e a determinação da quantidade de amostra a ser utilizada para o ensaio conforme a Tabela 13 (ABNT 1986a).

Tabela 12 – Procedimento pós-peneiramento (ABNT 1986a).

Peneira	Material retido (% em peso)	Cilindro de ensaio	Observação
4,8 mm	< 7	Grande ou pequeno	Desprezar o material retido
19,1 mm	< 10	Grande	Desprezar o material retido
19,1 mm	> 10	Grande	(*)
19,1 mm	> 30	-	Recomenda-se não ensaiar de acordo com a norma NBR-7182

(*) O material retido na peneira de 19,1 mm deve ser passado na de 76,2 mm e o material retido nesta última deve ser desprezado. O material retido na peneira de 19,1 mm e que passa na de 76,2 mm deve ser substituído pela mesma quantidade de material retido na peneira de 4,8 mm e que passa na de 19,1 mm (ABNT 1986a).

Tabela 13 – Quantidade de amostra para o ensaio de compactação (ABNT 1986a).

Ensaio de compactação	Peneira com passagem integral da amostra preparada	Cilindro de ensaio	Quantidade de amostra (massa seca)
Sem reuso de material	4,8 mm	pequeno	15 kg
		grande	35 kg
	19,1 mm	grande	35 kg

De acordo com a norma NBR-7182 (ABNT 1986b), a amostra preparada para ensaio, conforme a norma NBR-6457 (ABNT 1986a) é dividida em cinco porções iguais (cinco amostras de ensaio). A primeira amostra de ensaio é então colocada em uma bandeja metálica onde é acrescida de água destilada, de modo gradual, até que se obtenha um teor de umidade de cerca de 5% abaixo da umidade ótima presumível. Durante o processo o material é revolvido de modo a se obter uma mistura homogênea. Após a homogeneização da amostra, a mesma é levada para a compactação com energia normal (ABNT 1986b).

Na sequência uma porção da amostra de ensaio é colocada em um molde cilíndrico metálico padronizado (15,24 cm de diâmetro, altura de 17,78 cm e volume de 2.085 cm³) dotado de anel complementar com 6,0 cm de altura, um disco espaçador metálico padronizado (15,08 cm de diâmetro e 6,35 cm de altura) em seu interior, e uma base metálica. Então a porção de solo é compactada através de 12 golpes de um soquete metálico com massa de 4,536 kg caindo livremente de altura de 45,7 cm. Ao final da compactação o material compactado deve ocupar aproximadamente um quinto do cilindro. O processo é repetido por mais quatro vezes de modo que ao final do procedimento de compactação se tenha um corpo-de-prova composto por cinco camadas com espessuras aproximadamente iguais (ABNT 1986b).

Após a compactação da última camada o anel complementar é removido e o excesso de material no topo do cilindro é raspado com uma régua de aço biselada de 30 cm de comprimento. O cilindro então é removido de sua base e o conjunto composto pelo cilindro e pelo corpo-de-prova é pesado em uma balança. Então a partir da subtração do peso do molde cilíndrico determina-se o peso úmido do solo compactado (P_h). O corpo-de-prova é então extraído do molde cilíndrico e é coletada uma amostra do seu interior para a determinação da umidade (h) conforme a norma NBR-6457 (ABNT 1986a) (VER DESCRIÇÃO DO PROCEDIMENTO NO ITEM 4.2.3.2.). Quando o corpo-de-prova for

moldado para a utilização em outros ensaios (CBR, compressão simples ou permeabilidade), a determinação da umidade deve ser feita com uma porção de amostra de solo retirada da bandeja metálica após a compactação da segunda camada de solo, durante a etapa de compactação (ABNT 1986b).

Terminado o processo para a primeira porção de solo da amostra de ensaio, o procedimento de compactação deve ser realizado para as quatro porções de solo restantes, sendo que a segunda porção da amostra, preparada na bandeja metálica, deve apresentar umidade 2% superior à primeira, a terceira deve apresentar umidade 2% superior à segunda, e assim por diante. Os corpos-de-prova são descartados ao final do ensaio de compactação quando não forem utilizados em outros ensaios (CBR, compressão simples ou permeabilidade). Ao final do ensaio é traçada a curva de compactação do solo, utilizando os cinco pontos de umidade determinados no ensaio (um para cada corpo-de-prova); e calculados os valores (i) da massa específica aparente seca máxima do solo ($\gamma_{s,m\acute{a}x}$), por meio da equação para cálculo da massa específica aparente seca, e (ii) sua umidade ótima (h_{ot}), através da observação do gráfico da curva de compactação. Em relação aos pontos de umidade obtidos no ensaio, dois devem estar no ramo seco da curva de compactação, dois no ramo úmido, e um próximo à umidade ótima e preferencialmente no ramo seco da curva (ABNT 1986b). De acordo com a NBR-7182 (ABNT 1986b) a massa específica aparente seca é calculada através da equação:

$$\gamma_s = \frac{P_h \cdot 100}{V (100 + h)}$$

Onde:

γ_s = massa específica aparente seca, em g/cm³;

P_h = peso úmido do solo compactado, em g;

V = volume útil do molde cilíndrico, em cm³;

h = teor de umidade do solo compactado, em %.

4.2.3.5. Índice de Suporte Califórnia (ISC)

O índice de suporte Califórnia (ISC) ou *California Bearing Ratio (CBR)* é um parâmetro que fornece a resistência de um solo compactado (Caputo 1983). Este índice é empregado no dimensionamento de pavimentos, sendo bastante utilizado na avaliação da compactação das bases de pavimentos rodoviários e no projeto de pavimentos flexíveis (Vargas 1977).

No ensaio de Índice de Suporte Califórnia (ensaio de CBR) determina-se a resistência à penetração do solo, compactado e saturado, através da penetração de um pistão metálico padronizado à velocidade de penetração de 1,27 mm/min. O resultado do ensaio é expresso em porcentagem e em função do valor adotado como padrão (ISC = 100%), que se trata da resistência à penetração de uma amostra de brita-graduada de alta qualidade (Merighi 2002). O ensaio também permite determinar o valor de expansão do solo quando saturado.

Procedimento de Ensaio

A amostra para ensaio é preparada de acordo com a norma NBR-6457 (ABNT 1986a) seguindo os mesmos procedimentos para o preparo para o ensaio de compactação. A amostra é seca, destorroada, repartida e peneirada (ABNT 1987).

De acordo com a norma NBR-9895 (ABNT 1987) a amostra preparada é então utilizada para a moldagem dos corpos-de-prova para o ensaio. A moldagem é realizada através da compactação, devendo ser moldados no mínimo cinco corpos-de-prova. A amostra é compactada segundo os procedimentos para a execução do ensaio de compactação (NBR-7182), observando-se a relação entre a energia de compactação a ser empregada e o número de golpes por camada, num total de cinco camadas. A compactação pode ser realizada com energia de compactação normal com 12 golpes por camada, intermediária com 26 golpes ou modificada com 55 golpes por camada (ABNT 1987).

A compactação é realizada em um cilindro metálico de CBR (15,24 cm de diâmetro, altura de 17,78 cm e volume de 2.085 cm³) com anel complementar com 6,0 cm de altura, disco espaçador metálico (15,08 cm de diâmetro e 6,35 cm de altura) em seu interior, e uma base metálica. Em uma bandeja a amostra é preparada com umidificação a 5% abaixo da umidade ótima e homogeneizada. Então a amostra é colocada no cilindro de CBR e compactada, em cinco camadas, através do golpeamento sucessivo de um soquete de 4,536 kg caindo de 45,7 cm de altura. A determinação da umidade é realizada em uma amostra retirada da bandeja após a compactação da segunda camada. Após a compactação da última camada o anel complementar é removido, o excesso de solo é raspado, o conjunto molde mais corpo-de-prova é retirado de sua base, pesado em balança e o peso úmido do corpo-de-prova é determinado. O processo é repetido até que todos os corpos-de-prova tenham sido moldados, sendo que cada amostra para moldagem deve ser preparada com umidificação 2% superior à amostra anterior. No final é traçada a curva de compactação do solo e são determinados os valores da massa específica aparente seca máxima do solo ($\gamma_{s,m\grave{a}x}$) e sua umidade ótima (h_{ot}) (ABNT 1987).

Finalizada a compactação, os corpos-de-prova são utilizados para a determinação da expansão do solo quando saturado em água. Cada conjunto composto pelo molde cilíndrico

e pelo corpo-de-prova é invertido e fixado em uma base metálica circular com furos em sua região central. O disco espaçador é substituído por um disco metálico perfurado (14,9 cm de diâmetro e 5 mm de espessura) dotado de uma haste (haste de expansão) em sua região central. Sobre o disco perfurado são colocados dois discos de sobrepeso com massa total de 4,54 kg. Um porta-extensômetro é conectado à região superior do cilindro e a haste do extensômetro é apoiada sobre a haste de expansão do disco metálico perfurado (ABNT 1987).

Então os corpos-de-prova são imersos em um tanque de água por um período de quatro dias. Após uma leitura inicial no tempo "zero", a cada 24 horas são realizadas leituras do extensômetro e anotados os valores das deformações sofridas pelos corpos-de-prova, devido à carga de sobrepeso. Após o período de imersão os corpos-de-prova são retirados da água e o excesso de água é escoado (ABNT 1987). A expansão que cada corpo-de-prova sofre, durante o período de imersão, é calculada através da equação:

$$\text{Expansão (\%)} = \frac{(\text{leitura final} - \text{leitura inicial do extensômetro})}{\text{altura inicial do corpo-de-prova}} \cdot 100$$

Na sequência é realizado o procedimento de penetração dos corpos-de-prova. O conjunto composto pelo molde cilíndrico, corpo-de-prova e discos de sobrepeso é colocado em uma prensa, dotada de extensômetro, onde é realizada a penetração do corpo-de-prova por um pistão de aço (4,96 cm de diâmetro e 19 cm de altura) à velocidade de 1,27 mm/min e pela aplicação de uma carga de 45 Newtons. Durante um intervalo de 10 minutos são efetuadas leituras do extensômetro e anotados os valores da penetração sofrida pelo corpo-de-prova. Com estes valores anotados determina-se a curva de pressão-penetração do solo, e se obtém os valores da pressão exercida para as penetrações de 2,54 mm e 5,08 mm. (ABNT 1987). Então determina-se o índice de suporte Califórnia para cada um destes valores de pressão obtidos, e no final adota-se o maior valor resultante como o índice de suporte Califórnia do solo de acordo com a NBR-9895 (ABNT 1987), que é calculado através da equação:

$$\text{ISC (\%)} = \frac{(\text{pressão calculada ou pressão corrigida})}{\text{pressão padrão}} \cdot 100$$

4.2.4. CLASSIFICAÇÃO DOS SOLOS PARA FINS DE PAVIMENTAÇÃO

4.2.4.1. Sistema Rodoviário de Classificação - HRB (Highway Research Board)

O sistema de classificação dos solos do *Highway Research Board (HRB)* é utilizado para fins de engenharia rodoviária em todo o mundo. Este sistema baseia-se nos parâmetros de granulometria, limite de liquidez (LL) e índice de plasticidade (IP) dos solos (Senço 1979, Pinto 2006).

Por meio deste sistema os solos são classificados em sete grupos de acordo com a granulometria (peneiras de nº 10, 40 e 200) e os intervalos de variação do limite de liquidez e do índice de plasticidade. Os grupos possuem a denominação A-1, A-2, A-3, A-4, A-5, A-6 e A-7. O grupo A-1 é subdividido nos subgrupos: A-1-a e A-1-b. Já o grupo A-2 é subdividido nos subgrupos A-2-4, A-2-5, A-2-6 e A-2-7. O grupo A-7 é subdividido nos subgrupos A-7-5 e A-7-6. Os solos do grupo A-1 são compostos predominantemente por fragmentos de rochas, pedregulhos e areias. Já os solos do grupo A-2 podem variar entre areia, areia siltosa ou areia argilosa. O grupo A-3 representa os solos de granulometria areia fina. Os grupos A-4 e A-5 representam os solos siltsosos, e os grupos A-6 e A-7 os solos argilosos (Senço 1979, Soares *et al.* 2006).

A classificação HRB também utiliza como parâmetro o índice de grupo (IG), que é utilizado para definir a capacidade de suporte do terreno de fundação do pavimento (subleito). O valor deste índice é dado por um número inteiro compreendido no intervalo de 0 a 20. Os extremos deste intervalo correspondem aos solos ótimos (solos com IG = 0), que podem ser utilizados como subleito de pavimento, e aos solos péssimos (solos com IG = 20), com características inadequadas para o uso como subleito e que portanto devem ser evitados. O valor do índice de grupo (IG) é calculado através da equação (Senço 1979, Soares *et al.* 2006):

$$IG = 0,2 \cdot a + 0,005 \cdot a \cdot c + 0,01 \cdot b \cdot d$$

Onde:

IG = índice de grupo;

a = % que passa na peneira nº 200 (*p*) menos 35. Se $p > 75$, $b = 75$. Se $p < 35$, $b = 35$;

b = % que passa na peneira nº 200 (*p*) menos 15. Se $p > 55$, $b = 55$. Se $p < 15$, $b = 15$;

c = valor do limite de liquidez menos 40. Se $LL > 60$, $c = 60$. Se $LL < 40$, $c = 40$;

d = valor do índice de plasticidade menos 10. Se $IP > 30$, $d = 30$. Se $IP < 10$, $d = 10$.

Tabela 14 – Sistema rodoviário de classificação dos solos (Senço 1979).

Classificação geral	Materiais granulares (35% ou menos passando na peneira nº 200)							Materiais siltosos e argilosos (mais de 35% passando na peneira nº 200)				
Grupo	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
% que passa nas peneiras N°10 N°40 N°200	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.	36 mín.
Características da fração que passa na peneira N°40 LL IP	6 máx.		NP	40 máx. 10 máx.	41 mín. 10 máx.	40 máx. 11 mín.	41 mín. 11 mín.	40 máx. 10 máx.	41 mín. 10 máx.	40 máx. 11 mín.	41 mín. 11 mín. IP≤LL-30	41 mín. 11 mín. IP>LL-30
IG	0		0	0		4 máx.		8 máx.	12 máx.	16 máx.	20 máx.	
Materiais predominantes	Pedra britada, pedregulho e areia		Areia fina	Areia e areia siltoosa ou argilosa				Solos siltosos		Solos argilosos		
Comportamento como subleito	Excelente a bom							Fraco a pobre				

5. METODOLOGIA DE TRABALHO

A pesquisa foi iniciada com os trabalhos de levantamento e coleta de bibliografias referentes à geologia da área de interesse ao trabalho de terraplenagem e pavimentação, aos métodos de investigação de campo e aos métodos de execução dos ensaios laboratoriais. Na etapa posterior do estudo, foram realizadas duas fases (programa inicial e programa complementar) de investigações geológico-geotécnicas, que visaram à caracterização da área de estudo por meio de sondagens e a coleta de amostras para a realização dos ensaios laboratoriais para fins de pavimentação e terraplenagem.

Durante o programa inicial de investigações foram realizados ensaios geotécnicos em laboratório, conforme citado anteriormente, visando à caracterização dos solos locais para serem empregados na construção de aterros durante a terraplenagem, como subleito (fundação) dos pavimentos e a determinação de parâmetros necessários ao dimensionamento dos pavimentos pela projetista. Os ensaios realizados nesta etapa foram: (i) análise granulométrica (NBR-7181, ABNT 1984c), (ii) determinação do limite de liquidez (NBR-6459, ABNT 1984a), (iii) determinação do limite de plasticidade (NBR-7180, ABNT 1984b), (iv) determinação da umidade natural, (v) compactação (NBR-7182, ABNT 1986b) e (vi) índice de suporte Califórnia (NBR-9895, ABNT 1987). Os resultados dos ensaios de caracterização de solos (análise granulométrica, limites de liquidez e plasticidade) foram utilizados para a classificação dos solos analisados segundo o sistema rodoviário de classificação (HRB).

5.1. Programa de Investigações Inicial

Nesta fase de investigações estava prevista a realização de 18 sondagens a trado até a profundidade de 2,50 m, visando à identificação do subsolo para fins de terraplenagem e a coleta de amostras representativas do solo do subleito dos pavimentos para a execução de ensaios de laboratório (caracterização de solos, compactação e índice de suporte Califórnia). Entretanto, o terreno não apresentou condições favoráveis para a execução das

sondagens nos locais e profundidades previstas, devido à densa vegetação nativa da área e à ocorrência de uma crosta laterítica impenetrável ao trado entre 1,00 m e 1,60 m de profundidade. Devido à dificuldade de mobilização das equipes e equipamentos de sondagem na área, em função da espessa vegetação local, foram realizadas apenas 6 das 18 sondagens previstas, sendo que algumas sondagens acabaram sendo executadas em posições deslocadas em relação à locação original. As Tabelas 15 e 16 apresentam o programa de sondagens previsto e o programa executado, respectivamente.

Tabela 15 – Programa inicial de sondagens previsto.

Sondagem	Coordenadas		Cota (m)	Profundidade (m)
	N	E		
ST-01	9439507,445	752087,628	99,432	2,50
ST-02	9439483,558	752203,989	103,119	2,50
ST-03	9439422,059	752293,358	102,331	2,50
ST-04	9439338,557	752127,043	121,151	2,50
ST-05	9439305,118	751973,754	130,216	2,50
ST-06	9439165,278	752208,038	127,952	2,50
ST-07	9439102,530	752090,957	131,587	2,50
ST-08	9438979,850	751937,347	133,838	2,50
ST-09	9438788,326	752073,762	133,759	2,50
ST-10	9438841,562	752226,001	131,186	2,50
ST-11	9438875,348	752343,928	130,680	2,50
ST-12	9438931,442	752592,582	136,270	2,50
ST-13	9438716,827	752476,037	136,573	2,50
ST-14	9438465,017	752333,456	138,639	2,50
ST-15	9438313,682	752446,488	139,709	2,50
ST-16	9438314,694	752284,092	139,073	2,50
ST-17	9438374,402	752113,980	138,315	2,50
ST-18	9438266,076	752132,418	137,392	2,50

Tabela 16 – Programa inicial de sondagens executado.

Sondagem	Coordenadas		Cota (m)	Profundidade (m)	Deslocamento
	N	E			
ST-06	9439054,261	752238,353	129,458	1,30	Sim
ST-10	9438786,912	752175,789	131,661	1,40	Sim
ST-11	9438875,348	752343,928	130,680	1,10	Não
ST-12	9438931,442	752592,582	136,270	1,10	Não
ST-13	9438682,518	752479,805	137,447	1,00	Sim
ST-15	9438216,078	752522,644	140,060	1,60	Sim

5.1.1. SONDAGEM A TRADO

As sondagens a trado foram executadas de acordo com a norma NBR-9603 (ABNT 1986c). No total foram executadas, no local, seis sondagens a trado com diâmetro de 4" denominadas ST-06, ST-10, ST-11, ST-12, ST-13 e ST-15. Estas sondagens atingiram profundidades variáveis dentro do intervalo de 1,00 m e 1,60 m, não conseguindo avançar além destas profundidades devido à presença de uma crosta laterítica de alta resistência e impenetrável ao trado. Nos pontos ST-06, ST-10, ST-13 e ST-15 foi empregada, sem

sucesso, uma retroescavadeira em tentativa de se escavar a crosta laterítica e possibilitar o avanço da perfuração. O material perfurado durante as sondagens foi coletado e armazenado de acordo com a NBR-9603 (ABNT 1986c), sendo posteriormente analisados tátil-visualmente e classificados segundo granulometria, plasticidade, cor e origem, conforme a norma NBR-6484 (ABNT 2001).

As coletas de amostras para os ensaios laboratoriais foram realizadas nos furos ST-06, ST-10, ST-13 e ST-15. Como não foi possível coletar uma quantidade suficiente de material apenas com o uso do trado, utilizou-se a retroescavadeira para auxiliar na coleta de amostras. Foram coletados cerca de 70 kg de material por furo para a realização dos ensaios laboratoriais, nos intervalos de profundidades conforme a Tabela 17.

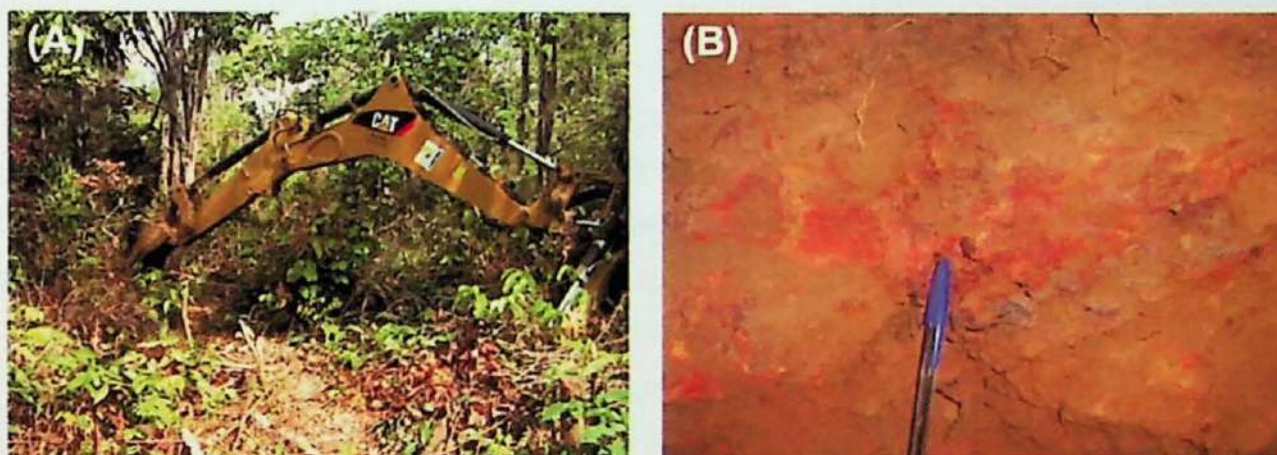


Figura 12 – Retroescavadeira abrindo vala para coleta de amostras em meio à densa vegetação local (A) e detalhe do topo da crosta laterítica no fundo de vala aberta pela retroescavadeira (B).

Tabela 17 – Intervalos de amostragem.

Sondagem	Intervalo de Amostragem	Quantidade de Amostra
ST-06	0,00 a 1,30 m	70 kg
ST-10	0,00 a 1,40 m	70 kg
ST-13	0,00 a 1,00 m	70 kg
ST-15	0,25 a 1,60 m	70 kg

5.1.2. ANÁLISE GRANULOMÉTRICA

Os ensaios de análise granulométrica foram executados conforme a norma NBR-7181 (ABNT 1984c), sendo as amostras de ensaio preparadas previamente de acordo com a norma NBR-6457 (ABNT 1986a). Para a realização dos ensaios foram utilizados cerca de 4 kg de material por amostra. As amostras ST-06, ST-10 e ST-13, por se apresentarem arenosas, foram submetidas à análise granulométrica por peneiramento. O ensaio por

peneiramento e sedimentação foi realizado apenas na amostra ST-15, que apresentou quantidade considerável de finos.

5.1.3. LIMITE DE LIQUIDEZ E LIMITE DE PLASTICIDADE

Os ensaios para determinação do limite de liquidez e do limite de plasticidade foram realizados de acordo com as normas NBR-6459 (ABNT 1984a) e NBR-7180 (ABNT 1984b), respectivamente, sendo as amostras de ensaio preparadas previamente conforme a norma NBR-6457 (ABNT 1986a). Para a realização dos ensaios foram utilizados cerca de 200 g de material por amostra (ST-06, ST-10, ST-13 e ST-15).

5.1.4. UMIDADE NATURAL

A determinação da umidade natural das amostras (ST-06, ST-10, ST-13 e ST-15) foi realizada de acordo com a norma NBR-6457 (ABNT 1986a). Para a realização dos ensaios foram utilizados cerca de 300 g de material por amostra. Cada amostra foi inicialmente pesada para a determinação do valor da massa seca. Posteriormente foi seca a estufa entre 105°C/110°C e então pesada novamente para a determinação do valor da massa seca. O valor da umidade natural foi calculado por meio da relação entre os valores das massas úmida e seca.

5.1.5. ENSAIO DE COMPACTAÇÃO

Os ensaios de compactação foram realizados segundo a norma NBR-7182 (ABNT 1986b), sendo as amostras de ensaio (ST-06, ST-10, ST-13 e ST-15) preparadas previamente de acordo com a NBR-6457 (ABNT 1986a). Os ensaios foram realizados sem reuso de material, de modo que para a realização dos mesmos foram utilizados cerca de 35 kg de material por amostra. Os ensaios foram realizados utilizando energia de compactação normal, sendo os corpos-de-prova moldados em molde cilíndrico grande (cilindro de CBR com volume de 2.085 cm³). Cada corpo-de-prova foi moldado em cinco camadas, sendo cada camada compactada por meio de doze golpes de um soquete metálico com massa de 4,536 kg. Para cada ensaio foram moldados cinco corpos-de-prova por amostra, com teores de umidade variáveis de acordo com a NBR-7182 (ABNT 1986b).

Os corpos-de-prova moldados para a realização do ensaio de compactação foram reutilizados para a realização do ensaio de índice de suporte Califórnia.

5.1.6. ÍNDICE DE SUPORTE CALIFÓRNIA (ISC)

Os ensaios de índice de suporte Califórnia foram executados de acordo com a norma NBR-9895 (ABNT 1987). Para a realização dos ensaios foram utilizados os corpos-de-prova empregados nos ensaios de compactação. Os corpos-de-prova foram submetidos à imersão durante período de quatro dias para a determinação dos respectivos valores de expansão. Após o período de imersão os corpos-de-prova foram submetidos ao procedimento de penetração onde se determinou os valores das pressões necessárias à penetração de um pistão padronizado nos mesmos. Com os dados, referentes aos valores das pressões obtidos, foram calculados os valores do índice de suporte Califórnia para cada amostra (ST-06, ST-10, ST-13 e ST-15).

5.2. Programa de Investigações Complementar

A identificação de uma crosta laterítica impenetrável à sondagem a trado e a escavação com retroescavadeira durante a realização das sondagens do programa inicial, levou à modificação do programa de investigações com a inclusão do programa de investigações complementar. Nesta fase de investigações foram executadas quatro sondagens mistas visando amostrar e determinar a espessura da camada laterítica, e também amostrar e identificar o material subjacente a esta camada. A Tabela 18 apresenta os dados referentes ao programa de investigações complementar.

Tabela 18 – Programa de investigações complementar.

Sondagem	Coordenadas		Cota (m)	Profundidade (m)
	N	E		
SM-01	9438248,609	752547,709	140,324	18,10
SM-02	9438268,369	752152,289	138,108	5,45
SM-03	9438932,973	752564,214	137,013	5,45
SM-04	9439075,346	752161,577	130,187	4,45

5.2.1. SONDAGEM MISTA

As sondagens mistas foram executadas de acordo com as normas NBR-6484 (ABNT 2001) e NBR-6490 (ABNT 1985), e procedimentos definidos pela ABGE em seu "Manual de Sondagens" (ABGE 1999). As sondagens foram iniciadas com emprego de sonda a percussão, com realização de ensaio SPT a cada metro, até atingir a condição de impenetrabilidade a lavagem por tempo no topo da crosta laterítica. Para a perfuração da crosta laterítica foi empregada a sonda rotativa, com barrilete duplo-livre e diâmetro NW. Então, abaixo da crosta laterítica, devido à ocorrência de solo, a perfuração foi feita por meio de lavagem, sendo realizados ensaios SPT a cada metro.

Ao todo foram executadas, no local, quatro sondagens mistas denominadas SM-01, SM-02, SM-03 e SM-04. A sondagem SM-01 foi a mais profunda realizada na etapa de investigações complementares, atingindo 18,10 m de profundidade. As demais sondagens foram finalizadas nas profundidades de 4,45 m (SM-04) e 5,45 m (SM-02 e SM-03).

As amostras de solos coletadas durante as sondagens foram identificadas tátil-visualmente e classificadas segundo granulometria, plasticidade, cor e origem, conforme a norma NBR-6484 (ABNT 2001). Já os testemunhos de rocha/laterita, foram classificados segundo grau de alteração e coerência, parâmetros referentes a descontinuidades (grau de fraturamento, inclinação das fraturas, tipos de preenchimentos e rugosidades das fraturas), recuperação dos testemunhos, e IQR (Índice de Qualidade da Rocha). Os resultados foram expressos na forma de perfis de sondagem individuais, conforme modelos propostos pela ABGE (1999).

6. DESENVOLVIMENTO DO TRABALHO

O presente trabalho teve início no mês de janeiro com o levantamento bibliográfico, que buscou reunir informações sobre a geologia regional da Bacia do Parnaíba, métodos de sondagens, métodos de ensaios geotécnicos e demais aspectos referentes ao tema proposto. O levantamento bibliográfico foi realizado através de consultas a materiais (livros, teses, artigos, etc.) pertencentes às bibliotecas da Universidade de São Paulo e através de pesquisa pela internet.

O programa inicial de investigações foi concluído no mês de maio. Durante esta etapa foram realizadas sondagens na área do projeto, trabalho de campo e ensaios laboratoriais em amostras de solo coletadas nas sondagens. Nesta fase de investigações estava prevista a execução de dezoito sondagens a trado para identificação dos solos do terreno e coleta de material para a realização de ensaios laboratoriais. Entretanto a densa vegetação encontrada na área prejudicou e até mesmo impossibilitou o avanço das equipes de sondagem, resultando na execução de apenas seis das dezoito sondagens previstas. Em laboratório foram realizados ensaios de caracterização de solos, compactação e índice de suporte Califórnia, a partir de amostras coletadas por meio das sondagens.

A identificação de uma crosta laterítica no terreno durante a realização das sondagens do programa inicial, levou à alteração do cronograma do projeto com a inclusão de um programa de investigações complementares, que foi concluído no final do mês de junho. Durante esta etapa de investigações foram realizadas quatro sondagens mistas na área para detalhamento da crosta laterítica, visando determinar sua espessura e tipo de material, além da identificação do tipo de material encontrado abaixo desta camada.

Durante a execução do trabalho não foram encontradas dificuldades significativas. A Tabela 19 apresenta o cronograma das atividades realizadas durante o ano.

Tabela 19 – Cronograma de atividades realizadas.

ATIVIDADES	2010											
	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
REVISÃO BIBLIOGRÁFICA												
ELABORAÇÃO DO PROJETO INICIAL												
PROGRAMA INICIAL DE INVESTIGAÇÕES												
TRABALHO DE CAMPO												
CLASSIFICAÇÃO DAS SONDAGENS DO PROGRAMA INICIAL												
REALIZAÇÃO DOS ENSAIOS LABORATORIAIS												
PROGRAMA COMPLEMENTAR DE INVESTIGAÇÕES												
CLASSIFICAÇÃO DAS SONDAGENS DO PROGRAMA COMPLEMENTAR												
COLETA DE DADOS												
INTERPRETAÇÃO DOS DADOS COLETADOS												
DISCUSSÃO PRELIMINAR DOS RESULTADOS OBTIDOS												
ELABORAÇÃO DO RELATÓRIO DE PROGRESSO												
DISCUSSÃO FINAL DOS RESULTADOS OBTIDOS												
ELABORAÇÃO DA MONOGRAFIA												
ELABORAÇÃO DA APRESENTAÇÃO												
APRESENTAÇÃO PÚBLICA												
DEFESA DE MONOGRAFIA												



ATIVIDADES REALIZADAS.

7. RESULTADOS OBTIDOS

7.1. SONDAGENS

As sondagens a trado e mistas permitiram a identificação de três unidades geológico-geotécnicas geneticamente distintas e que foram denominadas elúvio (superior), ilúvio (intermediária) e solo de alteração de rocha (inferior).

O horizonte superior denominado elúvio, apresenta espessuras variáveis que chegam a atingir profundidades entre 1,70 m e 2,00 m. Este horizonte é subdividido em dois intervalos com ocorrência de materiais granulometricamente distintos. No intervalo entre 0,00 m e cerca de 0,45-1,00 m ocorre um solo composto por variações entre areia fina siltosa e silte arenoso (fina), com pedregulhos finos a médios de laterita (0,6-2,0 cm) e cores variando entre marrom avermelhado, marrom amarelado e cinza escuro (quando há presença de matéria orgânica e detritos vegetais). Abaixo deste nível, entre as profundidades de 0,45-1,00 m a 1,70-2,00 m ocorre um solo composto por variações entre argila arenosa (fina) média e areia fina argilosa pouco compacta, com ou sem presença de pedregulhos finos a médios de laterita e cores variando entre marrom e marrom escuro.

O horizonte intermediário denominado ilúvio consiste na camada laterítica, de coloração roxa, que apresenta espessuras variando entre 1,00 m e 2,00 m, e se estende entre as profundidades de 2,00 m a 3,00-4,00 m. A laterita foi classificada segundo o padrão para classificação de testemunhos de sondagem rotativa. Quanto à alteração foi classificada em A3, rocha muito alterada, por apresentar minerais totalmente alterados, por vezes pulverulentos e friáveis. A laterita foi classificada com coerência C2, rocha medianamente coerente, por quebrar com relativa dificuldade ao golpe do martelo e possuir superfície riscável por lâmina de aço. Segundo esta classificação, a laterita é escavável somente a fogo (explosivos). Muito fraturada e por vezes fragmentada a laterita foi classificada como padrão F5, extremamente fraturada, com fraturas apresentando inclinações variando entre 20° e 80° (I/SV). As fraturas foram classificadas como D4, por apresentarem paredes alteradas e sem preenchimento, e como S2/S1, por apresentarem as superfícies das paredes variando entre lisas e rugosas. A laterita apresentou índice de qualidade da rocha igual a zero (IQR = 0), sendo classificada como rocha de qualidade muito pobre. A laterita apresentou uma recuperação muito baixa durante a sondagem, entre 28% e 49%, devido ao alto grau de fraturamento e fragmentação da laterita.

Abaixo da crosta laterítica ocorre o horizonte inferior denominado solo de alteração de rocha, interpretado como sendo resultante da alteração de um argilito. Este horizonte ocorre abaixo da profundidade de 4,00 m e é caracterizado pela ocorrência de um solo composto por argila média a dura com cores variando entre marrom claro, amarelo e roxo. Entre as profundidades de 13 m e 15 m, há presença de pedregulhos finos a médios de laterita, que podem ou não consistir em uma contaminação das amostras coletadas, por meio da queda de fragmentos de laterita no furo durante a perfuração. Entre as profundidades de 17,60 m e 18,10 m (profundidade de término da sondagem) ocorrem pedregulhos finos a médios de sílex. Entre as profundidades de 3,00 m e 5,45 m pode ocorrer um nível de transição entre a crosta laterítica e o solo argiloso subjacente. Esta camada de transição consiste em variações entre uma argila pouco arenosa (fina) média a rija e uma areia média a grossa argilosa medianamente compacta, ambas com ocorrência de pedregulho finos a médios de laterita e cor marrom.

O nível freático foi interceptado durante as sondagens mistas entre as profundidades de 2,10 m e 2,50 m. De acordo com estes resultados, o lençol freático ocorre no horizonte da crosta laterítica, o que é possível devido ao fato de a laterita encontrar-se fragmentada. Como a laterita apresenta-se fragmentada, a maior parte das fraturas, senão todas, devem encontrar-se saturadas. O lençol freático deve estar limitado em sua zona inferior pela camada impermeável de argila do solo de alteração de argilito.

7.2. ANÁLISE GRANULOMÉTRICA

Por meio dos ensaios granulométricos, as amostras ST-06, ST-10 e ST-13 foram classificadas como areia siltosa com pedregulho. Já a amostra ST-15 foi classificada como sendo uma areia silto argilosa.

7.3. LIMITE DE LIQUIDEZ E LIMITE DE PLASTICIDADE

As amostras ST-06, ST-10 e ST-13 não apresentaram limite de liquidez e limite de plasticidade e foram classificadas com NL (não apresentando limite de liquidez) e NP (não apresentando limite de plasticidade), respectivamente.

Este resultado deve-se ao fato de estas amostras apresentarem baixas quantidades de finos. Os limites de liquidez e de plasticidade são parâmetros relativos à plasticidade dos solos, utilizados para a caracterização de solos finos ou solos com considerável quantidade de finos. As partículas finas (siltes e argilas) atuam como ligantes entre as partículas arenosas dos solos. Portanto, solos arenosos com baixa ou nenhuma quantidade de finos são solos incoesos e que apresentam valores de limites de liquidez e de plasticidade baixos ou nulos.

A amostra ST-15 apresentou limite de liquidez igual a 20,36% ($LL = 20,36\%$), limite de plasticidade igual a 10,58% ($LP = 10,58\%$) e índice de plasticidade igual a 9,79% ($IP = 9,79\%$). O solo da amostra ST-15 pode ser classificado de acordo com a escala de Jenkins como medianamente plástico ($7 < IP < 15$).

7.4. UMIDADE NATURAL

As amostras ensaiadas apresentaram teores de umidade natural variando entre 4,8% e 6,6%. A Tabela 20 apresenta os resultados dos ensaios.

Tabela 20 – Resultados dos ensaios de umidade natural.

Amostra	ST-06	ST-10	ST-13	ST-15
Umidade Natural (%)	5,7	5,0	6,6	4,8

7.5. ENSAIO DE COMPACTAÇÃO

As amostras apresentaram valores de densidade máxima aparente (massa específica aparente seca) variando entre $1,940 \text{ g/cm}^3$ e $2,020 \text{ g/cm}^3$, e valores de umidade ótima variando entre 8,1% e 10,9%. A Tabela 21 apresenta os resultados dos ensaios de compactação.

Tabela 21 – Resultados dos ensaios de compactação.

Amostra	ST-06	ST-10	ST-13	ST-15
Densidade Máxima Aparente (g/cm ³)	2,020	2,010	1,995	1,940
Umidade Ótima (%)	9,2	10,9	8,1	9,5

7.6. ÍNDICE DE SUPORTE CALIFÓRNIA (ISC)

Os ensaios de determinação do índice de suporte Califórnia, apresentaram valores de ISC variando entre 6% e 16%. Os valores de expansão variaram entre 0,05% e 0,14%.

A Tabela 22 apresenta os resultados dos ensaios de CBR.

Tabela 22 – Resultados dos ensaios de CBR.

Amostra	ST-06	ST-10	ST-13	ST-15
ISC (%)	16	11	12	6
Expansão (%)	0,13	0,05	0,10	0,14

7.7. CLASSIFICAÇÃO DOS SOLOS SEGUNDO O SISTEMA RODOVIÁRIO DE CLASSIFICAÇÃO

A partir dos resultados obtidos nos ensaios de análise granulométrica, limite de liquidez e limite de plasticidade (ensaios de caracterização dos solos), os solos ensaiados foram classificados de acordo com o sistema rodoviário de classificação de solos.

As amostras ST-06, ST-10 e ST-13 foram classificadas como A-2-4 (solos compostos por areia e areia siltosa ou argilosa) e apresentaram índice de grupo zero (IG = 0). Os solos representados por estas amostras apresentam comportamento excelente a bom, para uso como subleito de pavimentos. A amostra ST-15 foi classificada como A-4 (solo siltoso) e apresentou índice de grupo zero (IG = 0). O solo representado por esta amostra apresenta comportamento fraco a pobre, para uso como subleito de pavimentos.

8. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Durante a execução da terraplenagem no local o solo superficial (elúvio), localizado acima da crosta laterítica, será facilmente removido. Entretanto, nas regiões onde forem necessárias a execução de cortes profundos para implantação das galerias e infraestrutura subterrânea do empreendimento imobiliário, a crosta laterítica será um obstáculo para a terraplenagem devido à sua alta resistência à escavação. Nestas regiões a remoção da crosta laterítica deverá ser realizada pelo desmonte com uso de explosivos, solução esta que deve aumentar consideravelmente os custos da terraplenagem do empreendimento. A presença de água nas fraturas da laterita pode dificultar a escavação da mesma.

Em relação à pavimentação notou-se a predominância de solos classe A-2-4 e a ocorrência de solos classe A-4 na área. Os solos classe A-2-4 são considerados como excelentes a bons para serem utilizados como subleito de pavimento. Já os solos classe A-4 não apresentam características tão favoráveis quanto os anteriores e são considerados solos fracos a pobres para o uso em subleitos de pavimentos. Durante a execução dos pavimentos, deve-se priorizar a utilização dos solos classe A-2-4 como subleito dos pavimentos, evitando-se a utilização dos solos classe A-4.

Os resultados dos ensaios de CBR, ISC variando entre 6% e 16% e expansão variando entre 0,05% e 0,14%, devem ser interpretados pela equipe projetista e utilizados para o dimensionamento de pavimentos adequados a estes parâmetros.

A compactação dos aterros, durante a terraplenagem, deverá ser controlada e executada de modo a compactar o solo em sua umidade ótima, visando atingir a densidade aparente máxima para o solo compactado, resultando em aterros estáveis e com maior resistência ao cisalhamento. Os solos locais apresentaram umidade natural abaixo da umidade ótima, portanto os solos deverão ser irrigados durante a execução da compactação.

9. CONCLUSÕES

Com base na análise e interpretação dos resultados obtidos durante as investigações geológico-geotécnicas executadas na área de implantação do empreendimento imobiliário em Teresina-PI pôde-se concluir que:

- i) No local ocorrem três unidades geológico-geotécnicas distintas (elúvio-superior, ilúvio-intermediário e solo de alteração de rocha-inferior). A unidade superior (elúvio) possui espessura de até 2,00 m, sendo composto por areias siltsas, siltes arenosos e argilas arenosas, com ou sem fragmentos de laterita. A unidade intermediária (ilúvio) se estende de cerca de 2,00 m a até 4,00 m de profundidade e é composta por uma laterita muito resistente à escavação. A unidade inferior trata-se de um solo de alteração de argilito, composto basicamente por argila e com ocorrências pontuais de fragmentos de laterita ou sílex. O lençol freático situa-se entre 2,10 m e 2,50 m de profundidade.
- ii) A terraplenagem será facilmente executada durante a escavação do solo superficial (elúvio), no intervalo de profundidade de 0,00 m a 2,00 m. Nos locais onde for necessária a remoção da crosta laterítica, deverão ser utilizados explosivos para o desmonte da mesma, o que deve aumentar os custos da execução da terraplenagem. A escavação da crosta laterítica pode ser dificultada pela presença de água nas fraturas da mesma.

iii) Os solos locais foram classificados de acordo com o sistema rodoviário em classe A-2-4 e classe A-4. Na área há predominância dos solos A-2-4 que são solos excelentes para uso em subleito de pavimentos. Durante a execução dos pavimentos, deve se priorizar a utilização dos solos A-2-4 como subleito dos pavimentos, evitando-se a utilização dos solos classe A-4.

iv) Os solos locais possuem índice de suporte Califórnia variando entre 6% e 16% e expansão variando entre 0,05% e 0,14%.

v) A construção de aterros durante a terraplenagem deverá ser realizada por meio da compactação dos solos em umidades ótimas variando entre 8,1% e 10,9%, visando atingir valores de densidade aparente máxima entre 1,940 g/cm³ e 2,020 g/cm³, resultando em aterros estáveis e com maior resistência ao cisalhamento.

vi) Os solos locais apresentam teores de umidade natural abaixo da umidade ótima e variando entre 4,8% e 6,6%. Portanto, durante a compactação dos solos em aterros, estes deverão ser irrigados para que atinjam teores de umidade ótima variando entre 8,1% e 10,9% e sejam compactados com densidade máxima.

10. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Aguiar G.A. 1971. Revisão geológica da bacia paleozóica do Maranhão. *In*: SBG, Congr. Bras. de Geol., 25, São Paulo (SP), Anais, v.3, p.: 113-122.

Associação Brasileira de Geologia de Engenharia (ABGE). 1980. Glossário de termos técnicos de Geologia de Engenharia: equipamentos de sondagens. 62p. *Apud*: Souza L.A.P de, Silva R.F. da, Iyomasa W.S. 1998. Métodos de investigação. *In*: Oliveira A.M.S., Brito S.N.A. de (eds.). Geologia de engenharia. São Paulo, ABGE, p.: 184-190.

Associação Brasileira de Geologia de Engenharia (ABGE). 1999. Manual de sondagens. São Paulo, ABGE, Boletim nº3, 4ª ed., 74p.

Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). 1984a. NBR 6459 – Solo: Determinação do limite de liquidez. ABNT, São Paulo, 6p.

Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). 1984b. NBR 7180 – Solo: Determinação do limite de plasticidade. ABNT, São Paulo, 3p.

Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). 1984c. NBR 7181 – Solo: Análise granulométrica. ABNT, São Paulo, 13p.

Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). 1985. NBR 6490 – Reconhecimento e amostragem para fins de caracterização de ocorrência de rochas. ABNT, São Paulo, 4p.

Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). 1986a. NBR 6457 – Amostras de solo: Preparação para ensaios de compactação e ensaios de caracterização. ABNT, São Paulo, 9p.

Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). 1986b. NBR 7182 – Solo: Ensaio de compactação. ABNT, São Paulo, 10p.

Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). 1986c. NBR 9603 – Sondagem a trado. ABNT, São Paulo, 6p.

Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). 1987. NBR 9895 – Solo: Índice de Suporte Califórnia. ABNT, São Paulo, 14p.

Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). 1995. NBR 6502 – Rochas e solos. ABNT, São Paulo, 18p.

Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). 2001. NBR 6484 – Solo: Sondagens de simples reconhecimento com SPT - Método de ensaio. ABNT, São Paulo, 17p.

Barbosa O., Gomes F.A. 1957. Carvão mineral na Bacia Tocantins-Araguaia. Rio de Janeiro, DNPM/DGM, Boletim 174, 34p.

Caputo H.P. 1983. Mecânica dos solos e suas aplicações. Rio de Janeiro, LTC, 5ª ed., v.2, p.:444-449.

Caputo H.P. 1988. Mecânica dos solos e suas aplicações. Rio de Janeiro, LTC, 6ª ed., v.1, 234p.

Coimbra A.M. 1983. Estudo sedimentológico e geoquímico do Permo-Triássico da Bacia do Maranhão. Tese de Doutorado, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, v.1, 150 p.

Coimbra A.M. 1991. Sistematização crítica da obra. Tese de Livre-Docência, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, p.: 10-17.

Cunha F.M.B. 1986. Evolução paleozóica da Bacia do Parnaíba e seu arcabouço tectônico. Dissertação de Mestrado, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, p.: 86-88.

Deere D.U., Deere D.W. 1988. The Rock Quality Designation (RQD) Index in Practice. Rock Classification Systems for Engineering Purposes, ASTM STP 984, Louis Kirkaldie, Ed., American Society for Testing and Materials, Philadelphia, p.: 91-101.

DEINFRA – Departamento Estadual de Infraestrutura. 1994a. IN-01 – Instrução normativa para identificação e descrição de amostras de materiais inconsolidados. Florianópolis, DEINFRA, 6 p. Disponível em: http://www.deinfra.sc.gov.br/downloads/relatorios_e_documentos/documentos_tecnicos/engenharia_rodoviaria/IN-01.pdf. Acessado em 24 out 2010.

DEINFRA – Departamento Estadual de Infraestrutura. 1994b. IN-02 – Instrução normativa para descrição de testemunhos de sondagens rotativas e parâmetros geomecânicos. Florianópolis, DEINFRA, 8 p. Disponível em: <http://www.deinfra.sc.gov.br/downloads/relatori>

os_e_documentos/documentos_tecnicos/engenharia_rodoviaria/IN-02.pdf. Acessado em 23 out 2010.

DER/SP – Departamento de Estradas e Rodagem do Estado de São Paulo. 2006. Ensaaios geotécnicos. São Paulo, DER/SP, 13 p. Disponível em: ftp://ftp.sp.gov.br/ftpder/normas/E-T-DE-G00-001_A.pdf. Acessado em 23 out 2010.

Derby O.A. 1884. Estrutura geológica e minerais. *In*: Wasppaeus, J.E. A geographia física do Brasil. Rio de Janeiro, Lenzinger, p.: 43-59. *Apud*: Coimbra A.M. 1991. Sistematização crítica da obra. Tese de Livre-Docência, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, p.: 10-17.

DNIT – Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. 2010. Diretrizes básicas para elaboração de estudos e projetos rodoviários: instruções para acompanhamento e análise. Rio de Janeiro, DNIT/IPR, publicação 739, p.: 519-524. Disponível em: <http://ipr.dnit.gov.br/manuais/Diretrizes%20Basicas%20-%20Instrucoes%20para%20Acompanhamento%20-%20Publ.IPR%20739.pdf>. Acessado em 23 out 2010.

DSG – Diretoria do Serviço Geográfico. 1984. Teresina (PI). SB-23-X-D-II MI-886. Teresina, Mapa Topográfico, escala 1:100.000.

Faria Jr. L.E.C., Truckenbrodt W. 1980. Estratigrafia e Petrografia da Formação Pedra de Fogo – Permiano da Bacia do Maranhão. *In*: SBG, Congr. Bras. de Geol., 31, Balneário de Camboriú (SC), Anais, v.2, p.: 740-748.

Góes A.M. 1995. A Formação Poti (Carbonífero Inferior) da Bacia do Parnaíba. Tese de Doutorado, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, p.: 120-130.

Góes A.M. 1999. Bacia do Parnaíba. Texto didático de Geologia Histórica e do Brasil. São Paulo, IGc-USP. Disponível em: http://www2.igc.usp.br/disciplinasweb/22009/0440400/A_Bacia_do_Parnai%C2%ADba_set_2009_word_97%5B1%5D.pdf. Acessado em 13 mar 2010.

Góes A.M. de O., Souza J.M.P., Teixeira L.B. 1990. Estágio exploratório e perspectivas petrolíferas da Bacia do Parnaíba. Rio de Janeiro, Bol. Geoc. Petrobrás, 1, v.4, p.: 55-64.

Góes A.M. de O., Travassos W.A., Nunes K.C. 1992. Projeto Parnaíba – Reavaliação da bacia e perspectivas exploratórias. Belém, PETROBRAS. Relatório interno.

- Góes A.M. de O., Feijó F.J. 1994. Bacia do Parnaíba. Rio de Janeiro, Bol. Geoc. Petrobrás, v.8, p.: 57-67.
- Guidicini G., Oliveira A.M.S., Camargo F.P., Kaji N. 1972. Um método de classificação geotécnica preliminar de maciços rochosos. *In: 4ª semana paulista de geologia aplicada*, v.4, São Paulo, Anais, APGA, p.: 275-282.
- IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo. 1984. Estudos geológico-geotécnicos para caracterização e classificação de maciços rochosos para projetos de engenharia (túneis, lavra a céu aberto e barragens). São Paulo, IPT, Relatório nº 19569. *Apud: Serra Junior E., Ojima L.M. 1998. Caracterização e classificação de maciços rochosos. In: Oliveira A.M.S., Brito S.N.A. de (eds.). Geologia de engenharia. São Paulo, ABGE, p.: 211-226.*
- Leite J.F., Aboarrage A.M., Daemon R.F. 1975. Projeto carvão da Bacia do Parnaíba. Relatório final das etapas II e III. Recife, DNPM/CPRM, v.1, p.: 17-18.
- Mattos I.C.S. de. 1998. Sugestão de método para descrição geológico-geotécnica de testemunhos de sondagens rotativas. Monografia de Trabalho de Formatura, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, p.: 2-20.
- Merighi, J.V. 2002. Capacidade de Suporte CBR. São Paulo, Universidade Presbiteriana Mackenzie, 4p. Disponível em: <http://meusite.mackenzie.com.br/pavimento/PDF/Capacidade%20de%20Suporte%20CBR.pdf>. Acessado em 26 out 2010.
- Mesner J.C., Wooldridge L.C.P. 1964. Maranhão Paleozoic Basin and Cretaceous Coastal Basins, North Brazil. *In: Bulletin of the American Association of Petroleum Geologists*, v.48, nº9, p.: 1475-1512.
- Moretti R.S. 1986. Cartografia geotécnica aplicada ao planejamento na Grande São Paulo. *In: IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo. Loteamentos: manual de recomendações para elaboração de projeto. São Paulo, IPT, p.: 92-94.*
- Pinto C. de Sousa. 2006. Curso básico de mecânica dos solos em 16 aulas. São Paulo, Oficina de Textos, 3ª ed., 355p.
- Plummer F.B. 1946. Estados do Maranhão e Piauí. *In: Brasil. Conselho Nacional do Petróleo. Relatório de 1946. Rio de Janeiro, CNP, p.: 103-106.*

- Price L.I. 1948. Um anfíbio labirintodonte da Formação Pedra de Fogo, Estado do Maranhão. Rio de Janeiro, DNPM/DGM, Boletim 124, 32p.
- Ribeiro J.A.P., Melo F. 1996. Os sistemas deposicionais da Bacia do Parnaíba a norte de Teresina, Piauí/Maranhão. *Revista de Geologia*, 9, p.: 53-73.
- Rodrigues R, Lopes J.A.U. 1998. Rodovias. *In: Oliveira A.M.S., Brito S.N.A. de (eds.). Geologia de engenharia*. São Paulo, ABGE, p.: 423-424.
- Ruiz, M.D. 1971. Mecânica das rochas e as obras subterrâneas permanentes. *In: 3ª semana paulista de geologia aplicada*, v.1, São Paulo, Anais, São Paulo, APGA, p.: 251-256.
- Senço, W. de. 1979. Pavimentação. São Paulo, Grêmio Politécnico, 2ª ed., p.: 89-103.
- Serra Junior E., Ojima L.M. 1998. Caracterização e classificação de maciços rochosos. *In: Oliveira A.M.S., Brito S.N.A. de (eds.). Geologia de engenharia*. São Paulo, ABGE, p.: 211-226.
- Shimizu J.Y. 2002. Movimento de terra. São Paulo, EPUSP, p. 1-3. Disponível em: http://pcc2435.pcc.usp.br/pdf/movimento_terra.pdf. Acessado em 29 out 2010.
- Silva A.J.P, Lopes R.C., Vasconcelos A.M., Bahia R.B.C. 2003. Bacias sedimentares paleozóicas e meso-cenozóicas interiores. *In: Bizzi L.A., Schobbenhaus C., Vidotti R.M., Gonçalves J.H. (eds.) Geologia, Tectônica e Recursos Minerais do Brasil*. CPRM, Brasília, p.: 67-71.
- Soares J.M.D., Pinheiro R.J.B., Tavares I.S. 2006. Notas de aula – mecânica dos solos. Santa Maria, UFSM, 230p. Disponível em: http://www.ufsm.br/engcivil/mecanica_dos_solos.htm. Acessado em 19 out 2010.
- SOLOTEST. 2010. Catálogo geral de produtos. São Paulo, SOLOTEST, 15ª ed., 149 p. Disponível em: http://www.solotest.com.br/catalogos/SOLOTEST_Catalogo_Inteiro.pdf. Acessado em 29 set 2010.
- Souza L.A.P de, Silva R.F. da, Iyomasa W.S. 1998. Métodos de investigação. *In: Oliveira A.M.S., Brito S.N.A. de (eds.). Geologia de engenharia*. São Paulo, ABGE, p.: 184-190.
- Vargas M. 1977. Introdução à mecânica dos solos. São Paulo, McGraw-Hill/EDUSP, 509p.

ANEXO I

Perfis de sondagens

Avenida São José, 450 - Ayrosa - Osasco/SP - CEP 06283-120 - PABX: (11) 3879-9449 - Fax: (11) 3687-6549 - E-mail: ept@ept.com.br
Rua Marcelo Gama, 41 - Porto Alegre/RS - CEP 90540-040 - Fone: (51) 3342-7766 - Fax: (51) 3342-7642 - E-mail: eptpoa@ept.com.br

São Paulo, 29 de abril de 2010

CONTRATANTE

FOLHA N.º 1 / 1

OBRA

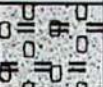
ESCALA 1 : 100

LOCAL **Teresina/PI**

TRAB. N.º

SONDAGEM **ST.11** COTA **130,680** DATA DE INÍCIO **13/04/2010** COORD. N **9.438.875,348** RE N.º

TÉRMINO **13/04/2010** E **752.343,928**

COTA (m)	PERFIL GEOLO- GICO	INTER- PRETAÇÃO GEOLO- GICA	PROFUN- DIDADE DA CAMADA (m)	DESCRIÇÃO DO MATERIAL	N. A. (m)
129,68		EL	1,10	Areia fina siltosa, com pedregulho fino a médio (laterita), marrom avermelhado	SECO
Leitura Data/Hora N.A.(m) 1 --:-- --:-- 2 --:-- --:-- 3 13/04-16:46 SECO					

OBS.:

EL=Elúvio

NOTA IMPORTANTE :

Os resultados deste ensaio têm
significação restrita e se aplicam tão
somente à(s) amostra(s) ensaiada(s).

São Paulo, 29 de abril de 2010

A reprodução deste documento dependerá de autorização prévia por escrito, não sendo permitida sua reprodução parcial.

EPT - ENGENHARIA E PESQUISAS TECNOLÓGICAS S.A.

Avenida São José, 450 - Ayrosa - Osasco/SP - CEP 06283-120 - PABX: (11) 3879-9449 - Fax: (11) 3687- 6549 - E-mail: ept@ept.com.br
Rua Marcelo Gama, 41 - Porto Alegre/RS - CEP 90540-040 - Fone: (51) 3342-7766 - Fax: (51) 3342-7642 - E-mail: eptpoa@ept.com.br

[illegible]

Avenida São José, 450 - Ayrosa - Osasco/SP - CEP 06283-120 - PABX: (11) 3879-9449 - Fax: (11) 3687- 6549 - E-mail: ept@ept.com.br
Rua Marcelo Gama, 41 - Porto Alegre/RS - CEP 90540-040 - Fone: (51) 3342-7766 - Fax: (51) 3342-7642 - E-mail: eptpoa@ept.com.br



EPT - ENSEMINHOS E PESQUISAS TECNOLÓGICAS S.A.
Avenida São José, 450 - Ayrosa - Osasco/SP - CEP 06283-120 - PABX: (11) 3879-9449 - Fax: (11) 3687- 6549 - E-mail: ept@ept.com.br
Rua Marcelo Gama, 41 - Porto Alegre/RS - CEP 90540-040 - Fone: (51) 3342-7766 - Fax: (51) 3342-7642 - E-mail: eptpoa@ept.com.br



RELATÓRIO DE ENSAIO
SONDAGEM ROTATIVA
Reconhecimento e amostragem para fins de
caracterização de ocorrência de rochas
NBR 6490/1985

CONTRATANTE

OBRA

LOCAL

Teresina/PI

SONDAGEM

SM.01

DATA DE INÍCIO 21/05/2010
TÉRMINO 22/05/2010

COTA

140,324

FOLHA N.º 1 / 1

AFASTAMENTO

ESTACA

ESCALA 1 : 100

TRAB. N.º

RE N.º

COORD. N

9.438.248,609

INCLINAÇÃO

Vertical

E

752.547,709

COTA (m)	PERFIL GEOLÓGICO	ESTRATIGRAFIA GEOLÓGICA	PROFUNDIDADE (m)	DESCRIÇÃO DO MATERIAL	RESISTÊNCIA A PENETRAÇÃO			INCL. DA FURATURA	RU. GOSL. DADE	COEF. DE REND. ALT. RACIA	GRAU DE DEGRADAÇÃO	FRATURAS POR TRECHO HOMOGÊNEO (fraturas/m)	DIÂM. DE FURAMENTO	PRENCHIMENTO	ÍNDICE DE QUALIDADE DA ROCHA I. Q. R. (%)	ENSAIO DE PERDA D'ÁGUA		N. A. (m)
					AMOSTRADOR TIPO TERZAGHI	N.º DE GOLPES / 30 cm.										PRESSÃO EFETIVA (kgf/cm²)	ABSORÇÃO (l/min/m)	
135,32		EL	0,45	Silt arenoso (fina), com pedregulho fino a médio (laterita), com detritos vegetais, cinza escuro		10												2,20
		IL	2,00	Argila pedregulhosa (fino a médio - laterita), com areia fina marrom escuro		12												
			3,00	Laterita, roxa, com trechos não recuperados		10												
			4,00			7												
130,32				Argila, marrom claro		14												
		SAR (Argilto)				13												
			12,00	Argila, amarela		25												
			13,00	Argila, com pedregulho fino a médio (laterita), amarela		22												
125,32			15,00			24												
			17,60	Argila, roxa		30/ 15												
			18,10	Argila, com areia média a grossa, com pedregulho fino a médio (silex), amarela		31/ 15												
						30/ 13												
						30/ 11												
						31/ 12												
						30/ 10												
						30/ 10												

MEDIDAS DE NÍVEIS D'ÁGUA		
DATA	PROF. FURO (m)	PROF. REVEST. (m)

Método	Início(m)	Fim(m)
T. Cavadeira	0,00	1,00
T. Espiral	--	--
Lavagem	1,45	18,10
Lavagem por tempo - 10 min.		
Profun. de Início (m) :	--	--
Estagio 1 (cm) :	--	--
Estagio 2 (cm) :	--	--
Estagio 3 (cm) :	--	--

OBS. :
EL=Elúvio - IL=Ilúvio - SAR=Solo de Alteração de Rocha

NOTA IMPORTANTE :
Os resultados deste ensaio têm
significação restrita e se aplicam tão
somente à(s) amostra(s) ensaiada(s).

A reprodução deste documento dependerá de autorização prévia por escrito, não sendo permitida sua reprodução parcial.

EPT-ENGENHARIA E PESQUISA TECNOLÓGICAS S.A.
Avenida São José, 450 - Ayrosa - Osasco/SP - CEP 06283-120 - PABX: (11) 3879- 9449 - Fax: (11) 3687- 6549 - E-mail: ept@ept.com.br
Rua Marcelo Gama, 41 - Porto Alegre/RS - CEP 90540-040 - Fone: (51) 3342-7766 - Fax: (51) 3342-7642 - E-mail: eptpoa@aol.com.br

São Paulo, 6 de julho de 2010



**RELATÓRIO DE ENSAIO
SONDAGEM ROTATIVA**
Reconhecimento e amostragem para fins de
caracterização de ocorrência de rochas

NBR 6490/1985

CONTRATANTE

OBRA

LOCAL

SONDAGEM

Teresina/PI

SM.02

COTA

138,108

AFASTAMENTO

1 : 100

ESTACA

Vertical

COORD. N

9.438.268,369

E

752.152,289

DATA DE INÍCIO 25/05/2010

TÉRMINO 25/05/2010

FOLHA N.º

1 / 1

ESCALA

1 : 100

INCLINAÇÃO

RE N.º

Vertical

COORD. N

9.438.268,369

E

752.152,289

DATA DE INÍCIO 25/05/2010

TÉRMINO 25/05/2010

COTA (m)	PERFIL GEOLO- GICO	ESTRATO- GEOLOGIA GEOLOGIA	PROFUN- DIDADE (m)	DESCRIÇÃO DO MATERIAL	RESISTÊNCIA A PENETRAÇÃO				INCL- USÃO DA FRA- TURA	RU- BRICA GOS- TOS DA DE- TER- MINA- ÇÃO	COE- FICIENTE REN- DIA	GRAU DE ALTE- RAÇÃO	FRATURAS POR TRECHO HOMOGÊNEO (fraturas/m)	GRAU DE FRA- TURA- MENTO	DIAM. PER- FURA- ÇÃO	PREEN- CHIMENTO	ÍNDICE DE QUALIDADE DA ROCHA I. Q. R. (%)	ENSAIO DE PERDA D'ÁGUA		N. A. (m)												
					AMOSTRADOR TIPO TERZAGHI													PERDA ESP. mm/m kg/cm²	ABSORÇÃO (mm/m)													
40	30	20	10																													
135,11		EL	0,45	Silt arenoso (fina), com pedregulho fino a médio (laterita), com detritos vegetais, cinza escuro	9					C2	A3	> 20	F5	NWG	D4	0%				2,10												
			2,00	Argila pouco arenosa (fina), com pedregulho fino a médio (laterita), marrom escuro	10																											
			2,50	Laterita, roxa, com trechos não recuperados	12																											
			3,00	Amostra não recuperada	10																											
			4,00	Areia média a grossa argilosa, com pedregulho fino a médio (laterita), marrom																												
		SAR	5,45	Argila pouco arenosa (fina a média), com pedregulho fino a médio (laterita), marrom																												

MEDIDAS DE NÍVEIS D'ÁGUA		
DATA	PROF. FURO (m)	PROF. REVEST. (m)

Método	Início(m)	Fim(m)
T. Cavadeira	0,00	1,00
T. Espiral	--	--
Lavagem	1,45	5,45
Lavagem por tempo - 10 min.		
Profun. de Início (m) :	--	--
Estágio 1 (cm) :	--	--
Estágio 2 (cm) :	--	--
Estágio 3 (cm) :	--	--

OBS.:
EL=Elúvio - IL=Ilúvio - SAR=Solo de Alteração de Rocha

NOTA IMPORTANTE :
Os resultados deste ensaio têm
significação restrita e se aplicam tão
somente à(s) amostra(s) ensaiada(s).

A reprodução deste documento dependerá de autorização prévia por escrito, não sendo permitida sua reprodução parcial.

EPT-ENGENHARIA E PESQUISA TECNOLÓGICAS S.A.
Avenida São José, 450 - Ayrosa - Osasco/SP - CEP 06283-120 - PABX: (11) 3879- 9449 - Fax: (11) 3687- 6549 - E-mail: ept@ept.com.br
Rua Marcelo Gama, 41 - Porto Alegre/RS - CEP 90540-040 - Fone: (51) 3342-7766 - Fax: (51) 3342-7642 - E-mail: eptpoa@aol.com.br

São Paulo, 6 de julho de 2010



RELATÓRIO DE ENSAIO
SONDAGEM ROTATIVA
Reconhecimento e amostragem para fins de
caracterização de ocorrência de rochas

NBR 6490/1985

CONTRATANTE

OBRA

LOCAL

SONDAGEM

Teresina/PI

SM.03

DATA DE INÍCIO 26/05/2010

TÉRMINO 26/05/2010

COORD. N 9.438.932,973

E 752.564,214

INCLINAÇÃO Vertical

COTA

137,013

FOLHA N.º 1 / 1

AFASTAMENTO

ESCALA 1 : 100

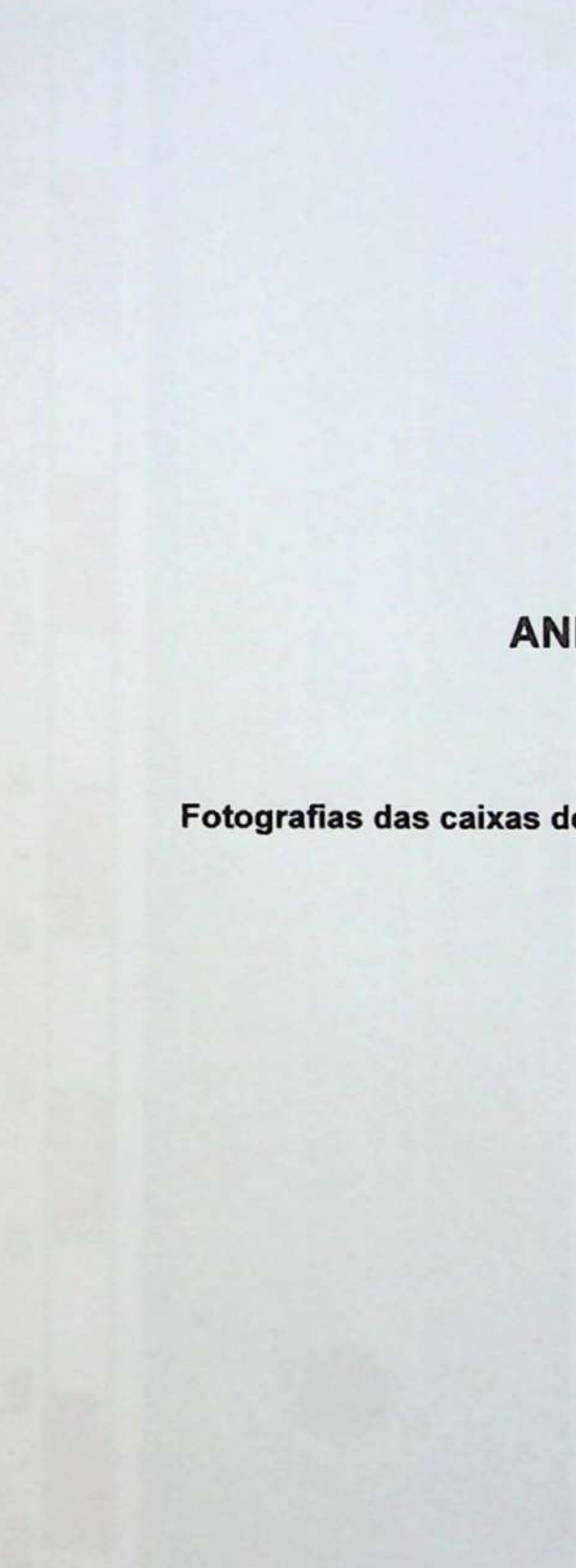
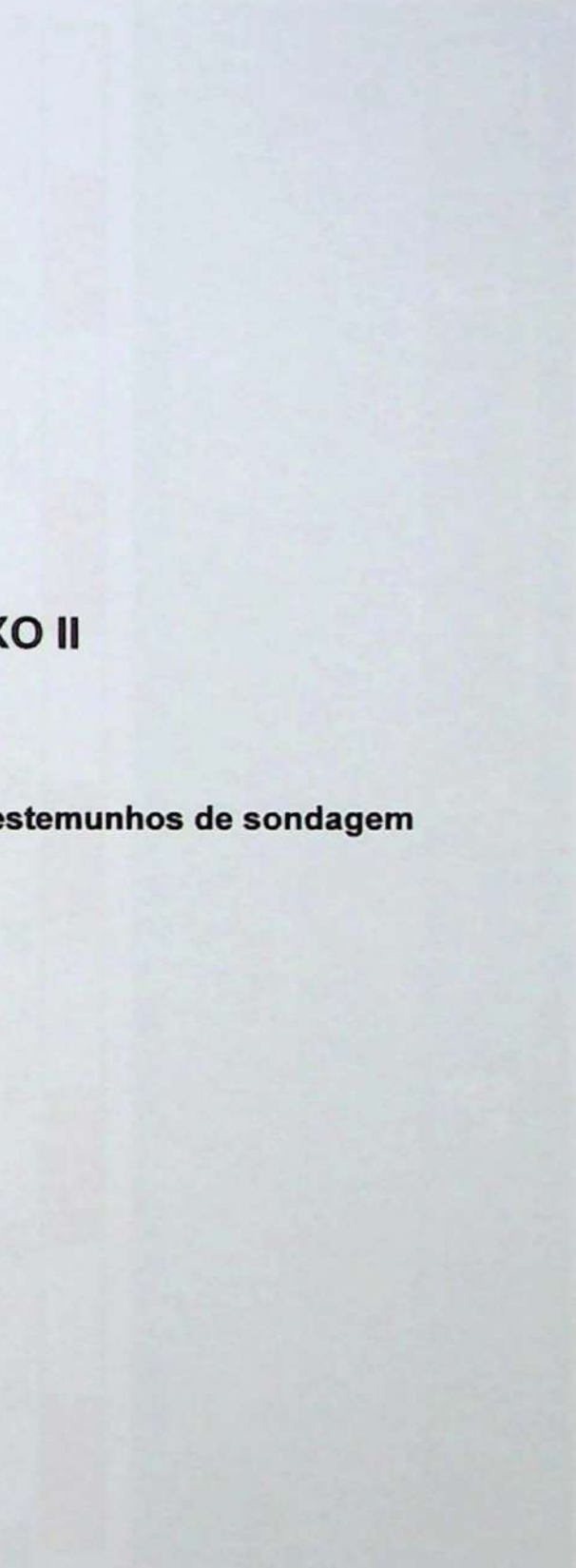
ESTACA

TRAB. N.º

RE N.º

COTA (m)	PERFIL GEOLÓGICO	ESTRATIGRAFIA GEOLÓGICA	PROFUNDIDADE (m)	DESCRIÇÃO DO MATERIAL	RESISTÊNCIA A PENETRAÇÃO					INCL. DA FURATURA	RUGOSIDADE	COEFICIENTE DE ATRITO	GRAU DE ALTERAÇÃO	FRATURAS POR TRECHO HOMOGÊNEO (fraturas/m)	GRAU DE FURAMENTO	DIÂMETRO PERFORAÇÃO	PREENCHIMENTO	ÍNDICE DE QUALIDADE DA ROCHA I. Q. R. (%)	ENSAIO DE PERDA D'ÁGUA		N. A. (m)
					AMOSTRADOR TIPO TERZAGHI														PERDA D'ÁGUA ESP. (mm/m)	ABSORÇÃO (mm/m)	
					N.º DE GOLPES / 30 cm.																
					40	30	20	10													
135.01		EL	0.45	Areia fina silteosa, com detritos vegetais, cinza escuro																	
			2.00	Argila arenosa (fina), marrom																	
			3.00	Laterita, roxa, com trechos não recuperados																	
			3.50	Amostra não recuperada																	
			4.00	Argila pouco arenosa (fina), com pedregulho fino a médio (laterita), marrom																	
		SAR	5.45																		

FOTOGRAFIAS DAS CAIXAS DE TESTEMUNHOS

LOCAL	CÁMERA
	

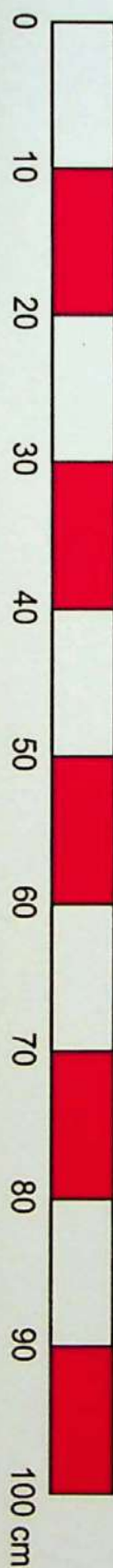
ANEXO II

Fotografias das caixas de testemunhos de sondagem

FOTOGRAFIAS DAS CAIXAS DE TESTEMUNHOS

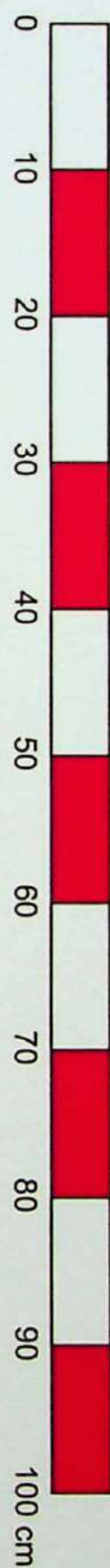
SOND. N°

SM.01



SOND. N°

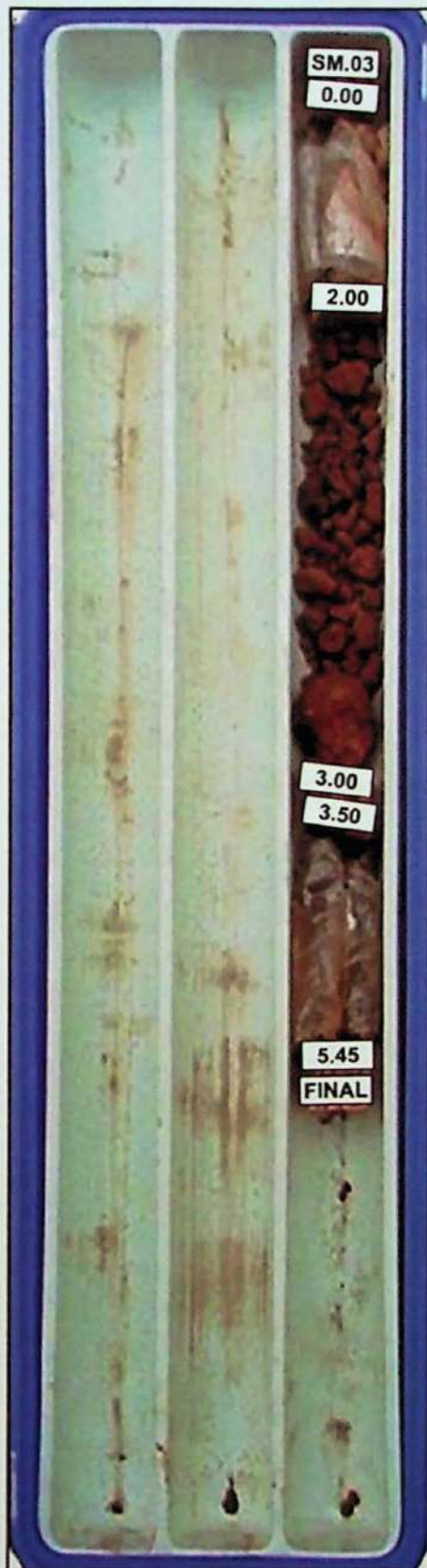
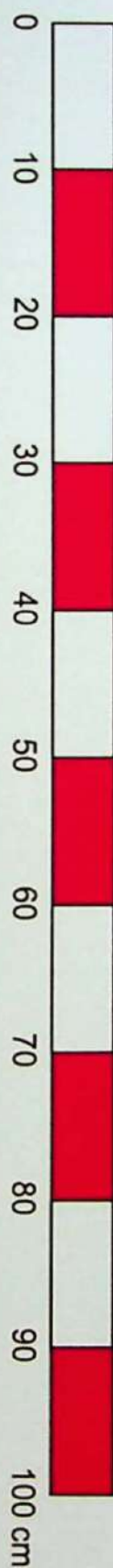
SM.02



FOTOGRAFIAS DAS CAIXAS DE TESTEMUNHOS

SOND. Nº

SM.03



SOND. Nº

SM.04



ANEXO III

Resultados dos ensaios geotécnicos

RESUMO DOS RESULTADOS DOS ENSAIOS

CLIENTE: EPT - ENGENHARIA E PESQ. TECNOLÓGICAS S.A

OBRA:

SS

FOLHA

REV.

Amostra:

Prof.:

DATA:

06/05/2010

Material:

0

FURO				ST-06	ST-10	ST-13	ST-15		
MATERIAL				Areia Siltosa	Areia Siltosa	Areia Siltosa	Areia Silte		
				c/Pedreg.	c/Pedreg.	c/Pedreg.	Argilosa		
AMOSTRA				01	01	01	01		
KM									
PROFUNDIDADE				0,00 a	0,00 a	0,00 a	0,00 a		
				1,30 m	1,40 m	1,00 m	1,60 m		
G		POLEGADA	MM						
R		3"	76,2						
A	P	2' 1/2	63,5						
N	E	2"	50,8						
U	N	1" 1/2	38,1	100,00	100,00	100,00	100,00		
L	E	1"	25,4	97,84	92,73	91,14	100,00		
O	I	3/4"	19,1	94,02	90,50	87,37	100,00		
M	R	1/2"	12,7						
E	A	3/8"	9,5	74,78	76,65	66,49	100,00		
T	S	4	4,8	58,06	56,46	55,02	99,89		
R		10	2,0	52,38	50,69	49,69	87,81		
I		16	1,2				96,38		
A		30	0,6				95,24		
		40	0,42	47,23	47,36	46,59	94,10		
		80	0,18				74,40		
		200	0,074	25,35	27,03	27,25	42,15		
		LL		NL	NL	NL	20,36		
ENSAIOS		LP		NP	NP	NP	10,58		
FÍSICOS		IP					9,79		
		LC							
I. S. C.				16	11	12	6		
EXPANSÃO				0,13	0,05	0,10	0,14		
EQUIVALENTE DE AREIA									
PROCTOR	DENSIDADE MÁXIMA APARENTE			2,020	2,010	1,995	1,940		
NORMAL	UMIDADE ÓTIMA			9,2	10,9	8,1	9,5		
PROCTOR	DENSIDADE MÁXIMA APARENTE								
INTERMEDIÁRIO	UMIDADE ÓTIMA								
PROCTOR	DENSIDADE MÁXIMA APARENTE								
MODIFICADO	UMIDADE ÓTIMA								
ÍNDICE DE GRUPO				0	0	0	0		
CLASSIFICAÇÃO H.R.B				A-2-4	A-2-4	A-2-4	A-4		
UMIDADE NATURAL				5,7	5,0	6,6	4,8		
MASSA ESPECÍFICA REAL DOS GRÃOS									
Observações:									

ANÁLISE GRANULOMÉTRICA POR PENEIRAMENTO

CLIENTE: EPT - ENGENHARIA E PESQ. TECNOLÓGICAS S.A

N.º GEOCRET:

SS

FOLHA

REVISÃO

OBRA:

AMOSTRA: 01 ST - 06

PROFUND.: 0,00 a 1,30 m DATA: 29.04.2010

MATERIAL: Areia Silteosa com Pedregulho

0

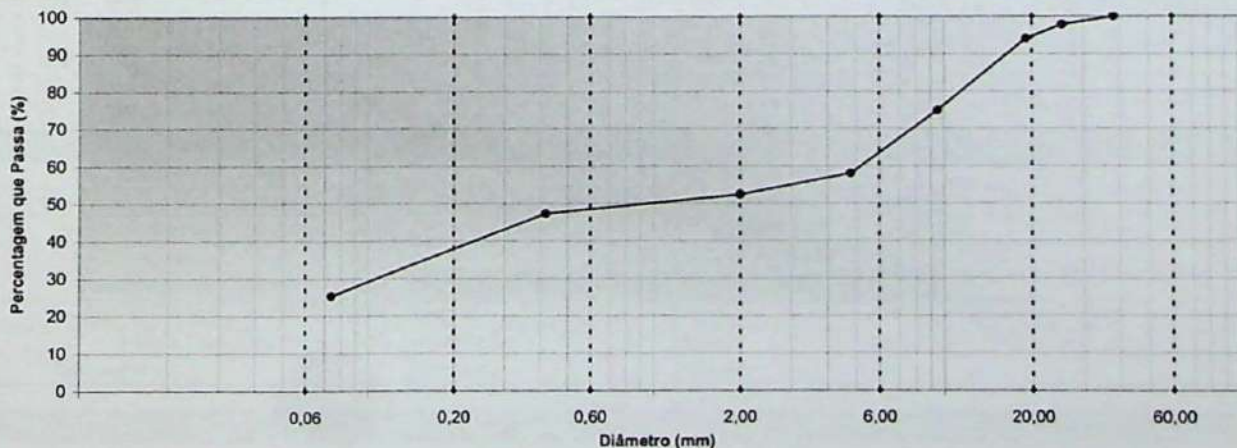
ANÁLISE GRANULOMÉTRICA POR PENEIRAMENTO

NBR 7181/1984

UMIDADE HIGROSCÓPICA			DADOS DA AMOSTRA		TOTAL	PARCIAL	PORCENTAGEM DAS FRAÇÕES	
Cápsula N.º	42	43	Peso da Bacia (g):				52,38 %  MIÚDO 47,62 %  GRAÚDO	
Peso Bruto Úmido (g):	148,00	146,80	Peso Bruto Úmido (g):		2000,00	100,00		
Peso Bruto Seco (g):	147,36	146,12	Peso Úmido (g):		2000,00	100,00		
Tara da Cápsula (g):	83,33	82,83	Peso Retido Acum. na #10 (g):		947,20			
Peso da Água (g):	00,64	00,68	Peso Úmido Pass. na #10 (g):		1052,80			
Peso do Solo (g):	64,03	63,29	Fator de correção:		0,9897	0,9897		
Umidade (%):	1,0	1,1	Peso Seco Passante na #10 (g):		1041,99			
Umidade Média (%):	1,0		Peso da Amostra Seca (g):		a = 1989,19	b = 98,97		

AMOSTRA TOTAL		PENEIRAMENTO					
		PENEIRAMENTO GROSSO				CONSTANTES PARA CÁLCULO	
		PENEIRAS		PESO RETIDO PARCIAL	PESO RETIDO ACUMULADO		% QUE PASSA AMOSTRA TOTAL
		POL.	mm	COL. 01	COL. 02		COL. 03
		3"	76,20				
		2" 1/2	63,50				
		2"	50,80				
		1" 1/2	38,10	00,00	00,00		100,00
		1"	25,40	43,00	43,00		97,84
		3/4"	19,10	76,00	119,00		94,02
1/2"	12,70						
3/8"	09,50	382,60	501,60	74,78			
n.º 04	04,80	332,60	834,20	58,06			
n.º 10	02,00	113,00	947,20	c = 52,38			
AMOSTRA PARCIAL		PENEIRAMENTO FINO				OBSERVAÇÕES	
		PENEIRAS		PESO RETIDO PARCIAL	PESO RETIDO ACUMULADO		% QUE PASSA AMOSTRA PARCIAL
		POL.	mm	COL. 04	COL. 05		COL. 06
		n.º 40	00,42	09,70	09,70		47,23
		n.º 80	00,18				
		n.º 200	0,074	41,35	51,05		25,35

CURVA GRANULOMÉTRICA



SILTE	FINA	MÉDIA	GROSSA	FINO	MÉDIO	GROSSO	PEDRA DE NÃO
	AREIA			PEDREGULHO			

COMPACTAÇÃO E ÍNDICE DE SUPORTE CALIFÓRNIA

ENGENHARIA E TECNOLOGIA LTDA		N.º GEOCRET:		SS	FOLHA	REVISÃO
CLIENTE: EPT - ENGENHARIA E PESQ. TECNOLÓGICAS S.A						
OBRA:		AMOSTRA: 01 ST - 06 PROFUND.: 0,00 a 1,30 m DATA: 29.04.2010 MATERIAL: Areia Silteosa com Pedregulho				0

COMPACTAÇÃO E ÍNDICE DE SUPORTE CALIFÓRNIA																		
ENSAIO DE COMPACTAÇÃO																		
		Molde n.º: 120			Molde n.º: 126			Molde n.º: 129			Molde n.º: 136			Molde n.º: 138				
Solo úmido + molde (g):		9045			9360			9650			9495			9485				
Peso do molde (g):		5045			5045			5055			5000			5075				
Solo úmido (g):		4000			4315			4595			4495			4410				
Água adicionada (ml):		270			410			550			690			830				
Volume do molde (cm³):		2118			2104			2086			2099			2104				
Massa espec. do solo úmido (g/cm³):		1,889			2,051			2,203			2,141			2,096				
Massa espec. do solo seco (g/cm³):		1,801			1,915			2,018			1,905			1,830				
Cápsula n.º:		11	12		13	14		15	16		17	18		19	20			
Solo úmido + cápsula (g):		105,13	90,22		89,47	85,58		85,65	84,85		97,30	96,10		102,10	100,30			
Solo seco + cápsula (g):		101,10	86,63		84,08	81,00		79,52	78,86		88,11	86,84		91,58	89,50			
Peso da cápsula (g):		19,46	12,30		12,36	12,64		13,66	12,33		12,87	13,41		19,54	14,55			
Peso de água (g):		04,03	03,59		05,39	04,58		06,13	05,99		09,19	09,26		10,52	10,80			
Peso de solo seco (g):		81,64	74,33		71,72	68,36		65,86	66,53		75,24	73,43		72,04	74,95			
Umidade (%):		4,9	4,8		7,5	6,7		9,3	9,0		12,2	12,6		14,6	14,4			
Média (%):		4,9			7,1			9,2			12,4			14,5				
ENSAIO DE ÍNDICE DE SUPORTE CALIFÓRNIA													Constante do anel: 0,118					
DATA	HORA	Molde n.º: 120			Molde n.º: 126			Molde n.º: 129			Molde n.º: 136			Molde n.º: 138				
		Altura (mm): 116,0			Altura (mm): 113,0			Altura (mm): 112,0			Altura (mm): 112,0			Altura (mm): 113,0				
		Leitura (mm)	Difer. (mm)	Exp. (%)	Leitura (mm)	Difer. (mm)	Exp. (%)	Leitura (mm)	Difer. (mm)	Exp. (%)	Leitura (mm)	Difer. (mm)	Exp. (%)	Leitura (mm)	Difer. (mm)	Exp. (%)		
29/04/2010	14:30	01,00	-		01,00	-		01,00	-		01,00	-		01,00	-			
30/04/2010	14:30	01,25	00,25		01,10	00,10		01,08	00,08		01,05	00,05		01,01	00,01			
01/05/2010	14:30	01,26	00,26		01,12	00,12		01,10	00,10		01,06	00,06		01,02	00,02			
02/05/2010	14:30	01,27	00,27		01,17	00,17		01,12	00,12		01,06	00,06		01,02	00,02			
03/05/2010	14:30	01,30	00,30	00,26	01,20	00,20	00,18	01,14	00,14	00,13	01,07	00,07	00,06	01,02	00,02			
Tempo (min)	Penetração		Pressão Padrão (kg/cm²)	Molde n.º: 120			Molde n.º: 126			Molde n.º: 129			Molde n.º: 136			Molde n.º: 138		
	mm	Pol.		Leitura (mm)	Pressão Calcul.	ISC (%)	Leitura (mm)	Pressão Calcul.	ISC (%)	Leitura (mm)	Pressão Calcul.	ISC (%)	Leitura (mm)	Pressão Calcul.	ISC (%)	Leitura (mm)	Pressão Calcul.	ISC (%)
0,5	0,63	0,025		09	1,1		20	2,4		25	3,0		18	2,1		03	0,4	
01	1,27	0,05		10	1,2		28	3,3		43	5,1		26	3,1		05	0,6	
1,5	1,9	0,075		12	1,4		33	3,9		60	7,1		31	3,7		07	0,8	
02	2,54	0,1	70	15	1,8	03	35	4,1	06	76	9,0	13	37	4,4	06	09	1,1	02
03	3,81	0,15		18	2,1		37	4,4		110	13,0		42	5,0		11	1,3	
04	5,08	0,2	105	24	2,8	03	40	4,7	04	143	16,9	16	50	5,9	06	15	1,8	02
06	7,62	0,3	132	30	3,5		49	5,8		205	24,2		61	7,2		22	2,6	
08	10,16	0,4	161															
10	12,7	0,5	182															
UMIDADE HIGROSCÓPICA PARA COMPACTAÇÃO				RESUMO								OBSERVAÇÕES						
Cápsula N.º:		127	130	Umidade ótima (%): 9,2														
Peso Bruto Úmido (g):		98,19	99,95	Massa específica aparente seca máxima (g/cm³): 2,020														
Peso Bruto Seco (g):		97,59	99,30	Expansão (%): 0,13														
Tara da Cápsula (g):		13,50	13,49	Índice de suporte Califórnia (%): 16														
Peso da Água (g):		00,60	00,65	CARACTERÍSTICAS DO ENSAIO DE COMPACTAÇÃO														
Peso do Solo (g):		84,09	85,81	Normal	X			Golpes			12							
Umidade (%):		0,7	0,8	Intermediário				Soquete			4,5 kg							
Umidade Média (%):		0,7		Modificado				Camadas			05							

VISTO

GEOCRET ENGENHARIA E TECNOLOGIA LTDA.

CLIENTE: EPT - ENGENHARIA E PESQ. TECNOLÓGICAS S.A

OBRA:

N.º GEOCRET:

93

FOLHA

REVISÃO

AMOSTRA: 01 ST - 06

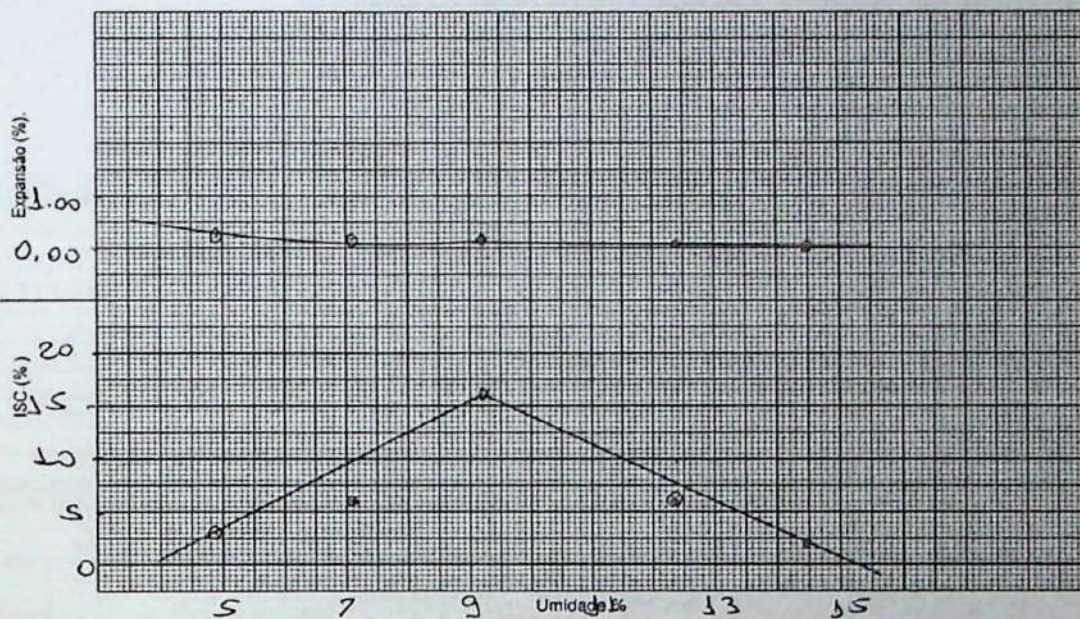
PROFUND: 0,00 a 130 m

DATA: 29.04.2010

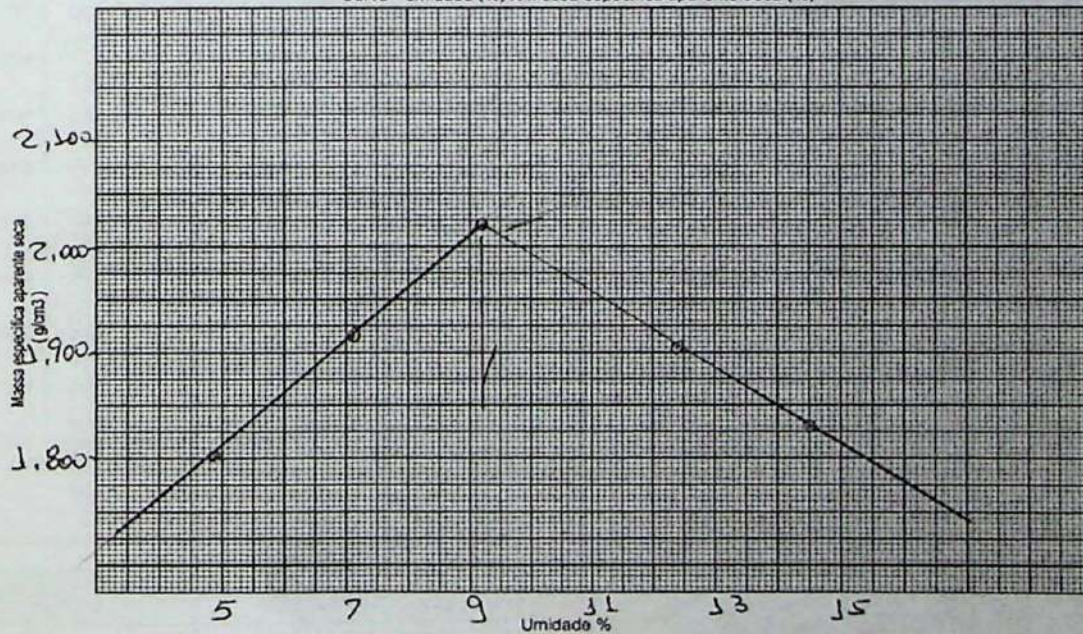
MATERIAL: Areia Silteosa com Pedregulho

0

Curva - umidade (%) X ISC (%)

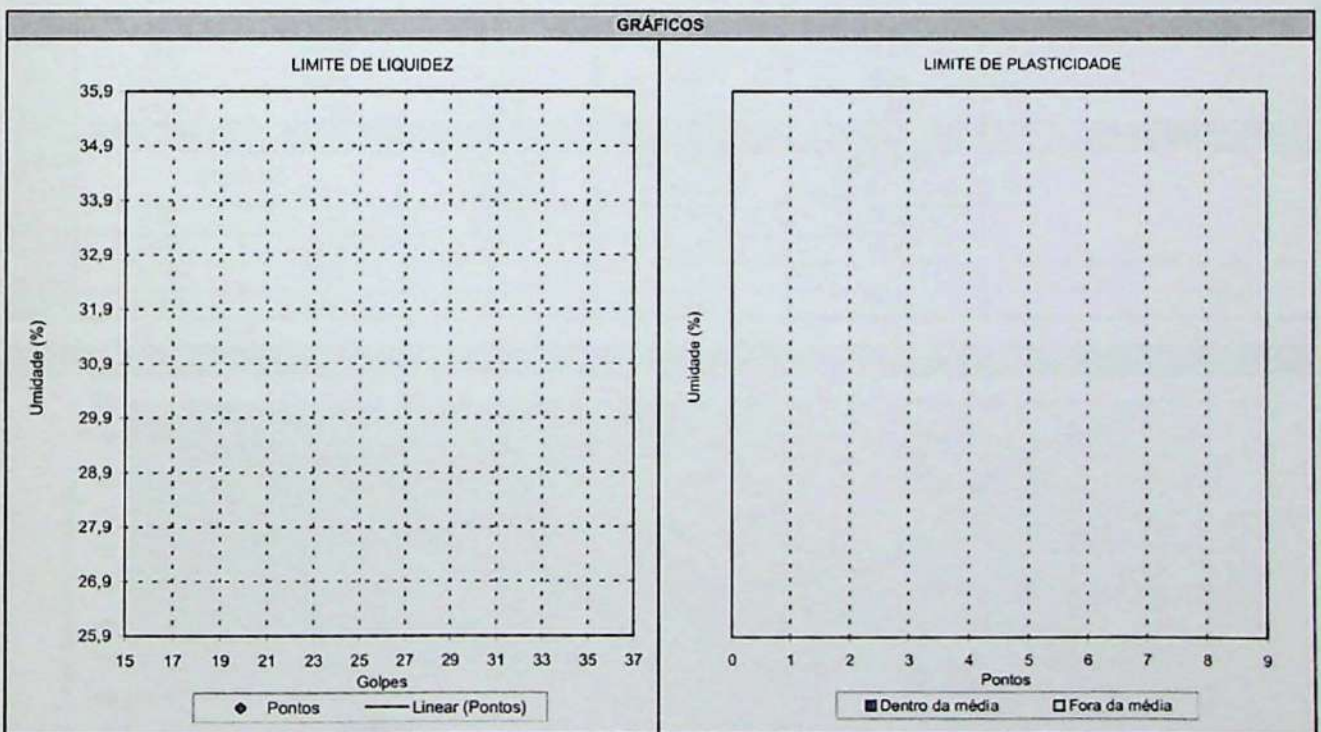


Curva - umidade (%) X Massa específica aparente seca (%)



 ENGENHARIA E TECNOLOGIA LTDA		LIMITES DE CONSISTÊNCIA			
CLIENTE: EPT - ENGENHARIA E PESQ. TECNOLÓGICAS S.A. OBRA:		N.º GEOCRET:	SS	FOLHA	REVISÃO
		AMOSTRA: 01 ST - 06 PROFUND.: 0,00 a 1,30 m DATA: 29.04.2010 MATERIAL: Areia Siltsosa com Pedregulho			0

LIMITES DE CONSISTÊNCIA							
LIMITE DE LIQUIDEZ							
Nº da Cápsula:							
Nº de Golpes:							
Solo + Água + Tara (g):							
Solo + Tara (g):							
Tara (g):	NL	NL	NL	NL	NL	NL	NL
Água (g):							
Solo (g):							
Umidade (%):							
Eliminados (X):							
LIMITE DE PLASTICIDADE							
PONTO:							
Nº da Cápsula:							
Solo + Água + Tara (g):							
Solo + Tara (g):							
Tara (g):	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP
Água (g):							
Solo (g):							
Umidade (%):							
Eliminados (X):							



GRANULOMETRIA (% PASSANTE)			QUADRO DE RESULTADOS		VISTO
			Limite de liquidez (%):	NL	
			Limite de plasticidade (%):	NP	
			IP (%):	-	
			Índice de grupo:	00	
PENEIRA		%	HRB:	A-2-4	GEOCRET ENGENHARIA E TECNOLOGIA LTDA.
# 10	2,00 mm	52,38			
# 40	0,42 mm	47,23			
# 200	0,075 mm	25,35			

ANÁLISE GRANULOMÉTRICA POR PENEIRAMENTO

CLIENTE: EPT - ENGENHARIA E PESQ. TECNOLÓGICAS S.A

OBRA:

N.º GEOCRET:

SS

FOLHA

REVISÃO

AMOSTRA: 01 ST - 10

PROFUND.: 0,00 a 1,40 m DATA: 29.04.2010

MATERIAL: Areia Siltsosa com Pedregulho

0

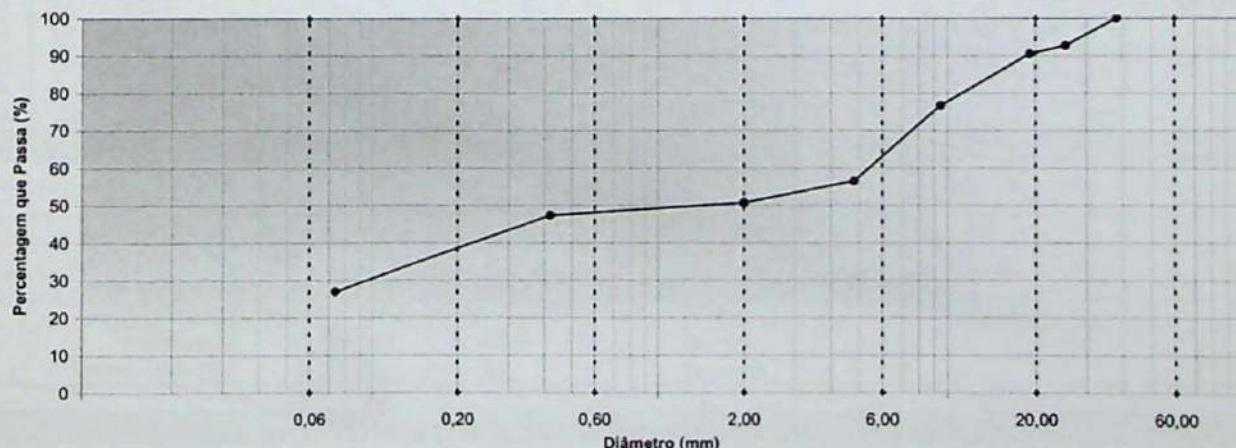
ANÁLISE GRANULOMÉTRICA POR PENEIRAMENTO

NBR 7181/1984

UMIDADE HIGROSCÓPICA			DADOS DA AMOSTRA		TOTAL	PARCIAL	PORCENTAGEM DAS FRAÇÕES	
Cápsula N.º:	07	08	Peso da Bacia (g):				50,69 %  MIÚDO 49,31 %  GRAÚDO	
Peso Bruto Úmido (g):	138,14	134,15	Peso Bruto Úmido (g):		2000,00	100,00		
Peso Bruto Seco (g):	137,00	133,00	Peso Úmido (g):		2000,00	100,00		
Tara da Cápsula (g):	85,83	82,34	Peso Retido Acum. na #10 (g):		975,00			
Peso da Água (g):	01,14	01,15	Peso Úmido Pass. na #10 (g):		1025,00			
Peso do Solo (g):	51,17	50,66	Fator de correção:		0,9780	0,9780		
Umidade (%):	2,2	2,3	Peso Seco Passante na #10 (g):		1002,46			
Umidade Média (%):	2,2		Peso da Amostra Seca (g):		a = 1977,46	b = 97,80		

AMOSTRA TOTAL		PENEIRAMENTO					CONSTANTES PARA CÁLCULO	
		PENEIRAMENTO GROSSO						
		PENEIRAS		PESO RETIDO PARCIAL	PESO RETIDO ACUMULADO	% QUE PASSA AMOSTRA TOTAL		
		POL.	mm	COL. 01	COL. 02	COL. 03		
		3 °	76,20					$K_1 = 100 / a = 0,051$
		2 ° 1/2	63,50					
		2 °	50,80					
		1 ° 1/2	38,10	00,00	00,00	100,00		
		1 °	25,40	143,80	143,80	92,73		$COL. 03 = K_1 \times (a - COL. 02)$
		3/4 °	19,10	44,00	187,80	90,50		
1/2 °	12,70				$COL. 06 = K_2 \times (b - COL. 05)$			
3/8 °	09,50	274,00	461,80	76,65				
n.º 04	04,80	399,20	861,00	56,46				
n.º 10	02,00	114,00	975,00	c = 50,69				
AMOSTRA PARCIAL		PENEIRAMENTO FINO				OBSERVAÇÕES		
		PENEIRAS		PESO RETIDO PARCIAL	PESO RETIDO ACUMULADO	% QUE PASSA AMOSTRA PARCIAL		
		POL.	mm	COL. 04	COL. 05	COL. 06		
		n.º 40	00,42	06,37	06,37	47,36		
		n.º 80	00,18					
n.º 200	0,074	39,25	45,62	27,03				

CURVA GRANULOMÉTRICA



SILTE	FINA	MÉDIA	GROSSA	FINO	MÉDIO	GROSSO	PEDRA DE MÃO
	AREIA			PEDREGULHO			

COMPACTAÇÃO E ÍNDICE DE SUPORTE CALIFÓRNIA

CLIENTE: EPT - ENGENHARIA E PESQ. TECNOLÓGICAS S.A

N.º GEOCRET:

SS

FOLHA

REVISÃO

OBRA:

AMOSTRA: 01 ST - 10

PROFUND.: 0,00 a 1,40 m DATA: 29.04.2010

MATERIAL: Areia Silteosa com Pedregulho

0

COMPACTAÇÃO E ÍNDICE DE SUPORTE CALIFÓRNIA**ENSAIO DE COMPACTAÇÃO**

	Molde n.º: 96		Molde n.º: 108		Molde n.º: 111		Molde n.º: 113		Molde n.º: 115	
Solo úmido + molde (g):	9675		8750		9630		9745		9515	
Peso do molde (g):	5515		4320		5030		5045		5085	
Solo úmido (g):	4160		4430		4600		4700		4430	
Água adicionada (ml):	130		270		410		550		690	
Volume do molde (cm³):	2063		2100		2072		2142		2050	
Massa espec. do solo úmido (g/cm³):	2,016		2,110		2,220		2,194		2,161	
Massa espec. do solo seco (g/cm³):	1,914		1,954		1,997		1,933		1,869	
Cápsula n.º:	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
Solo úmido + cápsula (g):	96,49	101,24	91,56	86,40	86,75	79,02	102,83	110,56	97,35	94,30
Solo seco + cápsula (g):	92,30	96,75	85,90	81,00	79,24	72,65	92,10	99,50	86,02	83,28
Peso da cápsula (g):	14,14	13,51	14,00	13,48	13,49	14,30	13,33	16,78	14,33	12,19
Peso de água (g):	04,19	04,49	05,66	05,40	07,51	06,37	10,73	11,06	11,33	11,02
Peso de solo seco (g):	78,16	83,24	71,90	67,52	65,75	58,35	78,77	82,72	71,69	71,09
Umidade (%):	5,4	5,4	7,9	8,0	11,4	10,9	13,6	13,4	15,8	15,5
Média (%):	5,4		7,9		11,2		13,5		15,7	

ENSAIO DE ÍNDICE DE SUPORTE CALIFÓRNIA

Constante do anel: 0,118

DATA	HORA	Molde n.º: 96			Molde n.º: 108			Molde n.º: 111			Molde n.º: 113			Molde n.º: 115		
		Altura (mm): 113,0			Altura (mm): 115,0			Altura (mm): 111,0			Altura (mm): 115,0			Altura (mm): 113,0		
		Leitura (mm)	Difer. (mm)	Exp. (%)	Leitura (mm)	Difer. (mm)	Exp. (%)	Leitura (mm)	Difer. (mm)	Exp. (%)	Leitura (mm)	Difer. (mm)	Exp. (%)	Leitura (mm)	Difer. (mm)	Exp. (%)
29/04/2010	11:05	01,00	-		01,00	-		01,00	-		01,00	-		01,00	-	
30/04/2010	11:05	01,08	00,08		01,06	00,06		01,03	00,03		01,00	00,00		01,00	00,00	
01/05/2010	11:05	01,10	00,10		01,07	00,07		01,04	00,04		01,00	00,00		01,00	00,00	
02/05/2010	11:05	01,12	00,12		01,10	00,10		01,05	00,05		01,00	00,00		01,00	00,00	
03/05/2010	11:05	01,15	00,15	00,13	01,10	00,10	00,09	01,05	00,05	00,05	01,00	00,00	00,00	01,00	00,00	00,00

Tempo (min)	Penetração (mm Pol.)		Pressão Padrão (kg/cm²)	Molde n.º: 96			Molde n.º: 108			Molde n.º: 111			Molde n.º: 113			Molde n.º: 115		
				Leitura (mm)	Pressão Calcul. (%)	ISC (%)	Leitura (mm)	Pressão Calcul. (%)	ISC (%)	Leitura (mm)	Pressão Calcul. (%)	ISC (%)	Leitura (mm)	Pressão Calcul. (%)	ISC (%)	Leitura (mm)	Pressão Calcul. (%)	ISC (%)
0,5	0,63	0,025		06	0,7		17	2,0		27	3,2		06	0,7		02	0,2	
01	1,27	0,05		08	0,9		30	3,5		39	4,6		12	1,4		04	0,5	
1,5	1,9	0,075		10	1,2		41	4,8		48	5,7		16	1,9		06	0,7	
02	2,54	0,1	70	13	1,5	02	50	5,9	08	56	6,6	09	23	2,7	04	08	0,9	01
03	3,81	0,15		16	1,9		62	7,3		77	9,1		33	3,9		11	1,3	
04	5,08	0,2	105	25	3,0	03	72	8,5	08	101	11,9	11	48	5,7	05	15	1,8	02
06	7,62	0,3	132	31	3,7		91	10,7		154	18,2		56	6,6		20	2,4	
08	10,16	0,4	161															
10	12,7	0,5	182															

UMIDADE HIGROSCÓPICA PARA COMPACTAÇÃO**RESUMO****OBSERVAÇÕES**

Cápsula N.º:	162	164	Umidade ótima (%): 10,9	
Peso Bruto Úmido (g):	97,17	98,23	Massa específica aparente seca máxima (g/cm³): 2,010	
Peso Bruto Seco (g):	95,38	96,42	Expansão (%): 0,05	
Tara da Cápsula (g):	13,07	13,42	Índice de suporte Califórnia (%): 11	
Peso da Água (g):	01,79	01,81	CARACTERÍSTICAS DO ENSAIO DE COMPACTAÇÃO	
Peso do Solo (g):	82,31	83,00	Normal	X Golpes 12
Umidade (%):	2,2	2,2	Intermediário	Soquete 4,5 kg
Umidade Média (%):	2,2		Modificado	Camadas 05

VISTO

GEOCRET ENGENHARIA E TECNOLOGIA LTDA

CLIENTE: EPT - ENGENHARIA E PESQ. TECNOLÓGICAS S.A

N.º GEOCRET:

98

FOLHA

REVISÃO

OBRA:

AMOSTRA: 01 ST - D

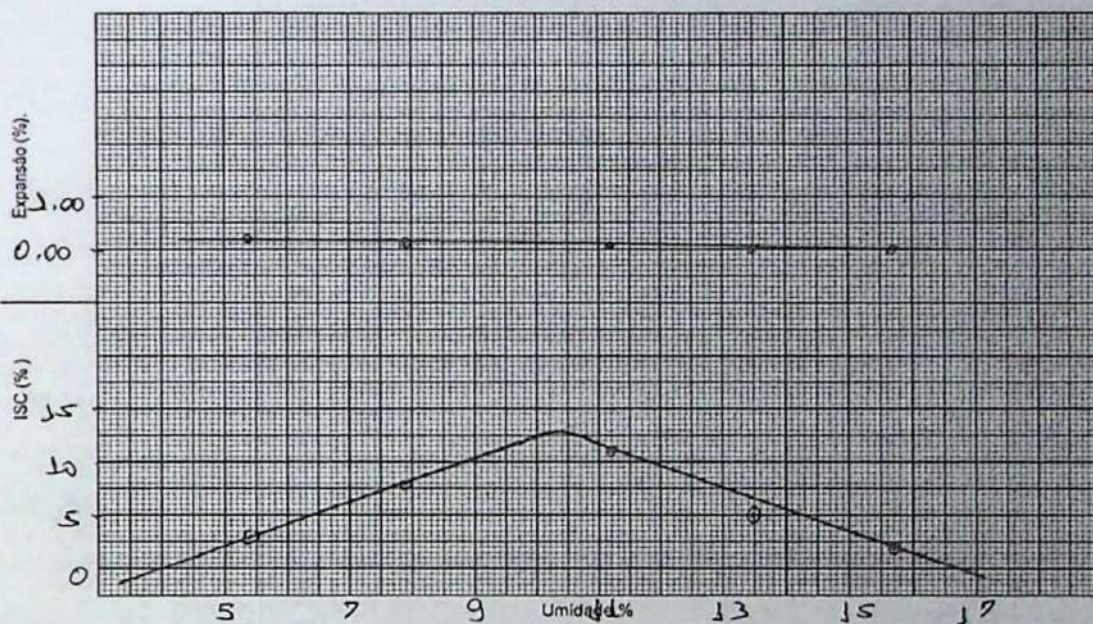
PROFUND: 0.00 a 140 m

DATA: 29.04.2010

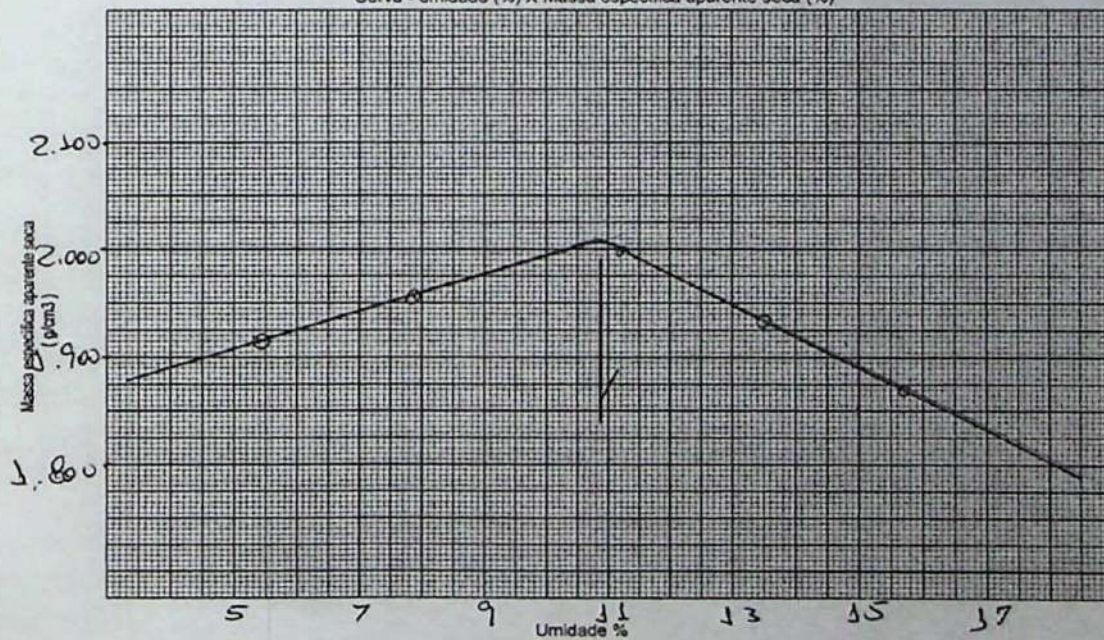
0

MATERIAL: Areia Silteosa com Pedregulho

Curva - umidade (%) X ISC (%)



Curva - umidade (%) X Massa específica aparente seca (%)



LIMITES DE CONSISTÊNCIA

CLIENTE: EPT - ENGENHARIA E PESQ. TECNOLÓGICAS S.A

N.º GEOCRET:

SS

FOLHA

REVISÃO

OBRA:

AMOSTRA: 01 ST - 10

PROFUND.: 0,00 a 1,40 m DATA: 29.04.2010

MATERIAL: Areia Siltosa com Pedregulho

0

LIMITES DE CONSISTÊNCIA

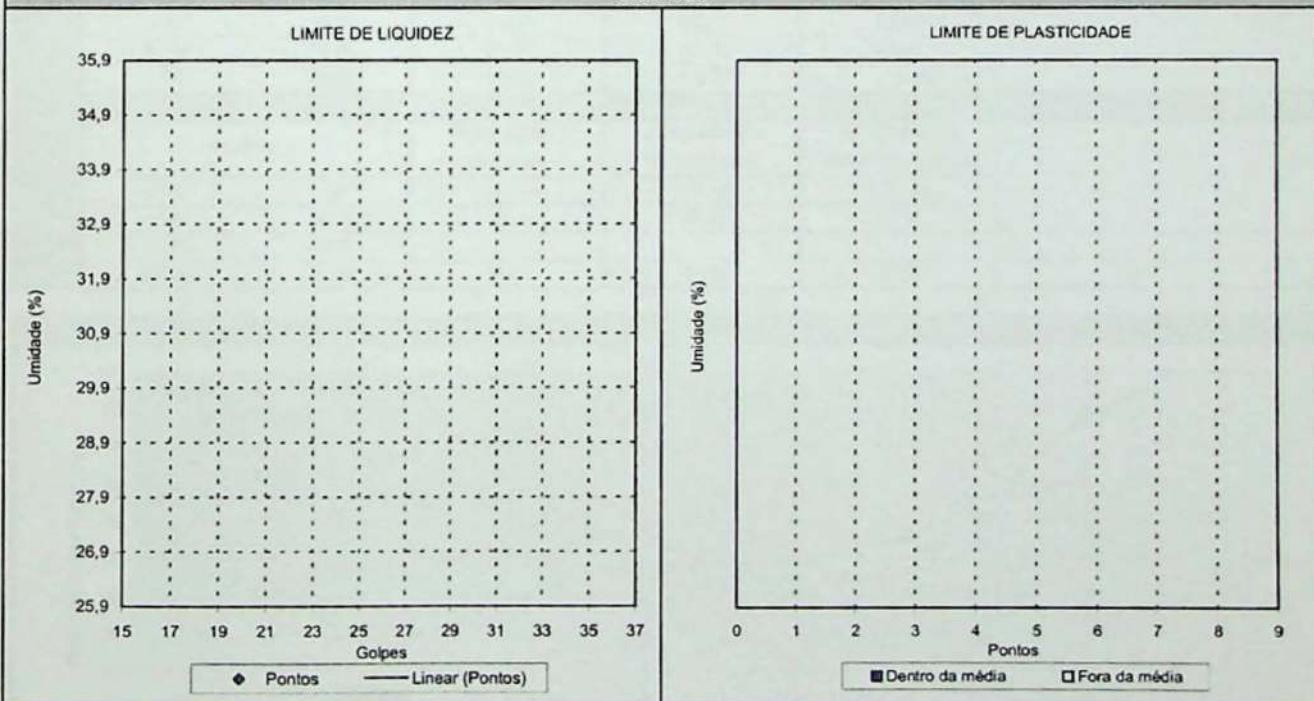
LIMITE DE LIQUIDEZ

Nº da Cápsula:							
Nº de Golpes:							
Solo + Água + Tara (g):							
Solo + Tara (g):							
Tara (g):	NL	NL	NL	NL	NL	NL	NL
Água (g):							
Solo (g):							
Umidade (%):							
Eliminados (X):							

LIMITE DE PLASTICIDADE

PONTO:							
Nº da Cápsula:							
Solo + Água + Tara (g):							
Solo + Tara (g):							
Tara (g):	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP
Água (g):							
Solo (g):							
Umidade (%):							
Eliminados (X):							

GRÁFICOS



GRANULOMETRIA (% PASSANTE)			QUADRO DE RESULTADOS		VISTO
PENEIRA		%	Limite de liquidez (%):	NL	GEOCRET ENGENHARIA E TECNOLOGIA LTDA.
# 10	2,00 mm	50,69	Limite de plasticidade (%):	NP	
# 40	0,42 mm	47,36	IP (%):	-	
# 200	0,075 mm	27,03	Índice de grupo:	00	
			HRB:	A-2-4	

ANÁLISE GRANULOMÉTRICA POR PENEIRAMENTO

CLIENTE: EPT - ENGENHARIA E PESQ. TECNOLÓGICAS S.A

N.º GEOCRET:

SS

FOLHA

REVISÃO

OBRA:

AMOSTRA: 01 ST - 13

PROFUND.: 0,00 a 1,00 m DATA: 29.04.2010

MATERIAL: Areia Siltosa com Pedregulho

0

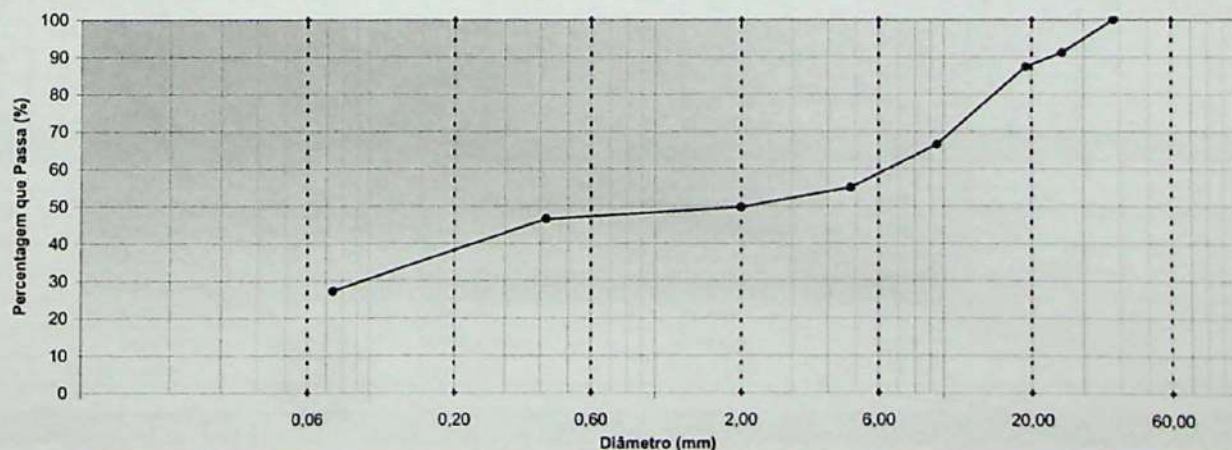
ANÁLISE GRANULOMÉTRICA POR PENEIRAMENTO

NBR 7181/1984

UMIDADE HIGROSCÓPICA			DADOS DA AMOSTRA		TOTAL	PARCIAL	PORCENTAGEM DAS FRAÇÕES	
Cápsula N.º	45	47	Peso da Bacia (g):					
Peso Bruto Úmido (g):	137,11	134,91	Peso Bruto Úmido (g):		2000,00	100,00		
Peso Bruto Seco (g):	135,90	133,80	Peso Úmido (g):		2000,00	100,00		
Tara da Cápsula (g):	84,28	81,24	Peso Retido Acum. na #10 (g):		995,20			
Peso da Água (g):	01,21	01,11	Peso Úmido Pass. na #10 (g):		1004,80			
Peso do Solo (g):	51,62	52,56	Fator de correção:		0,9782	0,9782		
Umidade (%):	2,3	2,1	Peso Seco Passante na #10 (g):		982,90			
Umidade Média (%):	2,2		Peso da Amostra Seca (g):		a = 1978,10	b = 97,82		

AMOSTRA TOTAL		PENEIRAMENTO					CONSTANTES PARA CÁLCULO
		PENEIRAMENTO GROSSO					
		PENEIRAS		PESO RETIDO PARCIAL	PESO RETIDO ACUMULADO	% QUE PASSA AMOSTRA TOTAL	
		POL.	mm	COL. 01	COL. 02	COL. 03	
		3 "	76,20				
		2 " 1/2	63,50				
		2 "	50,80				
		1 " 1/2	38,10	00,00	00,00	100,00	
		1 "	25,40	175,20	175,20	91,14	
		3/4 "	19,10	74,60	249,80	87,37	
		1/2 "	12,70				
		3/8 "	09,50	413,00	662,80	66,49	
		n.º 04	04,80	227,00	889,80	55,02	
		n.º 10	02,00	105,40	995,20	c = 49,69	
AMOSTRA PARCIAL		PENEIRAMENTO FINO				OBSERVAÇÕES	
		PENEIRAS		PESO RETIDO PARCIAL	PESO RETIDO ACUMULADO		% QUE PASSA AMOSTRA PARCIAL
		POL.	mm	COL. 04	COL. 05		COL. 06
		n.º 40	00,42	06,10	06,10		46,59
		n.º 80	00,18				
		n.º 200	0,074	38,08	44,18		27,25

CURVA GRANULOMÉTRICA



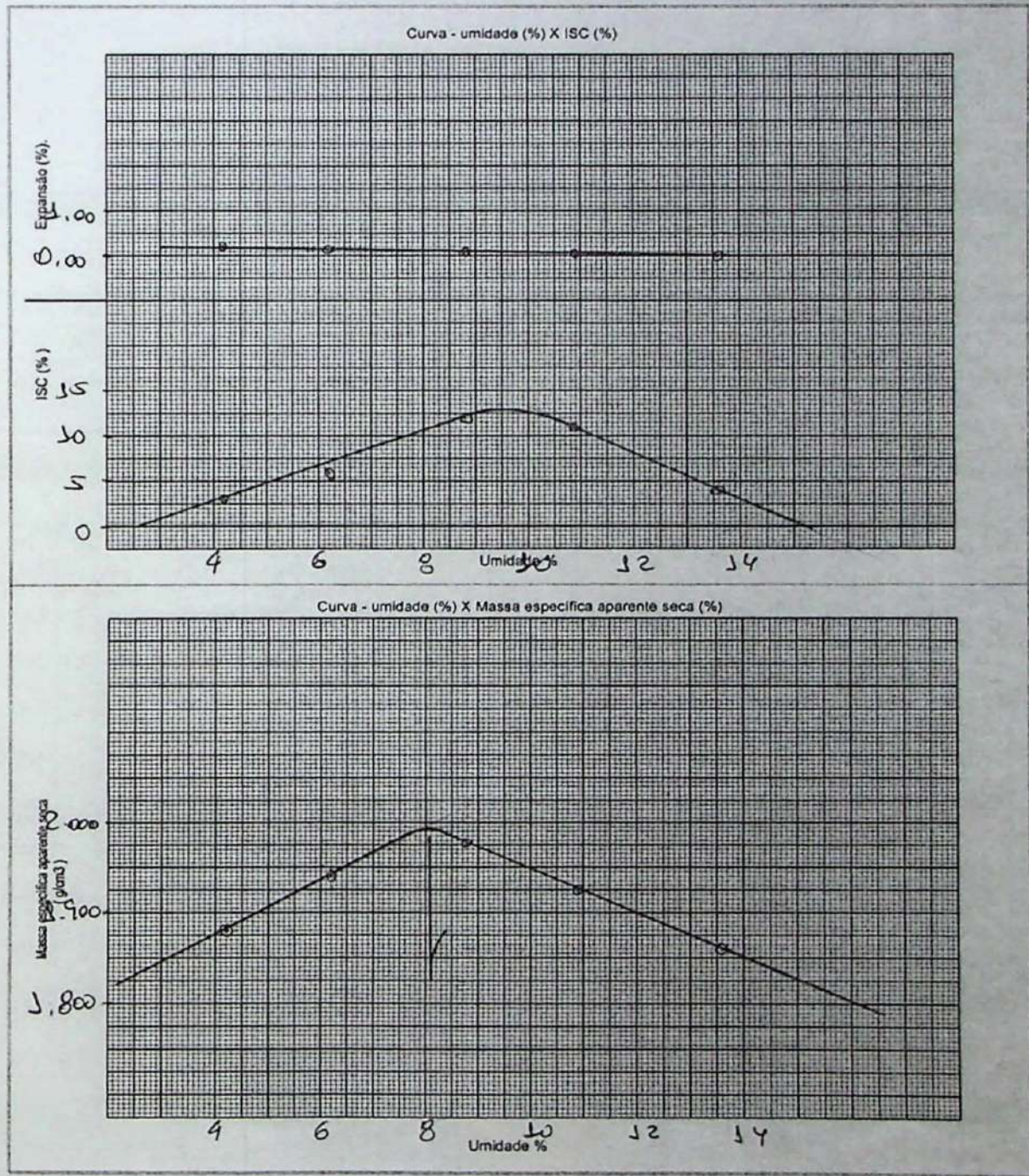
SILTE	FINA	MÉDIA	GROSSA	FINO	MÉDIO	GROSSO	PEDRA DE MÃO
	AREIA			PEDREGULHO			

 COMPACTAÇÃO E ÍNDICE DE SUPORTE CALIFÓRNIA			
CLIENTE: EPT - ENGENHARIA E PESQ. TECNOLÓGICAS S.A OBRA:	N.º GEOCRET:	SS	FOLHA
	AMOSTRA: 01 ST - 13 PROFUND.: 0,00 a 1,00 m DATA: 30.04.2010 MATERIAL: Areia Silteosa com Pedregulho		REVISÃO

COMPACTAÇÃO E ÍNDICE DE SUPORTE CALIFÓRNIA														
ENSAIO DE COMPACTAÇÃO														
		Molde n.º: 90		Molde n.º: 83		Molde n.º: 84		Molde n.º: 86		Molde n.º: 88				
Solo úmido + molde (g):		8215		8370		8580		8585		8670				
Peso do molde (g):		4120		4225		4135		4135		4185				
Solo úmido (g):		4095		4145		4445		4450		4485				
Água adicionada (ml):		60		200		340		480		620				
Volume do molde (cm³):		2091		2012		2068		2086		2125				
Massa espec. do solo úmido (g/cm³):		1,958		2,060		2,149		2,133		2,111				
Massa espec. do solo seco (g/cm³):		1,879		1,940		1,976		1,924		1,858				
Cápsula n.º:		29	30	21	22	23	24	25	26	27	28			
Solo úmido + cápsula (g):		99,25	97,79	94,77	92,40	83,40	97,96	94,91	84,00	87,32	102,45			
Solo seco + cápsula (g):		95,52	94,53	89,91	87,88	77,82	91,32	86,84	77,09	78,19	91,81			
Peso da cápsula (g):		12,85	12,25	12,85	13,80	12,21	17,62	13,54	12,58	10,61	14,15			
Peso de água (g):		03,73	03,26	04,86	04,52	05,58	06,64	08,07	06,91	09,13	10,64			
Peso de solo seco (g):		82,67	82,28	77,06	74,08	65,61	73,70	73,30	64,51	67,58	77,66			
Umidade (%):		4,5	4,0	6,3	6,1	8,5	9,0	11,0	10,7	13,5	13,7			
Média (%):		4,2		6,2		8,8		10,9		13,6				
ENSAIO DE ÍNDICE DE SUPORTE CALIFÓRNIA										Constante do anel: 0,118				
DATA	HORA	Molde n.º: 90		Molde n.º: 83		Molde n.º: 89		Molde n.º: 86		Molde n.º: 88				
		Altura (mm): 113,0		Altura (mm): 114,0		Altura (mm): 113,0		Altura (mm): 114,0		Altura (mm): 113,0				
		Leitura (mm)	Difer. (mm)	Exp. (%)	Leitura (mm)	Difer. (mm)	Exp. (%)	Leitura (mm)	Difer. (mm)	Exp. (%)	Leitura (mm)	Difer. (mm)	Exp. (%)	
30/04/2010	15:25	01,00	-		01,00	-		01,00	-		01,00	-		
01/05/2010	15:25	01,15	00,15		01,10	00,10		01,06	00,06		01,01	00,01		
02/05/2010	15:25	01,18	00,18		01,12	00,12		01,10	00,10		01,02	00,02		
03/05/2010	15:25	01,20	00,20		01,14	00,14		01,12	00,12		01,03	00,03		
04/05/2010	15:25	01,21	00,21	00,19	01,15	00,15	00,13	01,12	00,12	00,11	01,04	00,04	00,04	
Tempo (min)	Penetração		Pressão Padrão		Molde n.º: 90		Molde n.º: 83		Molde n.º: 84		Molde n.º: 86		Molde n.º: 88	
	mm	Pol.	(kg/cm²)		Leitura (mm)	Pressão Calcul. (%)	Leitura (mm)	Pressão Calcul. (%)	Leitura (mm)	Pressão Calcul. (%)	Leitura (mm)	Pressão Calcul. (%)	Leitura (mm)	Pressão Calcul. (%)
0,5	0,63	0,025			04	0,5	09	1,1	22	2,6	12	1,4	07	0,8
01	1,27	0,05			06	0,7	14	1,7	48	5,7	18	2,1	12	1,4
1,5	1,9	0,075			08	0,9	18	2,1	61	7,2	35	4,1	16	1,9
02	2,54	0,1	70		14	1,7	02	38	4,5	06	72	8,5	12	48
03	3,81	0,15			18	2,1		45	5,3		90	10,6		73
04	5,08	0,2	105		23	2,7	03	55	6,5	06	104	12,3	12	97
06	7,62	0,3	132		35	4,1		70	8,3		151	17,8		130
08	10,16	0,4	161											
10	12,7	0,5	182											
UMIDADE HIGROSCÓPICA PARA COMPACTAÇÃO					RESUMO					OBSERVAÇÕES				
Cápsula N.º:		138	139	Umidade ótima (%): 8,1										
Peso Bruto Úmido (g):		90,48	90,80	Massa específica aparente seca máxima (g/cm³): 1,995										
Peso Bruto Seco (g):		88,27	88,60	Expansão (%): 0,10										
Tara da Cápsula (g):		13,29	13,43	Índice de suporte Califórnia (%): 12										
Peso da Água (g):		02,21	02,20	CARACTERÍSTICAS DO ENSAIO DE COMPACTAÇÃO										
Peso do Solo (g):		74,98	75,17	Normal	X	Golpes		12						
Umidade (%):		2,9	2,9	Intermediário		Soquete		4,5 kg						
Umidade Média (%):		2,9		Modificado		Camadas		05						

VISTO	
	

GEOCRET ENGENHARIA E TECNOLOGIA LTDA		GRÁFICOS DO ENSAIO DE COMPACTAÇÃO E ÍNDICE DE SUPORTE CALIFÓRNIA	
CLIENTE: EPT - ENGENHARIA E PESQ. TECNOLÓGICAS S.A OBRA:	N.º GEOCRET:	SS	FOLHA REVISÃO
		AMOSTRA: 01 ST - 3 PROFUND: 0,00 a 1,00 m DATA: 30.04.2010 MATERIAL: Areia Silteosa com Pedregulho	



LIMITES DE CONSISTÊNCIA

CLIENTE: EPT - ENGENHARIA E PESQ. TECNOLÓGICAS S.A

N.º GEOCRET:

SS

FOLHA

REVISÃO

OBRA:

AMOSTRA: 01 ST - 13

PROFUND.: 0,00 a 1,00 m DATA: 29.04.2010

MATERIAL: Areia Siltosa com Pedregulho

0

LIMITES DE CONSISTÊNCIA

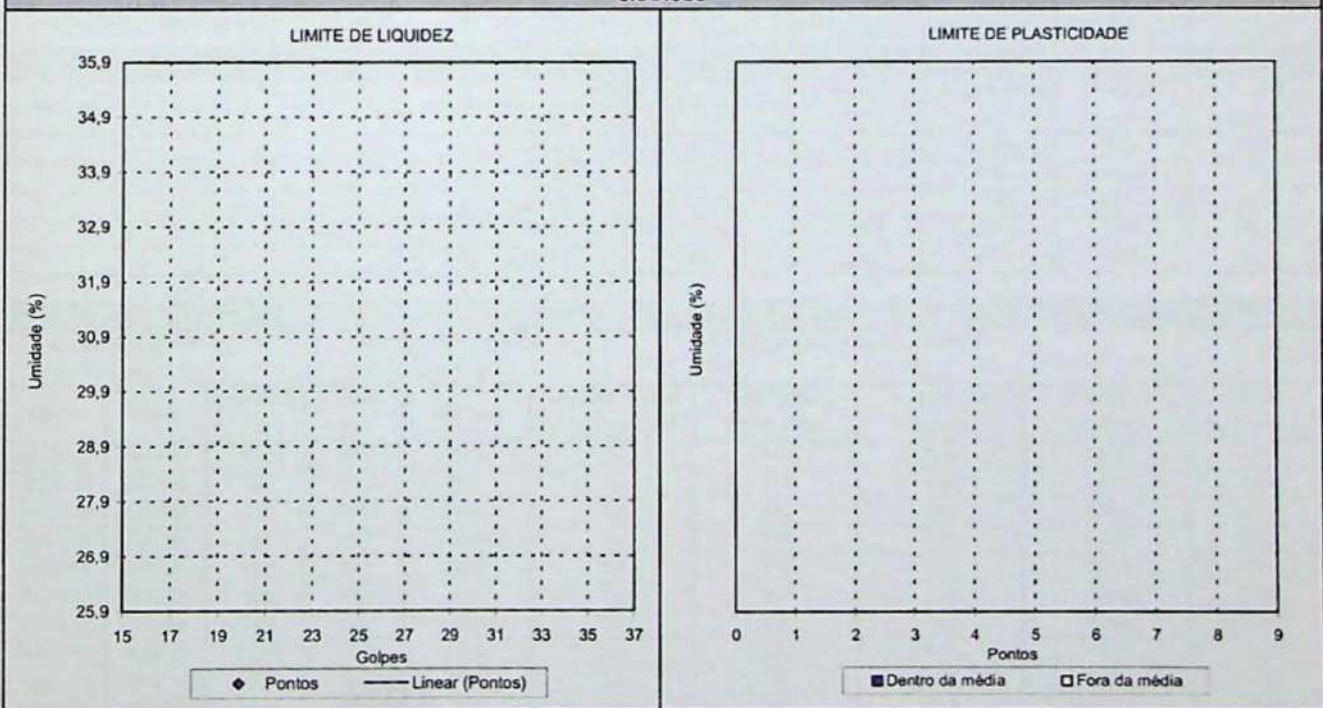
LIMITE DE LIQUIDEZ

Nº da Cápsula:							
Nº de Golpes:							
Solo + Água + Tara (g):							
Solo + Tara (g):							
Tara (g):	NL	NL	NL	NL	NL	NL	NL
Água (g):							
Solo (g):							
Umidade (%):							
Eliminados (X):							

LIMITE DE PLASTICIDADE

PONTO:							
Nº da Cápsula:							
Solo + Água + Tara (g):							
Solo + Tara (g):							
Tara (g):	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP
Água (g):							
Solo (g):							
Umidade (%):							
Eliminados (X):							

GRÁFICOS



GRANULOMETRIA (% PASSANTE)			QUADRO DE RESULTADOS		VISTO
PENEIRA			Limite de liquidez (%):	NL	GEOCRET ENGENHARIA E TECNOLOGIA LTDA.
			Limite de plasticidade (%):	NP	
			IP (%):	-	
			Índice de grupo:	00	
			HRB:	A-2-4	
# 10	2,00 mm	49,69			
# 40	0,42 mm	46,59			
# 200	0,075 mm	27,25			

ANÁLISE GRANULOMETRICA POR PENEIRAMENTO

CLIENTE: EPT - ENGENHARIA E PESQ. TECNOLÓGICAS S.A	N.º GEOCRET:	SS	FOLHA	REVISÃO
OBRA:	AMOSTRA: 01 ST - 15			0
	PROFUND.: 0,00 a 1,60 m DATA: 29.04.2010			
	MATERIAL: Areia Silte Argilosa			

ANÁLISE GRANULOMÉTRICA COM SEDIMENTAÇÃO

UMIDADE HIGROSCÓPICA			DADOS DA AMOSTRA		TOTAL	PARCIAL	PORCENTAGEM INDIVIDUAL DAS FRAÇÕES	
Cápsula N.º:	89	90	Peso da Bacia (g):				PEDRA DE MÃO 00 %	
Peso Bruto Úmido (g):	147,64	146,50	Peso Bruto Úmido (g):		1500,00	70,00	PEDREGULHO 02 %	
Peso Bruto Seco (g):	145,00	144,20	Peso Úmido (g):		1500,00	70,00	AREIA 66 %	
Tara da Cápsula (g):	28,74	29,44	Peso Retido Acum. na #10 (g):		32,20		SILTE 22 %	
Peso da Água (g):	02,64	02,30	Peso Úmido Pass. na #10 (g):		1467,80		ARGILA 09 %	
Peso do Solo (g):	116,26	114,76	Fator de correção:		0,9791	0,9791		
Umidade (%):	2,3	2,0	Peso Seco Passante na #10 (g):		1437,08			
Umidade Média (%):	2,1		Peso da Amostra Seca (g):		1468,61	68,54	NBR 6502 - SOLOS E ROCHAS	

MASSA ESPECÍFICA REAL DOS GRÃOS			PENEIRAMENTO GROSSO					
N.º do Picnômetro:	04	04	PENEIRAS		RETIDO	ACUMULADO	PASSANTE	% QUE PASSA
Volume (ml):	500	500	POL.	mm	(g)	(g)	(g)	
Temperatura (° C):	30	30	3"	76,20				
Picnômetro (g):	139,42	139,42	2" 1/2	63,50				
Pic. + água (g):	625,34	625,34	2"	50,80				
Pic. + água + solo (g):	656,15	656,30	1" 1/2	38,10				
Solo (g):	50,00	50,00	1"	25,40				
Dens. relativa da água:	0,9975	0,9975	3/4"	19,10				
M.E.R.G. (g/cm³):	2,606	2,626	1/2"	12,70				
M.E.R.G. Corrigida (g/cm³):	2,599	2,619	3/8"	09,50	00,00	00,00	1468,61	100,00
M.E.R.G. Média (g/cm³):	2,609		n.º 04	04,80	01,60	01,60	1467,01	99,89
			n.º 10	02,00	30,60	32,20	1436,41	97,81
OBSERVAÇÕES			PENEIRAMENTO GROSSO					
			PENEIRAS		RETIDO	ACUMULADO	PASSANTE	% QUE PASSA
			POL.	mm	(g)	(g)	(g)	
			N.º 16	01,20	01,00	01,00	67,54	96,38
			N.º 30	00,60	00,80	01,80	66,74	95,24
			N.º 40	00,42	00,80	02,60	65,94	94,10
			N.º 80	00,18	13,80	16,40	52,14	74,40
			N.º 200	00,074	22,60	39,00	29,54	42,15

ENSAIO DE SEDIMENTAÇÃO

DATA: 05/05/2010		DENSÍMETRO: 18361-03		CORREÇÃO DO MENISCO: 0,0012					
HORA: 08:40		PROVETA N.º: 02							
DATA	HORA	TEMPO (s)	TEMP. (° C)	LEITURA	CORREÇÃO DA LEITURA X TEMP.	LEITURA CORRIGIDA	ALTURA DE QUEDA	DIÂMETRO DO GRÃO	% EM SUSPENSÃO
05/05/10	8:40:30	30	29,0	16,0	2,0	14,0	14,0	0,066	32,25
05/05/10	8:41:00	60	29,0	15,0	2,0	13,0	14,2	0,047	29,94
05/05/10	8:42:00	120	29,0	14,0	2,0	12,0	14,4	0,033	27,63
05/05/10	8:44:00	240	29,0	12,0	2,0	10,0	13,6	0,023	23,01
05/05/10	8:48:00	480	29,0	12,0	2,0	10,0	13,6	0,016	23,01
05/05/10	8:55:00	900	29,0	11,0	2,0	9,0	13,8	0,012	20,71
05/05/10	9:10:00	1800	29,0	10,0	2,0	8,0	14,0	0,009	18,40
05/05/10	9:40:00	3600	29,0	09,0	2,0	7,0	14,2	0,006	16,09
05/05/10	10:40:00	7200	29,0	09,0	2,0	7,0	14,2	0,004	16,09
05/05/10	12:40:00	14400	31,0	07,0	2,0	5,0	14,6	0,003	11,46
05/05/10	16:40:00	28800	32,0	06,0	2,0	4,0	14,8	0,002	09,14
06/05/10	9:40:00	90000	30,0	04,0	2,0	2,0	15,1	0,001	04,56

DESCRIÇÃO DO MATERIAL	VISTO
Areia Silte Argilosa	GEOCRET ENGENHARIA E TECNOLOGIA LTDA

OBRA:

N.º GEOCRET:

SS

REVISÃO

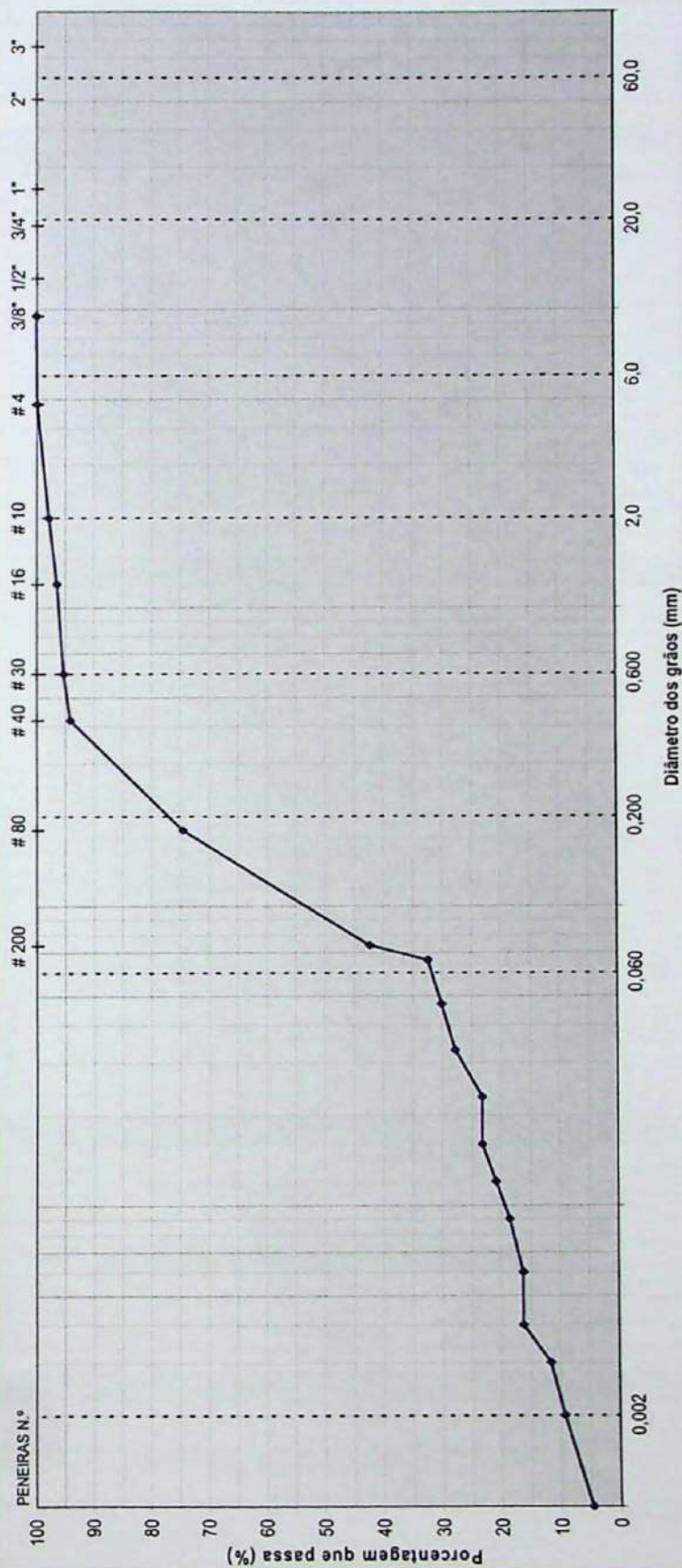
REVISÃO

AMOSTRA: 01 ST - 15	
PROFUND.: 0,00 a 1,60 m	DATA: 29.04.2010
MATERIAL: Areia Silte Argilosa	0

PROFUND.: 0,00 a 1,60 m	DATA: 29.04.2010	0
-------------------------	------------------	---

MATERIAL: Areia Silte Argilosa

CURVA GRANULOMÉTRICA



Diâmetro dos grãos (mm)

ADDITIONAL INFORMATION

SALT

FINVA

[illegible]

DIA

GROSSA

FINO

M

10

PEDRA

OBSERVAÇÕES:

GEOCRET ENGENHARIA E TECNOLOGIA LTDA

COMPACTAÇÃO E ÍNDICE DE SUPORTE CALIFÓRNIA

CLIENTE: EPT - ENGENHARIA E PESQ. TECNOLÓGICAS S.A

N.º GEOCRET:

SS

FOLHA

REVISÃO

OBRA:

AMOSTRA: 01 ST - 15

PROFUND.: 0,00 a 1,60 m DATA: 29.04.2010

MATERIAL: Areia Silte Argilosa

0

COMPACTAÇÃO E ÍNDICE DE SUPORTE CALIFÓRNIA

ENSAIO DE COMPACTAÇÃO

	Molde n.º: 69		Molde n.º: 75		Molde n.º: 76		Molde n.º: 78		Molde n.º: 79	
Solo úmido + molde (g):	8370		8340		8660		8770		9595	
Peso do molde (g):	4755		4245		4195		4350		5545	
Solo úmido (g):	3615		4095		4465		4420		4050	
Água adicionada (ml):	350		470		590		710		830	
Volume do molde (cm³):	2063		2100		2104		2156		2063	
Massa espec. do solo úmido (g/cm³):	1,752		1,950		2,122		2,050		1,963	
Massa espec. do solo seco (g/cm³):	1,672		1,818		1,939		1,834		1,720	
Cápsula n.º:	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10
Solo úmido + cápsula (g):	86,78	95,90	83,15	91,30	93,60	87,00	90,45	90,00	92,10	92,20
Solo seco + cápsula (g):	83,45	92,10	78,40	86,22	86,48	80,67	82,43	81,72	82,40	82,36
Peso da cápsula (g):	13,92	12,68	13,27	15,77	12,16	12,66	13,37	12,17	13,15	13,12
Peso de água (g):	03,33	03,80	04,75	05,08	07,12	06,33	08,02	08,28	09,70	09,84
Peso de solo seco (g):	69,53	79,42	65,13	70,45	74,32	68,01	69,06	69,55	69,25	69,24
Umidade (%):	4,8	4,8	7,3	7,2	9,6	9,3	11,6	11,9	14,0	14,2
Média (%):	4,8		7,3		9,4		11,8		14,1	

ENSAIO DE ÍNDICE DE SUPORTE CALIFÓRNIA

Constante do anel: 0,118

DATA	HORA	Molde n.º: 69			Molde n.º: 75			Molde n.º: 76			Molde n.º: 78			Molde n.º: 79		
		Altura (mm): 116,0			Altura (mm): 115,0			Altura (mm): 116,0			Altura (mm): 115,0			Altura (mm): 113,0		
		Leitura (mm)	Difer. (mm)	Exp. (%)	Leitura (mm)	Difer. (mm)	Exp. (%)	Leitura (mm)	Difer. (mm)	Exp. (%)	Leitura (mm)	Difer. (mm)	Exp. (%)	Leitura (mm)	Difer. (mm)	Exp. (%)
29/04/2010	16:00	01,00	-		01,00	-		01,00	-		01,00	-		01,00	-	
30/04/2010	16:00	01,05	00,05		01,10	00,10		01,10	00,10		01,08	00,08		01,01	00,01	
01/05/2010	16:00	01,06	00,06		01,11	00,11		01,12	00,12		01,09	00,09		01,10	00,10	
02/05/2010	16:00	01,07	00,07		01,12	00,12		01,14	00,14		01,10	00,10		01,01	00,01	
03/05/2010	16:00	01,08	00,08	00,07	01,13	00,13	00,11	01,16	00,16	00,14	01,10	00,10	00,09	01,01	00,01	00,01

Tempo (min)	Penetração		Pressão Padrão (kg/cm²)	Molde n.º: 69			Molde n.º: 75			Molde n.º: 76			Molde n.º: 78			Molde n.º: 79		
	mm	Pol.		Leitura (mm)	Pressão Calcul.	ISC (%)	Leitura (mm)	Pressão Calcul.	ISC (%)	Leitura (mm)	Pressão Calcul.	ISC (%)	Leitura (mm)	Pressão Calcul.	ISC (%)	Leitura (mm)	Pressão Calcul.	ISC (%)
0,5	0,63	0,025		04	0,5		05	0,6		13	1,5		07	0,8		04	0,5	
01	1,27	0,05		05	0,6		07	0,8		14	1,7		12	1,4		06	0,7	
1,5	1,9	0,075		06	0,7		11	1,3		17	2,0		15	1,8		07	0,8	
02	2,54	0,1	70	07	0,8	01	16	1,9	03	29	3,4	05	18	2,1	03	09	1,1	02
03	3,81	0,15		08	0,9		18	2,1		41	4,8		21	2,5		12	1,4	
04	5,08	0,2	105	09	1,1	01	32	3,8	04	50	5,9	06	24	2,8	03	15	1,8	02
06	7,62	0,3	132	12	1,4		36	4,2		72	8,5		30	3,5		18	2,1	
08	10,16	0,4	161															
10	12,7	0,5	182															

UMIDADE HIGROSCÓPICA PARA COMPACTAÇÃO

RESUMO

OBSERVAÇÕES

Cápsula Nº:	156	160	Umidade ótima (%):		9,5	
Peso Bruto Úmido (g):	98,15	98,63	Massa específica aparente seca máxima (g/cm³):		1,940	
Peso Bruto Seco (g):	97,90	98,22	Expansão (%):		0,14	
Tara da Cápsula (g):	12,83	12,81	Índice de suporte Califórnia (%):		6	
Peso da Água (g):	00,25	00,41	CARACTERÍSTICAS DO ENSAIO DE COMPACTAÇÃO			
Peso do Solo (g):	85,07	85,41	Normal	X	Golpes	12
Umidade (%):	0,3	0,5	Intermediário		Soquete	4,5 kg
Umidade Média (%):	0,4		Modificado		Camadas	05

VISTO

GEOCRET ENGENHARIA E TECNOLOGIA LTDA.

CLIENTE: EPT - ENGENHARIA E PESQ. TECNOLÓGICAS S.A

N.º GEOCRET:

99

FOLHA

REVISÃO

OBRA:

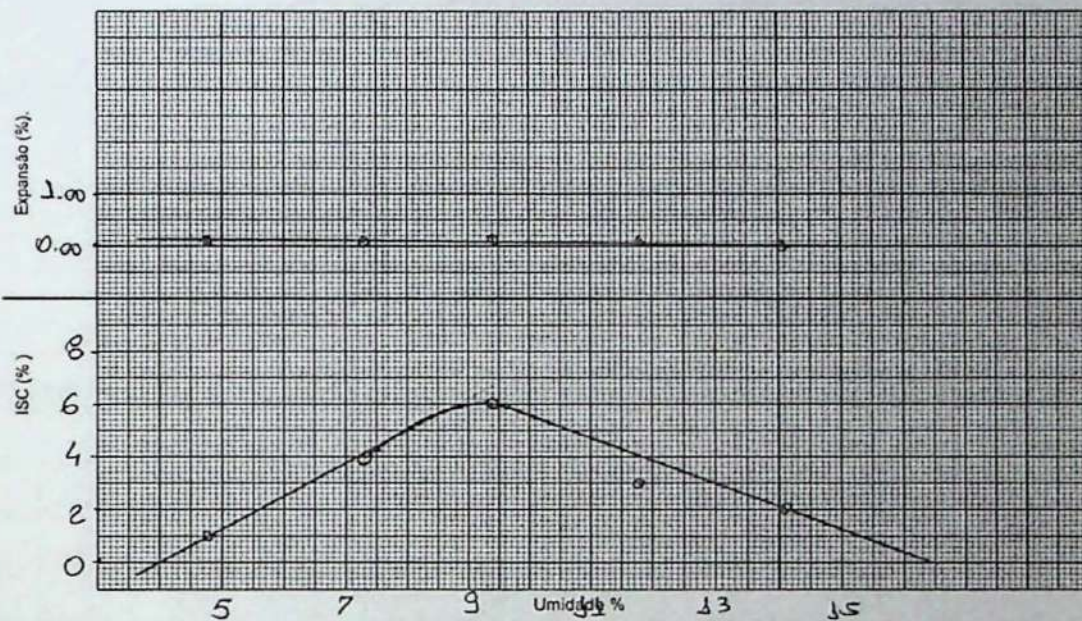
AMOSTRA: 01 ST - 6

PROFUND: 0.00 a 1.00 m DATA: 29.04.2010

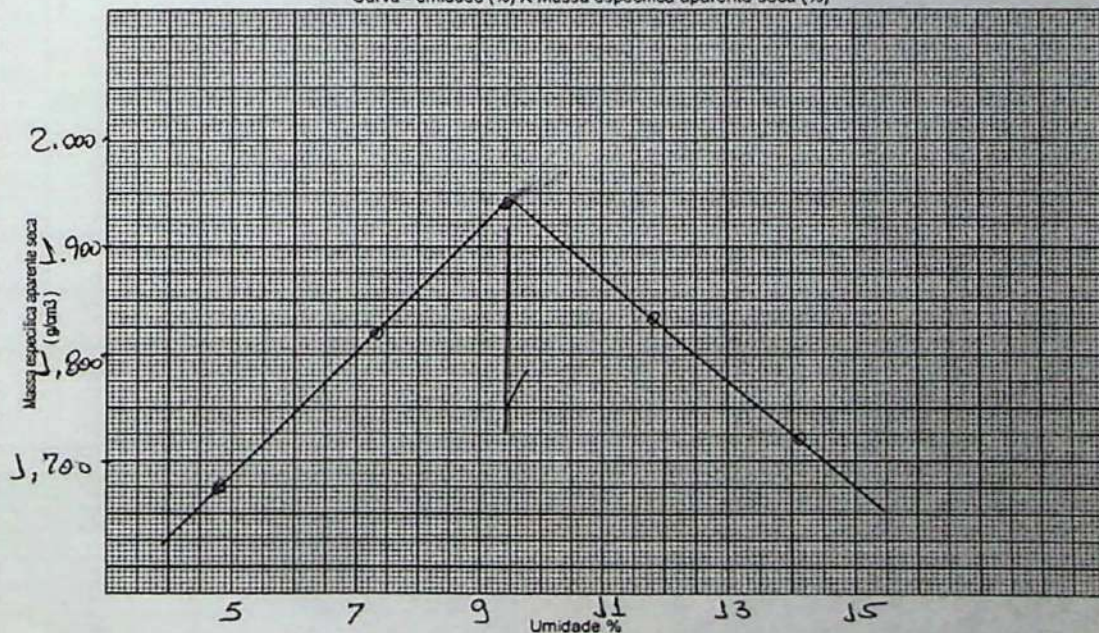
MATERIAL: Areia Silte Argilosa

0

Curva - umidade (%) X ISC (%)



Curva - umidade (%) X Massa específica aparente seca (%)



LIMITES DE CONSISTÊNCIA

CLIENTE: EPT - ENGENHARIA E PESQ. TECNOLÓGICAS S.A

OBRA:

N.º GEOCRET:

SS

FOLHA

REVISÃO

AMOSTRA: 01 ST - 15

PROFUND.: 0,00 a 1,60 m DATA: 04.05.2010

MATERIAL: Areia Silte Argilosa

0

LIMITES DE CONSISTÊNCIA

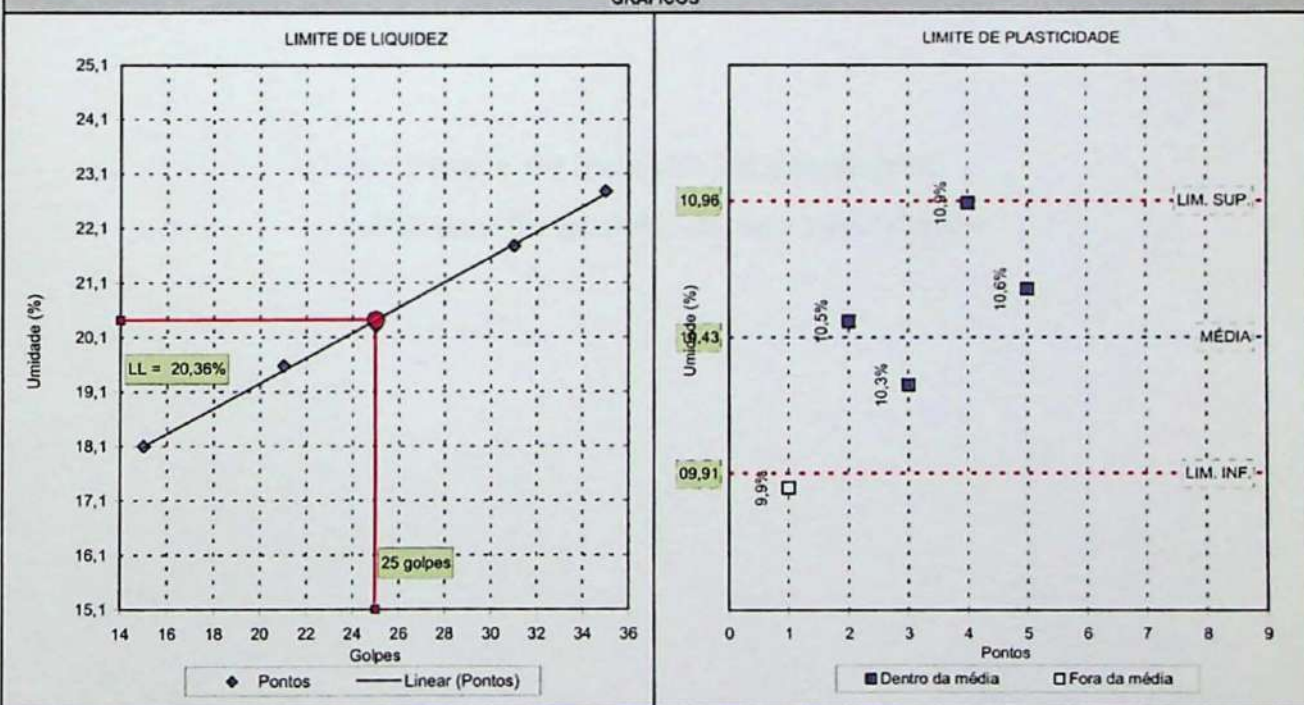
LIMITE DE LIQUEZ

Nº da Cápsula:	34	45	49	59	62		
Nº de Golpes:	15	21	25	31	35		
Solo + Água + Tara (g):	17,10	17,88	18,82	17,10	16,48		
Solo + Tara (g):	15,60	16,14	16,89	15,49	14,78		
Tara (g):	07,29	07,23	07,36	08,08	07,30		
Água (g):	01,50	01,74	01,93	01,61	01,70		
Solo (g):	08,31	08,91	09,53	07,41	07,48		
Umidade (%):	18,1	19,5	20,3	21,7	22,7		
Eliminados (X):							

LIMITE DE PLASTICIDADE

PONTO:	01	02	03	04	05	06	07
Nº da Cápsula:	32	36	37	49	66		
Solo + Água + Tara (g):	10,19	10,33	11,27	10,64	10,76		
Solo + Tara (g):	09,70	09,80	10,66	10,12	10,21		
Tara (g):	04,73	04,75	04,71	05,37	05,03		
Água (g):	00,49	00,53	00,61	00,52	00,55		
Solo (g):	04,97	05,05	05,95	04,75	05,18		
Umidade (%):	9,9	10,5	10,3	10,9	10,6		
Eliminados (X):	X						

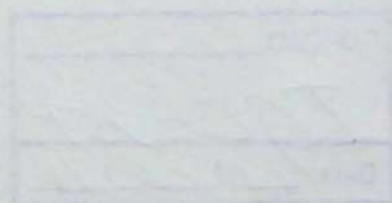
GRÁFICOS

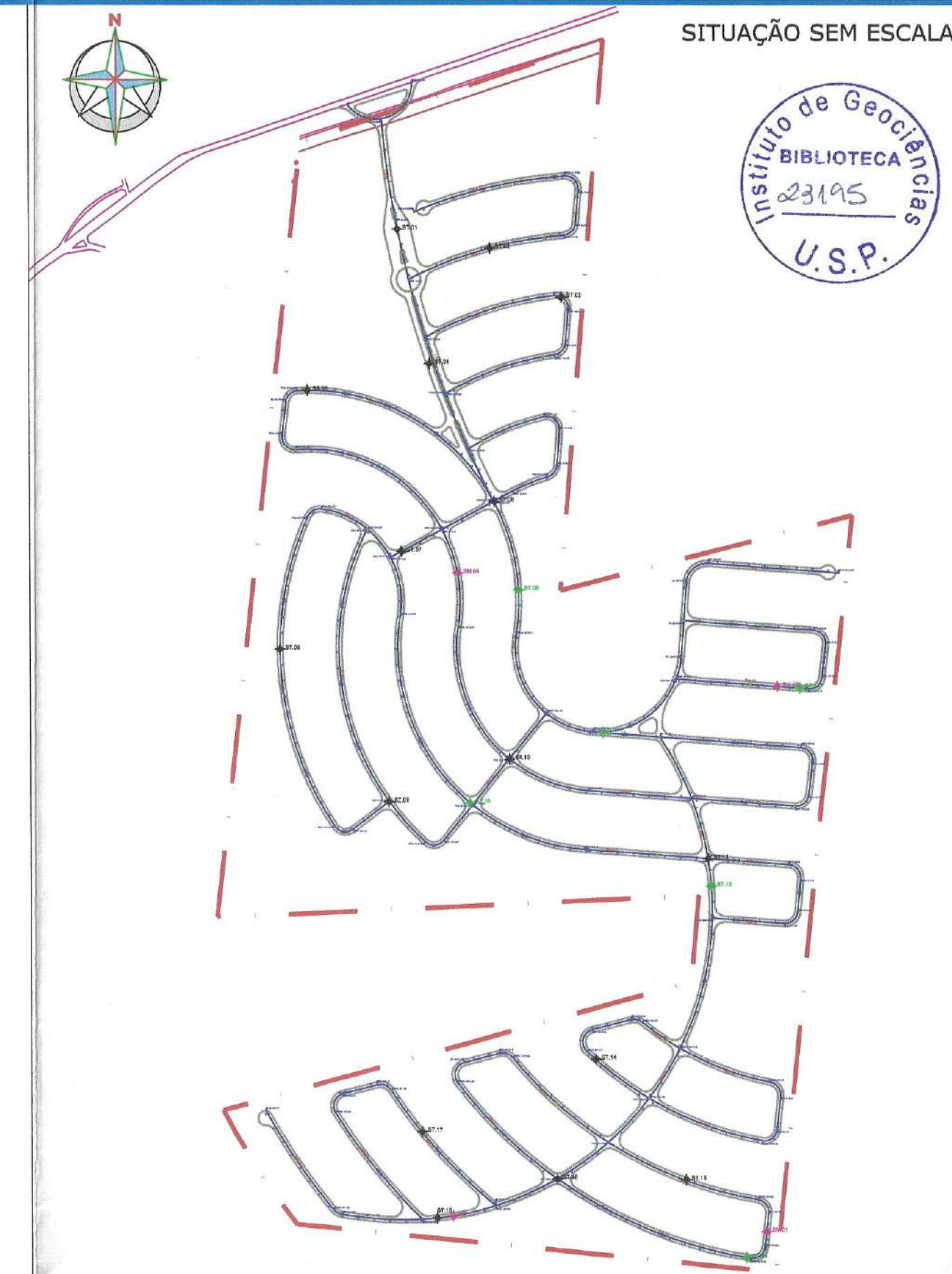
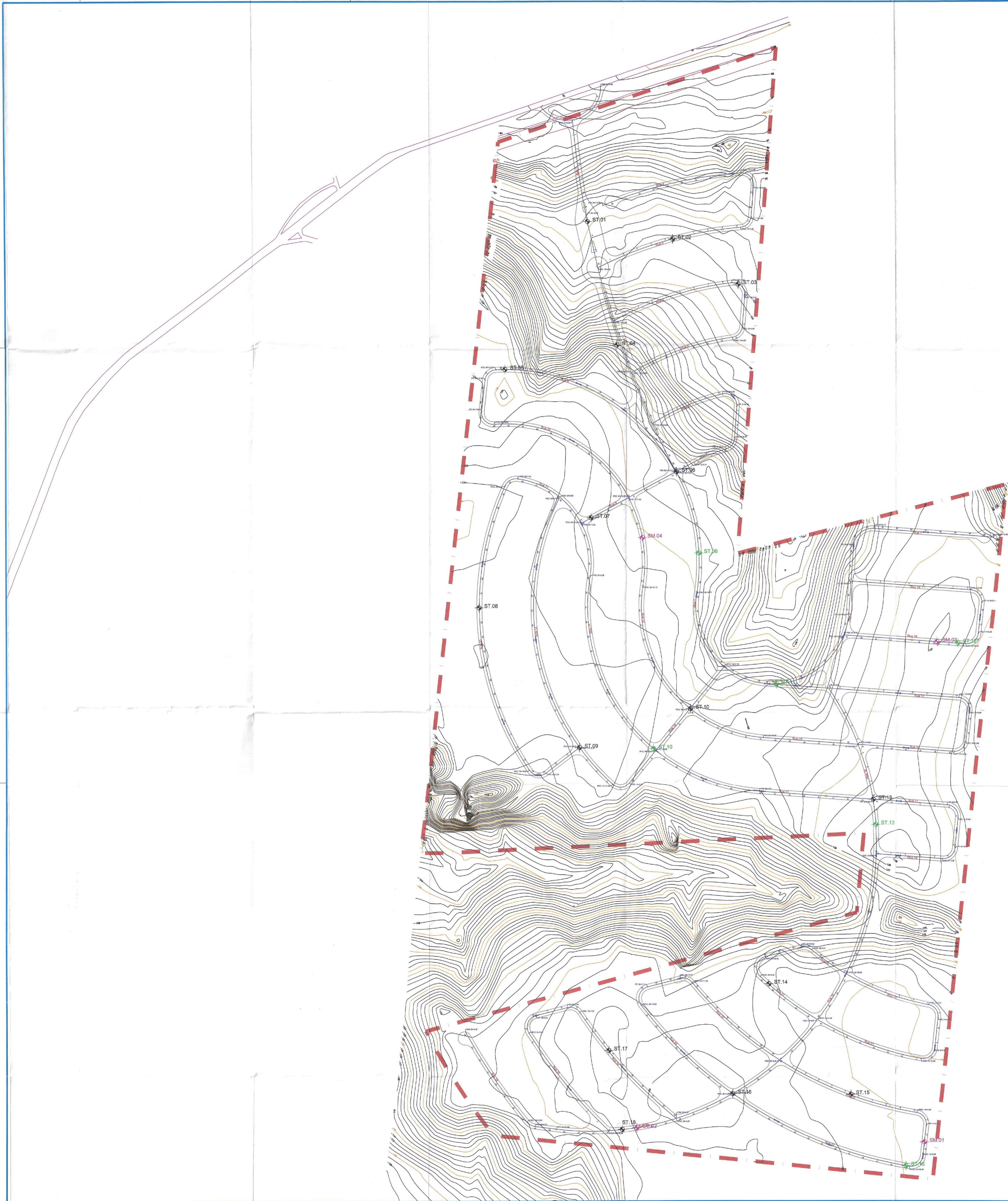


GRANULOMETRIA (% PASSANTE)			QUADRO DE RESULTADOS		VISTO
PENEIRA		%	Limite de liquidez (%):	20,36	
# 10	2,00 mm		Limite de plasticidade (%):	10,58	GEOCRET ENGENHARIA E TECNOLOGIA LTDA.
# 40	0,42 mm		IP (%):	09,79	
# 200	0,075 mm		Índice de grupo:	00	
			HRB:	A-4	

ANEXO IV

Planta de locação de sondagem
Plantas de projeto de terraplenagem





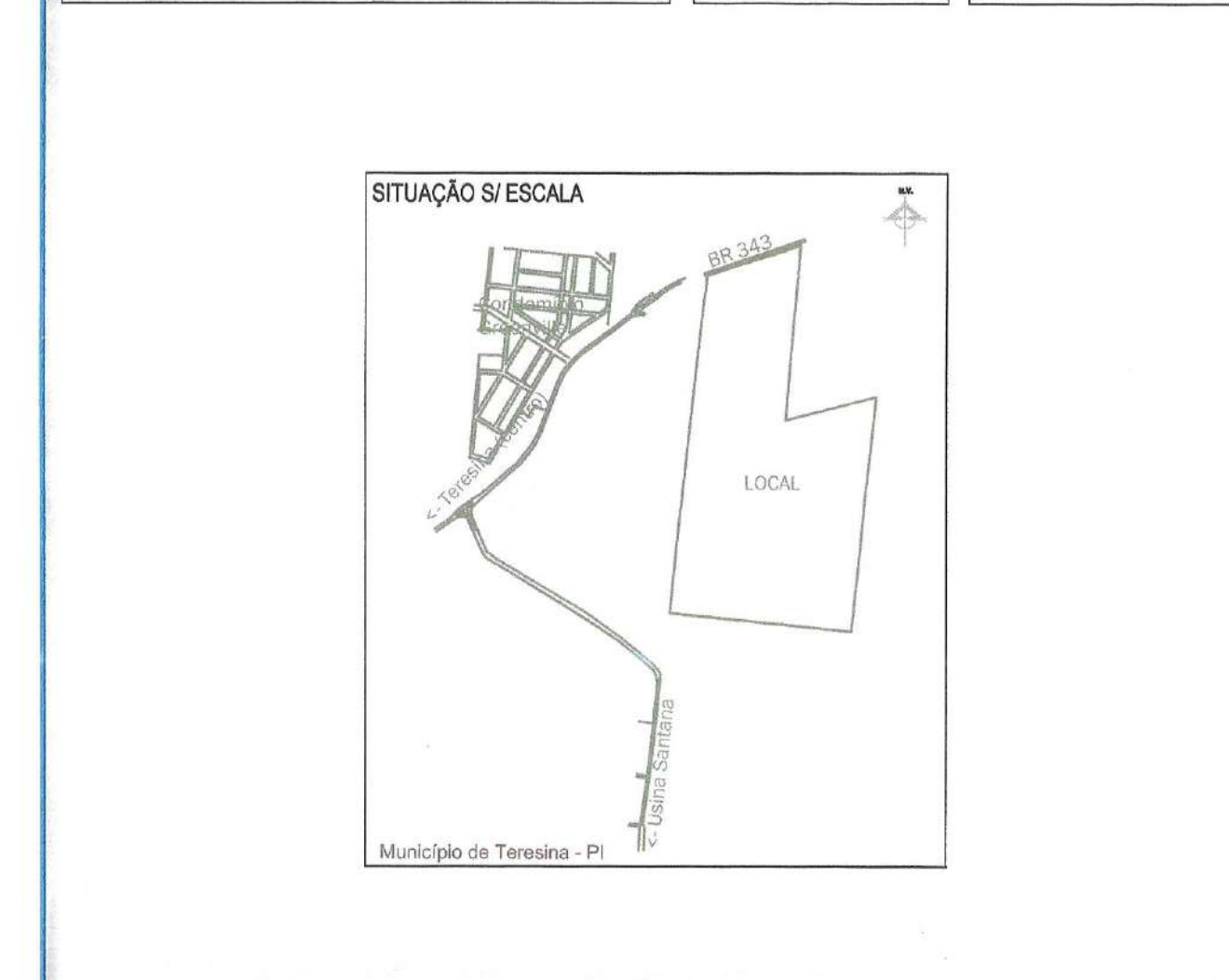
LEGENDA

- ST.07 SONDAGEM A TRADO (NÃO EXECUTADA)
- ST.12 SONDAGEM A TRADO (EXECUTADA)
- SM.03 SONDAGEM MISTA
- PONTO ALTO - EIXO VIÁRIO
- PONTO BAIXO - EIXO VIÁRIO
- ESTAQUEAMENTO EIXO VIÁRIO RESIDENCIAIS
- COTAS PROJETO - EIXO DAS QUADRAS
- COTAS PROJETO - EIXO SISTEMA VIÁRIO

SEÇÃO TRANSVERSAL TIPO

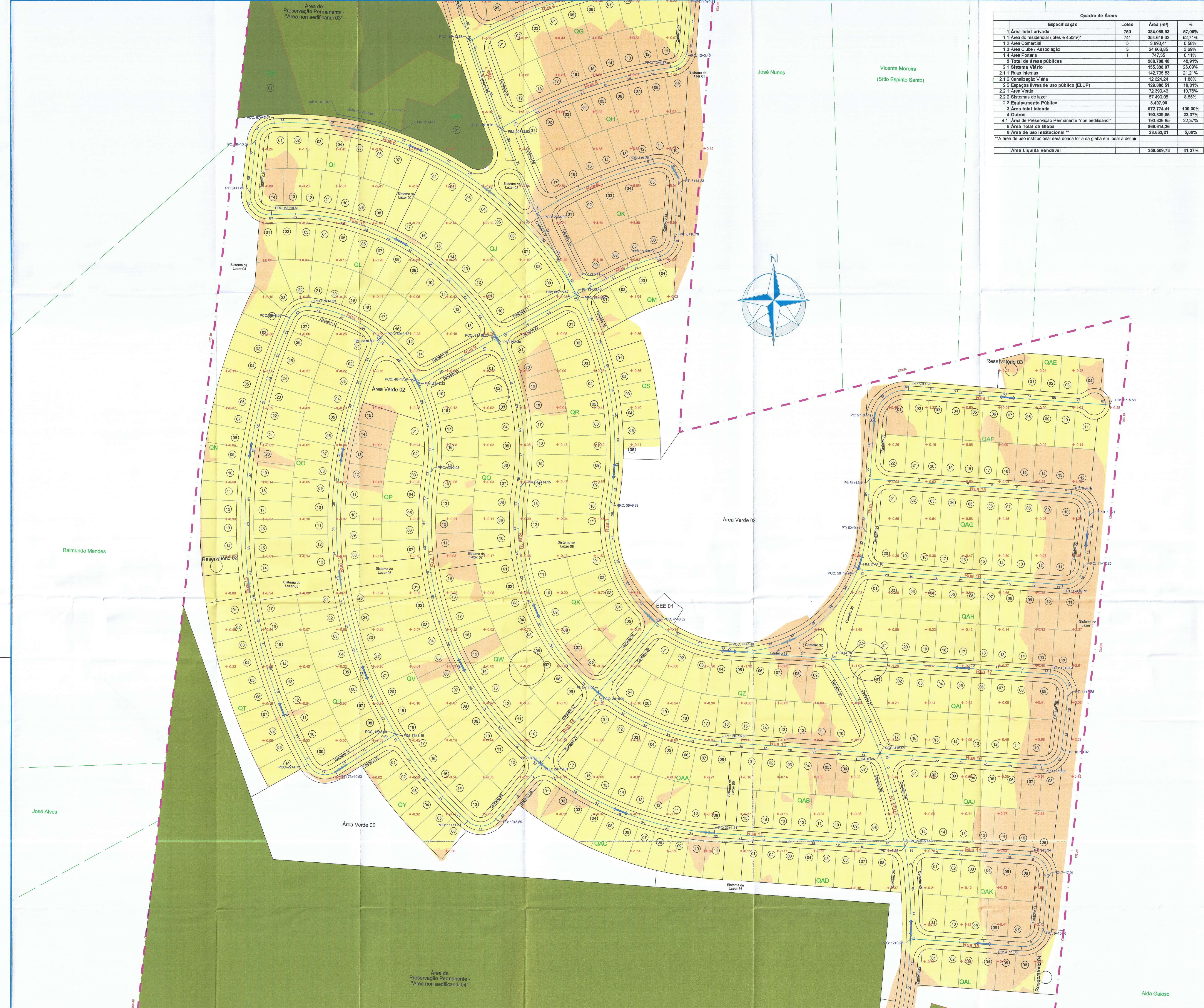
situação sem escala

ASSUNTO LOCAÇÃO DE SONDAGEM	FOLHA 01/01
EMPREENHIMENTO TF-10/33	ENDEREÇO BR 343, Mun: Teresina, Estado do Piauí
CÓDIGO: ACAD-Terraplenagem Geral	ESCALA: 1:1.000
DATA: XXXX/XXXX	



OBS.:

- As sondagens ST-11 e ST-12 foram executadas conforme planejamento (não houve deslocamento).
- As sondagens a trado foram executadas durante a primeira campanha de investigações.
- As sondagens mistas foram executadas durante a segunda campanha de investigações.



Quadro de Áreas			
Especificação	Lotes	Área (m²)	%
1. Área total privada	750	384.095,93	57,09%
1.1. Área do residencial (lotes e 450m²)	741	354.619,32	52,71%
1.2. Área Comercial	5	3.890,41	0,58%
1.3. Área Clube / Associação	3	24.508,85	3,69%
1.4. Área Porteira	1	747,35	0,11%
2. Total de áreas públicas		288.708,48	42,91%
2.1. Sistema Viário		155.330,07	23,09%
2.1.1. Ruas Internas		142.705,83	21,21%
2.1.2. Canalização Viária		12.624,24	1,88%
2.2. Espaços livres de uso público (ELUP)		128.880,51	19,31%
2.2.1. Área Verde		72.360,46	10,76%
2.2.2. Sistemas de lazer		57.490,05	8,55%
2.3. Equipamento Público		3.487,90	0,53%
3. Área total loteada		672.774,41	100,00%
4. Outros		193.839,85	22,37%
4.1. Área de Preservação Permanente "non aedificandi"		193.839,85	22,37%
5. Área Total de Gleba		866.514,26	100,00%
6. Área de uso institucional**		33.662,21	5,00%
**A área de uso institucional será doada for a da gleba em local a definir.			
Área Líquida Vendável		358.509,73	41,37%

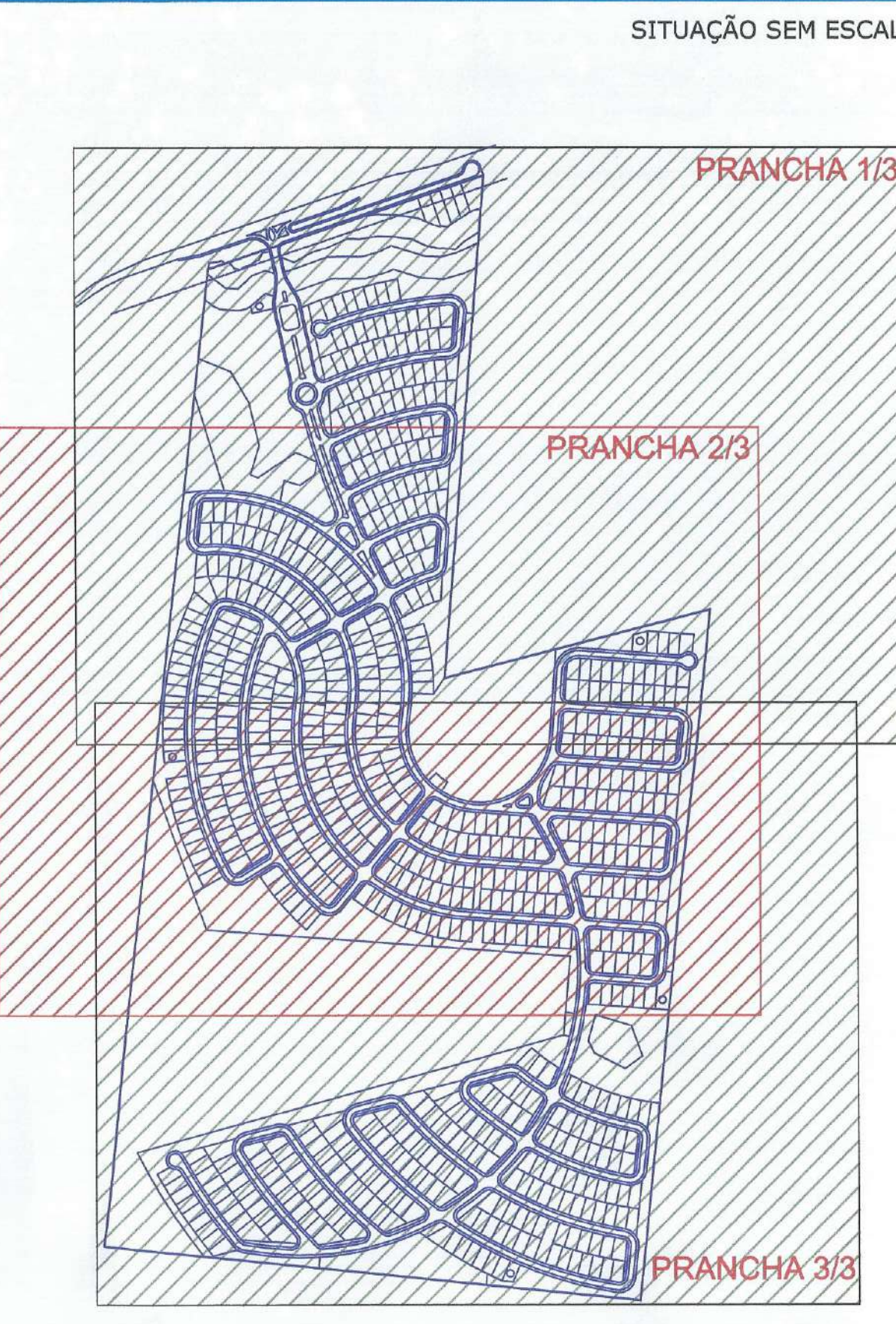
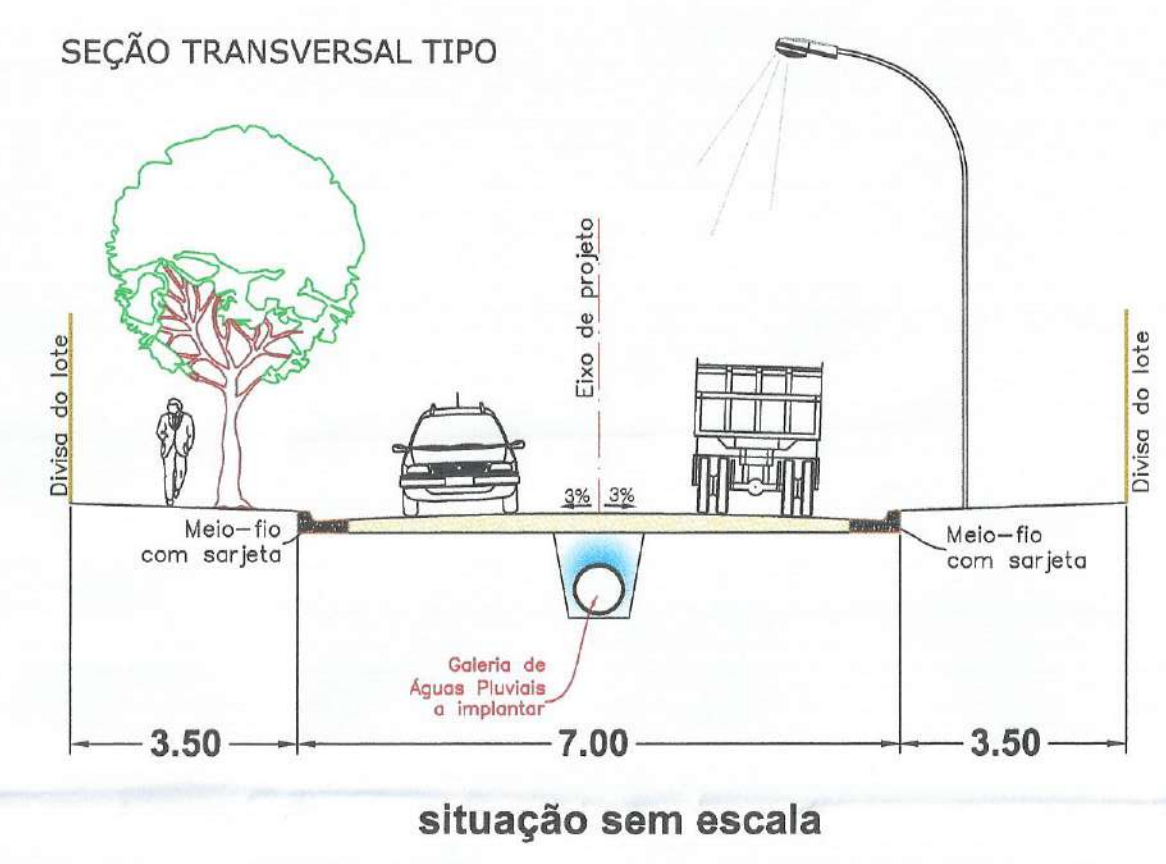


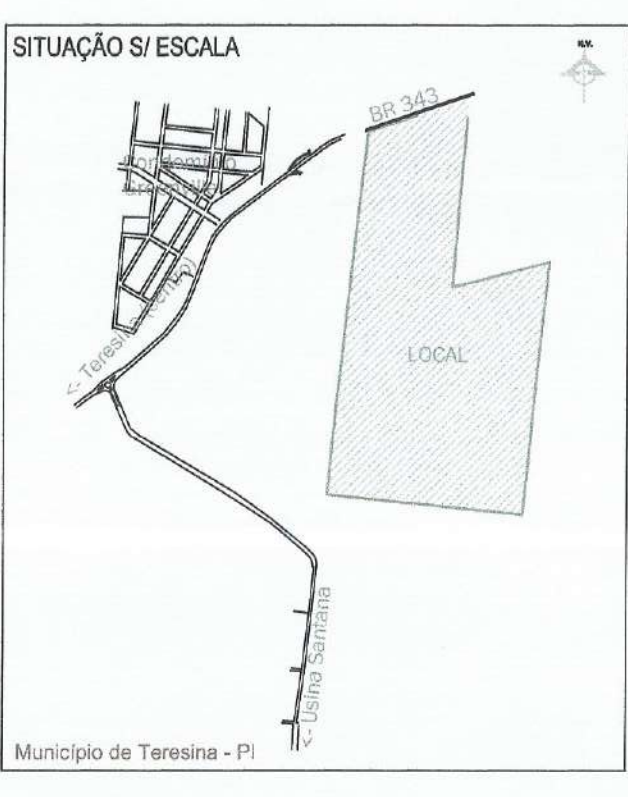
TABELA DE ELEVAÇÕES (comparação entre terreno e projeto)				
Intervalo	Elevação Mínima	Elevação Máxima	Área (m²)	Status
1	-7.13	0.00	413.170,97	Corte
2	0.00	8.50	123.828,93	Aterro

TABELA VOLUMES (M3) Empreendimento				
LOCAL	CORTE	ATERRO	EMBOFAMENTO +25% (ATERRO)	SALDO
GERAL	244.312,43	170.431,22	213.039,03	31.732,40

NESTE CÁLCULO FOI CONSIDERADO UMA LIMPEZA DA CAMADA VEGETAL DE 0,20 m.
O OBJETIVO DESTA TABELA É ACOMPANHAR AS QUANTIDADES DE TERRAPLENAGEM E ACESSIBILIDADE
FOI A COMPENSAÇÃO INTERNA DE VOLUMES DE TERRAPLENAGEM CORTE E ATERRO.
TODAS AS COTAS DO EIXO VIÁRIO SÃO DE PISO ACABADO, PARA CÁLCULO VOLUMÉTRICO
O VOLUME EXCEDENTE DESDE CÁLCULO DEVERÁ SER UTILIZADO NA ÁREA DO CLUBE.



ASSUNTO: PROJETO TERRAPLENAGEM MAPA MANCHAS DE CORTE E ATERRO	FOLHA: 02/03
EMPREENHIMENTO: TF-10/33	ENDEREÇO: BR 343, Mun: Teresina, Estado do Piauí
CÓDIGO: ACAD-Terraplenagem Geral	ESCALA: 1:1.000
	DATA: XXXXXXXX



OBS:



ANEXO IV

Plantas de locação de arrendamento
Plantas de projeto de transposição

DOAÇÃO	_____
TGC-USP	
Data:	21.02.11

