 <b>VALEC</b> ENGENHARIA, CONSTRUÇÕES E FERROVIAS S.A.	<b>ESPECIFICAÇÕES DE PROJETO</b>		
TÍTULO: <b>ESTUDOS GEOTECNOLÓGICOS</b>	Nº <b>80-EG-000A-29-0000</b>	FOLHA 1/29	REV. 1

## 1. INTRODUÇÃO

As investigações geotecnológicas compreendem os estudos geológicos e geotécnicos que deverão ser realizados em perfeito entrosamento. Os trabalhos de geologia além de fornecerem, preliminarmente, subsídios ao lançamento do projeto geométrico da via, constituem a base indispensável para a racional programação dos trabalhos geotécnicos, necessários aos projetos de terraplenagem, de fundação das obras civis e a obtenção de materiais de construção.

## 2. ESTUDOS GEOLÓGICOS E GEOTÉCNICOS PRELIMINARES

Os Estudos Geológicos e Geotécnicos preliminares têm como finalidade:

a) As análises litológica e morfológica, levando informações quanto às ocorrências de materiais de construção disponíveis na área. Estes materiais compreendem desde materiais necessários aos corpos de aterros até materiais para as obras civis, passando pelos materiais de sublastro e lastro.

b) As análises estruturais estratigráficas e litográficas, permitindo a identificação de pontos problemáticos que podem influenciar o traçado da ferrovia ou exigirem projetos especiais para contornar os problemas apresentados. Entre outros, deverão ser levantados problemas como as travessias de solos hidromorfos, zonas de erosão ativa, estruturas desfavoráveis à estabilidade de taludes de cortes, áreas de encostas instáveis ou próximas da instabilidade.

c) A orientação das pesquisas geotécnicas, visando melhor adequação dos projetos de fundações de obras civis. Os estudos geológicos preliminares deverão ser completados por estas pesquisas geotécnicas.

Todos os elementos geotecnológicos, lançados e apresentados no mapa geológico preliminar, no perfil longitudinal e no greide, permitem uma diferenciação dos universos ou domínios geotecnológicos, base sobre a qual deverão ser desenvolvidas as investigações de campo.


Este mapa preliminar e o relatório descritivo analisam de maneira global o traçado para cada subtrecho da linha, observando os aspectos geológicos de interesse direto da região e os condicionantes para a implantação da infraestrutura ferroviária.

O trabalho assim desenvolvido fornece elementos para a elaboração racional (nunca sistemática) do programa de estudos geotécnicos, com ênfase nos estudos dos pontos críticos identificados.

## 3. ESTUDOS GEOLÓGICOS E ESTUDOS GEOTÉCNICOS PARA PROJETO BÁSICO E EXECUTIVO

A descrição dos serviços a seguir destina-se a elaboração dos Projetos Básico e Executivo.

Na fase de Projeto Básico, a diretriz de traçado está consolidada e as soluções devem ser estudadas de forma específica destinando-se a quantificar e a qualificar as áreas de materiais necessários à implantação da ferrovia. Com os dados disponibilizados nesta fase tais como investigações geotécnicas e projetos geométricos sobre base topográfica, devem-se conceber alternativas de soluções geotécnicas para cada situação e compará-las do ponto de vista técnico-econômico. Salienta-se que a abrangência e profundidade dos estudos geotécnicos

 <b>VALEC</b>	ENGENHARIA, CONSTRUÇÕES E FERROVIAS S.A.		<b>ESPECIFICAÇÕES DE PROJETO</b>		
	TÍTULO:	<b>ESTUDOS GEOTECNOLÓGICOS</b>	Nº	<b>80-EG-000A-29-0000</b>	FOLHA 2/29

devem ser tais que não se espere qualquer alteração de concepção da solução na fase posterior de projeto. Deve-se considerar que, na fase seguinte, o projeto deve ser apenas detalhado com maior profundidade para execução, sem, no entanto, sofrer reformulações mais amplas em sua concepção básica e nas principais soluções de engenharia estabelecidas nesta fase.

Na fase de Projeto Executivo, os estudos geotécnicos devem ser realizados em complementação à etapa anterior. O grau de detalhamento desta etapa deve permitir a determinação dos quantitativos e orçamento preciso dos diversos serviços, para implantação da ferrovia, bem como, para apresentar os detalhes e especificações que se julgam relevantes para execução das obras.

### 3.1. PROGRAMAÇÃO DE ESTUDOS GEOTÉCNICOS DE CAMPO

Toda programação de sondagens e ensaios geotécnicos, deverá ser apresentada para discussão com a Superintendência de Projetos da VALEC (SUPRO), representada em perfil, planta e através de planilha contendo as coordenadas, o estaqueamento, a tipologia do estudo (corte, aterro, OAE), profundidade e critério de paralisação, tipo de ensaio e demais dados necessários conforme padrão mostrado no Anexo 5.1.

Considerando-se a extensão dos lotes de projeto, deve-se atentar para uma adequada caracterização dos domínios geológicos ao longo do trecho.

Junto com a programação deverá ser apresentado um plano de ataque dos serviços de geotecnia, inclusive o número de frentes de serviço, atestados de calibração e manutenção dos equipamentos, laboratórios e composição de equipes.

A liberação da campanha de sondagens e ensaios será imediata após a análise conjunta entre a equipe de geotecnia da Consultora e a equipe técnica da SUPRO/VALEC.

Com a finalidade de agilizar os estudos geotécnicos, todas as atividades poderão ser desenvolvidas para os segmentos que já tiveram traçado otimizado pela projetista e aprovado pela equipe técnica da SUPRO/VALEC.


### 3.2. INVESTIGAÇÕES NAS ÁREAS DE CORTE

Deverão ser programadas em função do Projeto Geométrico e das características litológicas, estruturais e hidrogeológicas das formações a serem atravessadas, fornecidas pelos Estudos Geológicos Preliminares. O programa visará também complementar as observações dos Estudos Geológicos Preliminares, retificando-as ou ratificando-as.

#### 3.2.1. TERRAPLENAGEM

As investigações deverão ser dirigidas para os seguintes objetivos:

- a) Classificação do material a escavar;
- b) Determinação de condições de suporte do subleito;
- c) Caracterização dos materiais a escavar como material de construção;

 ENGENHARIA, CONSTRUÇÕES E FERROVIAS S.A.	<b>ESPECIFICAÇÕES DE PROJETO</b>		
	TÍTULO: <b>ESTUDOS GEOTECNOLÓGICOS</b>	Nº <b>80-EG-000A-29-0000</b>	FOLHA 3/29

- d) Determinação das condições hidrogeológicas com presença ou não do nível freático interferindo com o greide e taludes;
- e) Determinação dos fatores de homogeneização a serem aplicados aos volumes escavados e necessários para o estudo de compensação corte x aterro para cada segmento que apresente características geotécnicas semelhantes, a partir de dados obtidos nos ensaios de determinação da densidade *in situ* e em laboratório.

Em cada domínio geológico, devidamente caracterizado pelos Estudos Geológicos Preliminares, serão eleitos cortes típicos para detalhamento geotécnico representativo para o cálculo de estabilidade de taludes.

Com o intuito de se caracterizar e avaliar as condições de suporte e expansibilidade do subleito, bem como a identificação do nível do lençol freático, em cada corte típico (a ser definido pela projetista) deve ser realizado, um mínimo de 3 furos a trado e/ou poços de inspeção, sendo dois posicionados nas proximidades do ponto de passagem corte/aterro, e outro, preferencialmente, no ponto central do corte ou ponto de maior cota. Se o corte tiver comprimento maior que 300 m, sugere-se a execução de outros furos e, para os cortes com pequena extensão, este número pode ser reduzido para uma investigação. Se nos furos centrais, forem alcançados materiais impenetráveis ao trado, ou quando esse processo se tornar inoperante, deverá ser executado furo à percussão.

As sondagens devem atingir a profundidade de 1,50m abaixo do greide de terraplenagem (ou o impenetrável, caso este ocorra antes de se alcançar a profundidade programada). Em todos os cortes deverá ser obtida a densidade *in situ* e a umidade natural, para cada horizonte de solo com características similares, informação esta que será posteriormente empregada na determinação do fator de homogeneização do solo necessário para o estudo de compensação corte x aterro em cada segmento que apresente características geotécnicas semelhantes.


Para o conhecimento das espessuras das camadas de material de 1ª, 2ª e 3ª categoria, em Projeto Executivo, indica-se a execução de sondagens mista com a finalidade de auxiliar a estimativa do volume de cada categoria de material a ser escavado. Caso seja identificada a presença de material impenetrável a pequena profundidade ( $\leq 3,00\text{m}$ ), o furo poderá ser deslocado de alguns metros e, a seguir, recomeçado.

Para o Projeto Executivo, as sondagens rotativas ( $\varnothing$  BX) serão programadas quando ocorrer rocha ou material impenetrável à percussão. A sondagem rotativa deverá ser executada em extensão a ser definida pela fiscalização em função das características geológicas do local ou até se alcançar a profundidade de 1,5 m abaixo do greide, ou até se obter recuperação de 90% em 5 m consecutivos de rocha. Para assegurar uma boa recuperação dos testemunhos rochosos, deverão ser utilizados mostradores de parede dupla.

Nos cortes em que se prevê sua utilização como áreas de empréstimo de alargamento de corte deverão ser programadas sondagens adicionais (à direita ou esquerda do eixo), a trado e/ou poço de inspeção (ver item 3.6.3 Material Terroso para Construção de Corpos de Aterro).

Em todas as sondagens realizadas a trado e/ou poço de inspeção, deverão ser coletadas amostras deformadas dos horizontes de materiais diversos e, estas amostras serão submetidas aos seguintes ensaios de laboratório:

- Granulometria com sedimentação (ABNT NBR 7181:1988 ou DNER ME 051/94)

 ENGENHARIA, CONSTRUÇÕES E FERROVIAS S.A.	<b>ESPECIFICAÇÕES DE PROJETO</b>		
	TÍTULO: <b>ESTUDOS GEOTECNOLÓGICOS</b>	Nº <b>80-EG-000A-29-0000</b>	FOLHA 4/29

- Limite de Liquidez (ABNT NBR 6459:1984 ou DNER ME 122/94)
- Limite de Plasticidade (ABNT NBR 7180:1988 ou DNER ME 082/94)
- Ensaio de compactação: energia de compactação Próctor Normal (ABNT NBR 7182:1988 ou DNER ME 129/94 ou DNER ME 162/94)
- Índice Suporte Califórnia e Expansão (ABNT NBR 9895:1987 ou DNER ME 049/94)

Serão realizados também os seguintes ensaios de campo:

- Teor de umidade natural (DNER ME 052/94 ou DNER ME 088/94)
- Densidade *in situ* (DNER ME 092/94)

Os materiais para corpo de aterro deverão apresentar  $ISC > 2$  e expansão  $\leq 4\%$ . Para camadas finais de aterro, relativas aos últimos 60 cm, deverão apresentar  $ISC \geq 8$  e expansão  $< 2\%$ .

No caso de cortes em que na cota do greide de terraplenagem não for obtido  $ISC \geq 8$  e expansão  $< 2\%$ , deverá ser indicada no projeto a substituição de camada de 60 cm abaixo deste greide, por material que esteja de acordo com estes valores.

A investigação de furos a trado pode ser complementada pela abertura de poços de inspeção, desde que a sondagem alcance pequena profundidade, indicando um provável veio de material granular. A abertura do poço permitirá, além da inspeção tátil visual, a determinação da densidade *in situ* e a umidade natural do solo. Estas servem para uma comparação de volumes de corte e de aterro compactado. Estes poços devem ser locados também objetivando o item 3.6.3.

Para aterros com altura  $> 25m$  ver item 3.6.3 - Material Terroso para Construção de Corpos de Aterro.

As amostras de rocha serão classificadas macroscopicamente. Na eventualidade de se prever a utilização dos cortes em rocha para o fornecimento de material pétreo, os ensaios deverão ser programados conforme as orientações apresentadas para estudo daqueles materiais.


### 3.2.2. ESTUDOS DE TALUDES

As investigações deverão ser dirigidas para os seguintes objetivos:

- a) Determinação de índices físicos e resistência ao cisalhamento dos diversos materiais envolvidos.
- b) Feições litoestruturais intervenientes na estabilidade de taludes a projetar.

Para cada domínio geológico deverão ser escolhidos os cortes mais complexos do ponto de vista de sua estabilidade, para amostragem e posterior execução de ensaios especiais de laboratório.

Deverão ser realizados poços de inspeção nas linhas de *off-set* de corte, quando possível, em número e posições suficientes para caracterizar a área em estudo.

 ENGENHARIA, CONSTRUÇÕES E FERROVIAS S.A.	<b>ESPECIFICAÇÕES DE PROJETO</b>		
	TÍTULO:	<b>ESTUDOS GEOTECNOLÓGICOS</b>	Nº <b>80-EG-000A-29-0000</b>

Nestes poços também deverão ser coletadas amostras deformadas em horizontes de materiais diferentes. A coleta das amostras indeformadas deverá ser orientada em função do mapeamento geológico e resultados de caracterização, referidos no item anterior. As amostras deformadas serão submetidas aos ensaios mencionados no item 3.2.1.

As amostras indeformadas serão submetidas aos seguintes ensaios:

- Massa específica aparente em laboratório ou in situ (ABNT NBR 7185:1986 *ou* ABNT NBR 9813:1987 *ou* DNER ME 036/94 *ou* DNER ME 037/94)
- Teor de umidade natural (DNER ME 052/94 *ou* DNER ME 088/94)
- Granulometria com sedimentação (ABNT NBR 7181:1988 *ou* DNER ME 051/94)
- Limite de Liquidez (ABNT NBR 6459:1984 *ou* DNER ME 122/94)
- Limite de Plasticidade (ABNT NBR 7180:1988 *ou* DNER ME 082/94)
- Massa específica dos grãos (ABNT NBR 6508:1984)
- Ensaios de resistência (cisalhamento direto pré-adensado na umidade natural e após submersão ou ensaios triaxiais). (Normas Internacionais ASTM, BSI, Eurocode).

Após a definição dos segmentos homogêneos, deve-se seguir a análise de estabilidade dos taludes das seções críticas, ou seja, aterros altos, cortes altos, seções mistas, aterros sobre taludes íngremes. Para a realização desses estudos, seguir norma técnica da ABNT NBR 11682:2009 – Estabilidade de Taludes.

### 3.3. INVESTIGAÇÕES EM ÁREAS DE ATERRO


#### 3.3.1. ATERROS SOBRE TERRENOS MOLES E COMPRESSÍVEIS

Preliminarmente, deverão ser executados ensaios que caracterizem o solo local para determinar se o solo é compressível ou saturado com necessidade apenas de drenagem.

Nos aterros onde for constatada a presença de solos de baixa resistência onde, em função da altura do aterro, a estabilidade da estrutura possa ser comprometida por recalques excessivos e, portanto, a remoção de solo ou reforço do terreno natural se justifique, indica-se a realização de, no mínimo, uma sondagem a percussão com o intuito de se estimar a profundidade do material a ser removido ou tratado. Nestes, indica-se também a execução de prospecções a trado com o intuito de se delimitar a região com presença deste tipo de material. O modelo de apresentação das ocorrências de material compressível ou mole está apresentado no Anexo 5.3.

Devem ser obtidas:

- a) Definição da disposição espacial dos diversos extratos intervenientes na estabilidade do terraplano e/ou capazes de induzir recalques ao corpo ferroviário.

 ENGENHARIA, CONSTRUÇÕES E FERROVIAS S.A.	<b>ESPECIFICAÇÕES DE PROJETO</b>		
	TÍTULO: <b>ESTUDOS GEOTECNOLÓGICOS</b>	Nº <b>80-EG-000A-29-0000</b>	FOLHA 6/29

b) Determinação de índices físicos, resistência não drenada ao cisalhamento, compressibilidade e permeabilidade dos extratos, objetivando as análises de estabilidade, cálculo de recalque e sua evolução ao longo do tempo.

O projeto de aterros sobre solos moles compreende as seguintes atividades:

### PROJETO BÁSICO


- A. Programação e execução de, pelo menos, uma investigação geotécnica nas regiões de aterro para cada unidade geológica presente ao longo do segmento, buscando a caracterização geotécnica das litologias existentes. A investigação será constituída inicialmente por Sondagens à percussão e a trado. A presença de nível d'água elevado aconselha sondagens à percussão nas investigações.
- B. Definição se a solução de substituição total da camada de solo mole é viável.
- C. Execução de investigações complementares e ensaios especiais visando à obtenção de parâmetros de resistência e deformabilidade dos solos moles, caso a solução de substituição total da camada de solo mole não seja viável.
- D. Interpretação dos resultados e definição de parâmetros para análises.
- E. Resistência e deformabilidade dos solos moles.
- F. Estabilidade global.
- G. Recalques por adensamento primário.
- H. Escolha da solução para estabilização.
- I. Concepção do tratamento.

### PROJETO EXECUTIVO

- A. As investigações geotécnicas do Projeto Básico deverão ser complementados com a finalidade de melhorar a precisão dos limites de ocorrência dos solos moles e dos valores representativos de parâmetros geotécnicos adotados nas análises.
- B. Detalhamento da solução de estabilização.
- C. Elaboração de método construtivo.
- D. Elaboração de plano de instrumentação para acompanhamento e liberação das etapas do método construtivo.

Deverão ser executadas sondagens à percussão em número suficiente para o conhecimento da natureza, espessura, volume do material e sua capacidade de suporte. O número de sondagens a realizar deve ser pequeno no início, visando a verificação da heterogeneidade da ocorrência. Em função da maior ou menor heterogeneidade, o número de sondagens deverá ser aumentado. Sugere-se um espaçamento entre sondagens de 50 a 100 m.

Estas sondagens a percussão ( $\varnothing 2^{1/2}$ ") deverão, além de atravessar toda camada de solo compressível, alcançar o solo residual com resistência mínima SPT de 15 golpes/30 cm, em pelo menos 3 m consecutivos.

 ENGENHARIA, CONSTRUÇÕES E FERROVIAS S.A.	<b>ESPECIFICAÇÕES DE PROJETO</b>		
	TÍTULO: <b>ESTUDOS GEOTECNOLÓGICOS</b>	Nº <b>80-EG-000A-29-0000</b>	FOLHA 7/29

Devem ser realizadas, para os aterros altos, investigações transversais ao eixo visando completar a análise de estabilidade.

Quando a solução de remoção total da camada mole não for viável, deve ser estabelecida a retirada de amostras para ensaios (*SHELBY*) além de ensaios de cisalhamento *in situ*. Serão então realizadas sondagens à percussão  $\varnothing 4''$ .

Para cada extrato compressível, que constitui o depósito sedimentar, deverão ser realizados os seguintes ensaios:

a) no campo

*Ensaio de Palheta (Vane Test)* a cada metro de profundidade, pelo menos em duas sondagens para determinação da resistência ao cisalhamento *in situ*. (ABNT NBR 10905 – Solos Ensaio de Palheta *in situ*) e apresentar, em gráfico, a variação da resistência não drenada,  $S_u$ , com a profundidade.

b) no laboratório, em amostras *SHELBY*


- Massa específica aparente em laboratório ou *in situ* (ABNT NBR 7185:1986 ou ABNT NBR 9813:1987 ou DNER ME 036/94 ou DNER ME 037/94)
- Teor de umidade natural (DNER ME 052/94 ou DNER ME 088/94)
- Granulometria com sedimentação (ABNT NBR 7181:1988 ou DNER ME 051/94)
- Limite de Liquidez (ABNT NBR 6459:1984 ou DNER ME 122/94)
- Limite de Plasticidade (ABNT NBR 7180:1988 ou DNER ME 082/94)
- Massa específica dos grãos (ABNT NBR 6508:1984)
- Adensamento (ABNT NBR 12007:1990)
- Triaxial consolidado, não drenado, com medida de poropressão. (Normas Internacionais: ASTM, BSI, Eurocode).

### 3.3.2. ATERROS SOBRE TERRENOS INGREMES

Deve ser obtido:

- a) Identificação espacial dos diversos extratos intervenientes na estabilidade global do conjunto encosta + terrapleno.
- b) Definição do regime hídrico subsuperficial da encosta.
- c) Delimitação de zonas críticas onde a encosta natural apresenta indícios de instabilidade.
- d) Determinação da resistência ao cisalhamento dos diversos extratos acima mencionados.
- e) Determinação do contato solo/rocha.

Sempre que indicado pelos Estudos Geológicos Preliminares, serão executadas investigações com sondagem à percussão, a trado e/ou poço de inspeção. O emprego de sondagens mistas poderá ser feito para melhor caracterização das diversas camadas de solo e contato solo-rocha.

 ENGENHARIA, CONSTRUÇÕES E FERROVIAS S.A.	<b>ESPECIFICAÇÕES DE PROJETO</b>						
	TÍTULO:	<b>ESTUDOS GEOTECNOLÓGICOS</b>	Nº	<b>80-EG-000A-29-0000</b>	FOLHA	8/29	REV.

Se necessário devem ser estabelecidas seções geológicas transversais.

Se pertinentes, devem ser retiradas amostras indeformadas de camadas representativas ou das que se apresentem mais críticas no tocante à estabilidade do conjunto aterro-encosta.

Nestas amostras indeformadas, deverão ser realizados ensaios de cisalhamento direto rápido pré-adensado para caracterizar a resistência ao cisalhamento, além dos de caracterização completa.

### 3.3.3. ATERROS SOBRE TERRENOS POUCO ACIDENTADOS E DE CAPACIDADE DE SUPORTE INDEFINIDA

Deve ser obtido:

- a) Avaliação das resistências ao cisalhamento dos diversos estratos existentes na fundação.
- b) Serão efetuadas investigações através de: sondagem a trado ou poços de inspeção, com retirada de amostras deformadas.

No caso de justificada dúvida com relação à capacidade de suporte do terreno, deverá ser realizada sondagem à percussão.

A operação de sondagem à percussão será paralisada quando atingir solo com resistência mínima SPT de 15 golpes/30 cm, em pelo menos 3 m consecutivos.

### 3.4. OBRAS DE ARTE ESPECIAIS


#### 3.4.1. GENERALIDADES

O plano de sondagem será feito, em função do comprimento da obra e o número de apoios,. Primeiramente, deve-se proceder a uma análise visual *in loco*, a fim de definir, em caráter provisório, porém o mais próximo da realidade técnica.

Em obras de arte especiais, no que diz respeito às avaliações e considerações geotécnicas para determinação do tipo de fundação, os seguintes pontos devem ser analisados:

- A. Características do subsolo: Tipo de solo, inexistência de solos colapsíveis ou expansivos abaixo das fundações, índice de resistência a penetração ( $N_{SPT}$ ), nível d'água e determinação de sua tensão admissível.
- B. Grandeza das cargas a serem transmitidas às fundações e a determinação da cota de assentamento das bases dos tubulões ou comprimento previsto para as estacas.
- C. Existência de redes de interferências.
- D. Limitação executiva do equipamento para diversos tipos de fundações.
- E. Análise de estabilidade dos taludes nos encontros de pontes onde ocorrem camadas de baixa capacidade de suporte e análise de ocorrência de esforços adicionais na fundação: verticais devido ao atrito negativo por recalque do aterro e horizontais devido ao empuxo lateral por movimentação das camadas instáveis, efeito *Tschebotarioff*, cálculo de



 <b>VALEC</b> ENGENHARIA, CONSTRUÇÕES E FERROVIAS S.A.	<b>ESPECIFICAÇÕES DE PROJETO</b>		
	TÍTULO: <b>ESTUDOS GEOTECNOLÓGICOS</b>	Nº <b>80-EG-000A-29-0000</b>	FOLHA 9/29

esforços e deslocamentos no topo da estaca devido a força horizontal e momentos aplicados. Deve-se apresentar toda memória de cálculo como justificativa para o dimensionamento e citar as referências bibliográficas onde se encontram os fundamentos do método.

- F. O dimensionamento geotécnico das fundações profundas deve ser feito utilizando as metodologias apresentadas na Tabela 1.

<b>TABELA 1 - CAPACIDADE DE CARGA AXIAL DAS ESTACAS MÉTODOS PROPOSTOS PARA ANÁLISE</b>		
<b>TIPO DE FUNDAÇÃO</b>	<b>MÉTODOS INDICADOS (*)<sup>1</sup></b>	
ESTACA RAIZ	AOKI E VELLOSO MODIFICADO POR MONTEIRO (1997)	FUNDESP
ESTACA ESCAVADA (*) <sup>2</sup>	AOKI E VELLOSO MODIFICADO POR MONTEIRO (1997)	DANZIGER (1982)

(\*)<sup>1</sup> NO CASO DE SOLOS HOMOGÊNEOS (AREIA OU ARGILA) INDICA-SE A UTILIZAÇÃO DO MÉTODO DE DÉCOURT E QUARESMA (1978) NA ANÁLISE DE CAPACIDADE DE CARGA DAS ESTACAS (EXCETO PARA O CASO DE ESTACA RAIZ).

(\*)<sup>2</sup> A UTILIZAÇÃO DE ESTACA ESCAVADA SOMENTE SERÁ AUTORIZADA NO CASO DE IMPOSSIBILIDADE DE EXECUÇÃO DE OUTRO TIPO DE FUNDAÇÃO.

Caso a Consultora deseje empregar outro método, o mesmo deverá ser aprovado pela Fiscalização.

### 3.4.2. PROJETO BÁSICO

Deve-se executar um furo de sondagem à percussão em cada margem. O limite máximo de profundidade deverá ser de 25 m ou quando o terreno indicar ocorrência de terrenos com resistência maior ou igual a 30 golpes para penetração de 30 cm (SPT) em 10 m consecutivos.


Para a determinação da tensão admissível dos solos, indica-se a utilização dos valores propostos na NBR 6122:1996 (Projeto e execução de fundações).

Para casos particulares, como quando as prospecções geotécnicas indicarem a presença de material que contribua para a redução da resistência (mica, por exemplo), sugere-se a utilização da equação proposta por Teixeira & Godoy (1996):

$$\sigma_a = 0,02 \times N_{SPT}$$

( $\sigma_a$  em MPa)

Tal correlação é válida para qualquer solo natural no intervalo  $5 \leq N_{SPT} \leq 20$ , sendo a tensão admissível máxima limitada em 0,40 MPa.

 ENGENHARIA, CONSTRUÇÕES E FERROVIAS S.A.	<b>ESPECIFICAÇÕES DE PROJETO</b>		
	TÍTULO:	<b>ESTUDOS GEOTECNOLÓGICOS</b>	Nº <b>80-EG-000A-29-0000</b>

Para análise de recalques por adensamento primário utiliza-se a teoria do adensamento de Terzaghi com parâmetros geotécnicos constantes de bibliografias obtidos a partir de correlações com o ensaio SPT.

### 3.4.3. PROJETO EXECUTIVO

Será executado um furo para cada encontro, e, na parte central, um mínimo de um furo na linha do eixo em cada apoio. Para obras ferroviárias de um único vão, serão executados os furos correspondentes aos encontros.

De acordo com os resultados obtidos, caberá à fiscalização a indicação de furos complementares para melhor definição do perfil geotécnico do terreno.

Estas sondagens deverão ser iniciadas a percussão e, quando se encontrar o impenetrável, haverá o prosseguimento com rotativa. Toda vez que a rotativa ultrapassar o impenetrável, deverá ser retomada a sondagem a percussão.

O limite máximo de profundidade deverá ser de 25 m ou quando o terreno indicar uma das seguintes condições abaixo:

- Ocorrência de terrenos com resistência maior ou igual a 30 golpes para penetração de 30 cm (SPT) em 10 m consecutivos;
- Ocorrência de rocha onde o furo a rotativa indicar recuperação maior ou igual a 70% em 3 m consecutivos.

Orienta-se a utilização de métodos teóricos através de fórmulas de capacidade de carga que visam estimar a tensão de ruptura geral do solo. O coeficiente de segurança adotado deve levar em consideração como foram obtidos os parâmetros de resistência que estão sendo utilizados, se foram através de interpretação de ensaios, de bibliografias, de experiências regionais, de correlações etc. O fator de segurança a ser adotado deverá ser de acordo com a norma técnica da ABNT NBR 6122:1996.


Recomenda-se avaliar os recalques pela teoria do adensamento de Terzaghi ou por análises numéricas, utilizando-se parâmetros de ensaios de laboratório ou de campo específicos para solo moles encontrados.

### 3.4.4. Coleta de amostras e ensaios

No caso de presença de solos compressíveis nos encontros, quando a remoção total da camada mole para implantação da terraplenagem não se apresentar viável, deve ser estabelecida uma programação de ensaio de Palheta (*Vane Test*) e de retirada de amostras para ensaios especiais de laboratório.

Deve ser aplicada metodologia análoga a de Aterros sobre Solos Moles e Compressíveis, item 3.3.1.

### 3.5. OBRAS DE ARTE CORRENTES

 ENGENHARIA, CONSTRUÇÕES E FERROVIAS S.A.	<b>ESPECIFICAÇÕES DE PROJETO</b>		
TÍTULO: <b>ESTUDOS GEOTECNOLÓGICOS</b>	Nº <b>80-EG-000A-29-0000</b>	FOLHA 11/29	REV. 1

Caso seja constatado através de análise “in loco” por métodos expeditos a insuficiência de capacidade suporte do solo de fundação, deverão ser realizadas sondagens e ensaios a fim de definir os serviços necessários ao preparo adequado da fundação da OAC.

O plano de sondagens deverá constar de sondagens a trado e/ou percussão em função do comprimento e do tipo da obra, indicados no Projeto Básico.

Primeiramente, deve-se proceder a uma análise visual *in loco*, a fim de definir, em caráter provisório, porém o mais próximo da realidade técnica.

Será executado pelo menos 1 furo por OAC, respeitando-se porém o mínimo de 1 furo a cada 20 m ao longo do eixo provável, adequando para as obras maiores que 20 m o número de furos em função do comprimento avaliado para OAC.

De acordo com os resultados obtidos, caberá a fiscalização a indicação de furos complementares para melhor definição do perfil geotécnico do terreno.

A sondagem a percussão será paralisada quando o furo atingir o limite de 15 m ou quando houver ocorrência de terrenos com resistência maior ou igual a 30 golpes para penetração de 30 cm (método SPT) em 3 m consecutivos, ou quando em qualquer profundidade for atingido o *impenetrável*. Neste último caso, se houver suspeita de matacão, o posicionamento do furo deve ser deslocado de 2 ou 3 m.

### 3.6. INVESTIGAÇÃO PARA MATERIAIS NATURAIS DE CONSTRUÇÃO

O mapeamento geológico preliminar das ocorrências ao longo do eixo permitirá um estudo prévio das condições econômicas do uso destas ocorrências, escolhendo aquelas que resultem num menor momento de transporte para os materiais a serem utilizados. Este estudo econômico deve proceder a programação de estudos geotécnicos, eliminando, quando possível, o estudo das jazidas que resultem em custos de transportes mais elevados. O modelo A3 de apresentação do mapeamento das ocorrências está no Anexo 5.6. O modelo de apresentação do resumo dos resultados dos ensaios pode ser encontrado no Anexo 5.4.

#### 3.6.1. MALHA USADA NAS OCORRÊNCIAS

No mapeamento das ocorrências ao longo do eixo, a malha a ser usada conforme descrito a seguir.


##### PROJETO BÁSICO

Após a escolha da área, serão lançadas malhas básicas com 160 m de lado.

Em um total de 5 a 12 vértices destas malhas, que a fiscalização julgue representativos da área, serão executados furos de sondagens a trado e/ou poços de inspeção.

##### PROJETO EXECUTIVO

Os furos serão locados nos vértices de uma malha básica, agora estimada com cerca de 40 m de lado.

 ENGENHARIA, CONSTRUÇÕES E FERROVIAS S.A.	<b>ESPECIFICAÇÕES DE PROJETO</b>		
	TÍTULO: <b>ESTUDOS GEOTECNOLÓGICOS</b>	Nº <b>80-EG-000A-29-0000</b>	FOLHA 12/29

As sondagens da jazida deverão ser amarradas entre si e determinada a distância da jazida à ferrovia, a fim de se ter idéia das dimensões da ocorrência e das distâncias de transportes envolvidas.

### 3.6.2. MATERIAIS PÉTREOS PARA LASTRO E AGREGADO

Uma primeira indicação e definição de pedreiras potenciais decorre estritamente do reconhecimento geológico e da descrição da litologia, da estimativa da cubagem de volumes (áreas e espessura) da formação e da apreciação de primeiro grau de aproximação dos fatores condicionantes da exploração.

#### 3.6.2.1 MATERIAL PARA LASTRO

A escolha da jazida de material pétreo para lastro deverá atender às seguintes condições:


- Estar próximo do lote de projeto e situado a uma distância máxima, quando possível, de 50 km em relação ao eixo da ferrovia.
- O volume de maciço deverá ser superior a 500.000 m<sup>3</sup>.

Com a finalidade de caracterizar o material da pedreira potencial, é retirada uma amostra representativa do jazimento, obtida da extração em afloramentos, para a qual são previstos os ensaios:

- Composição granulométrica (ABNT NBR NM 248:2003)
- Teor de argila em torrões (ABNT NBR 7218)
- Teor de material pulverulento (ABNT NBR NM 46:2003)
- Análise petrográfica (ABNT NBR 7389:1992 ou DNER IE 006/94)
- Abrasão Los Angeles (ABNT NBR NM 51:2001 – Partes 1 e 2)
- Resistência ao choque (ABNT NBR 8938) (\*)
- Massa específica, massa específica aparente e absorção (ABNT NBR 6458)
- Massa unitária (ABNT NBR NM 45:2006)
- Massa específica, absorção e porosidade (ABNT NBR 7418) (\*)
- Durabilidade (DNER ME 089/94 ou ASTM-C88-05) (\*\*)
- Resistência mínima à compressão simples (ABNT NBR-6953) (\*)
- Reatividade Potencial (função do resultado da análise petrográfica) (ASTM-C289-07) (\*\*)

NOTA: (\*) Objetivando lastro

(\*\*) Objetivando agregado

 ENGENHARIA, CONSTRUÇÕES E FERROVIAS S.A.	<b>ESPECIFICAÇÕES DE PROJETO</b>		
	TÍTULO: <b>ESTUDOS GEOTECNOLÓGICOS</b>	Nº <b>80-EG-000A-29-0000</b>	FOLHA 13/29

Definidas as pedreiras mais convenientes para exploração, a fiscalização VALEC autorizará investigações através de sondagens rotativas ( $\varnothing$  BX), a trado e/ou poço de inspeção, sendo estas duas últimas indicadas para definirem a capa de estéril. Estimam-se furos de rotativa, convenientemente locados, cujas profundidades serão tais que determinarão as condições de volume e exploração comercial.

As amostras de rocha de locais representativos para definirem a pedreira, serão provenientes de testemunhos das sondagens e de extrações em afloramentos. Os ensaios previstos são aqueles acima mencionados.

O relatório de apresentação dos resultados das investigações geotecnológicas deverá vir acompanhado dos seguintes documentos relativos à pedreira:

- Cadastro de proprietários e benfeitorias existentes visando a desapropriação da área;
- Área a desapropriar;
- Desenhos indicando os acessos ao local e a quilometragem;
- Volume de decapagem;
- Disponibilidade de energia elétrica, indicando potência disponível e voltagem.

As características que o material para lastro deve apresentar constam da Especificação Técnica da VALEC relativa à Brita para Lastro. O modelo de apresentação de mapeamento dos materiais pétreos está no Anexo 5.7.

Ocorrendo a possibilidade de não serem encontradas jazidas de material pétreo para lastro que apresentem *Los Angeles*  $\leq 30\%$ , poderão ser pesquisadas jazidas que apresentem *Los Angeles* de no máximo 40%.


### 3.6.2.2 MATERIAIS GRANULARES NATURAIS PARA AGREGADO, FILTROS, COLCHÕES DRENANTES, ETC.

A escolha da jazida de material pétreo exclusivamente para agregado, drenagem, enrocamentos, etc, deverá atender às seguintes condições:

- Sempre que possível, estar dentro do lote de projeto
- Apresentar características físicas e mecânicas adequadas para a utilização do material como o agregado ou outra finalidade.

Nos prováveis areais e cascalheiras, visando a sua exploração, é necessário determinar:

- A espessura e qualidade do estéril (classificação tátil visual e indicações de consistência) para previsão dos equipamentos e processos construtivos de sua remoção.

 <b>VALEC</b> ENGENHARIA, CONSTRUÇÕES E FERROVIAS S.A.	<b>ESPECIFICAÇÕES DE PROJETO</b>		
TÍTULO: <b>ESTUDOS GEOTECNOLÓGICOS</b>	Nº <b>80-EG-000A-29-0000</b>	FOLHA 14/29	REV. 1

- O nível do lençol freático.
- A espessura e qualidade do depósito.
- As necessidades de peneiramento e/ou lavagens em função das granulometrias.

Quando a ocorrência se fizer acima do nível d'água, a prospecção e amostragem serão feitas por meio de poços exploratórios. Quando abaixo do nível d'água, empregar-se às sondagens a percussão.

Serão lançadas sobre a jazida malhas básicas quadrangulares, estimadas com 160 m de lado, no máximo. Para efeito de cubagem, serão feitas sondagens nos vértices destas malhas e coletadas amostras do depósito de metro em metro.

As sondagens deverão ser amarradas entre si e determinada a distância da jazida à ferrovia, a fim de se ter idéia das dimensões da ocorrência e das distâncias de transporte envolvidas.

i. Ensaios para agregado

As amostras coletadas dos vértices das malhas básicas serão misturadas, formando a amostra representativa do depósito, para a qual estão previstos os seguintes ensaios:

- Apreciação petrográfica para agregados (ABNT NBR 7389:1992)
- Reatividade potencial (função do resultado da análise petrográfica)


Cada malha básica estimada com 160 m de lado, terá um reticulado de cerca de 40 m x 40 m. Nos vértices deste reticulado serão feitas sondagens e coletadas amostras, depois de misturadas, formarão a amostra representativa da malha, para a qual estão previstos os seguintes ensaios:

- Composição granulométrica (ABNT NBR NM 248:2003)
- Teor de argila em torrões (ABNT NBR 7218)
- Teor de material pulverulento (ABNT NBR NM 46:2003)
- Teor de matéria orgânica (ABNT NBR NM 49:2001) (\*)
- Massa específica, massa específica aparente e absorção (ABNT NBR 6458)
- Massa unitária (ABNT NBR NM 45:2006)
- Durabilidade (DNER ME 089/94 ou ASTM-C88-05)

NOTA: (\*) Objetivando agregado miúdo.

ii. Ensaios para filtros e colchões drenantes

As amostras coletadas dos vértices das malhas básicas serão misturadas, formando a amostra representativa do depósito, para a qual estão previstos os seguintes ensaios:

 ENGENHARIA, CONSTRUÇÕES E FERROVIAS S.A.	<b>ESPECIFICAÇÕES DE PROJETO</b>		
	TÍTULO: <b>ESTUDOS GEOTECNOLÓGICOS</b>	Nº <b>80-EG-000A-29-0000</b>	FOLHA 15/29

- Composição granulométrica (ABNT NBR NM 248:2003)
- Teor de argila em torrões (ABNT NBR 7218)
- Teor de material pulverulento (ABNT NBR NM 46:2003)
- Teor de matéria orgânica (ABNT NBR NM 49:2001) (\*)

NOTA: (\*) Objetivando areia.

No caso de depósitos granulometricamente heterogêneos, deverão ser coletadas amostras representativas de cada área característica.

### 3.6.3. MATERIAL TERROSO PARA CONSTRUÇÃO DE CORPOS DE ATERRO

Sempre que possível e economicamente indicado, tais empréstimos resultarão do alargamento e/ou suavização dos taludes dos cortes projetados.

As sondagens das áreas de empréstimo deverão ser amarradas entre si e determinada a distância da jazida à ferrovia, a fim de ter idéia das dimensões da ocorrência e das distâncias de transporte envolvidas.

Os furos são locados de acordo com uma malha básica, estimada com 160 m de lado, no máximo.

Os furos devem atingir o N.A. ou o impenetrável ao equipamento manual de exploração, visto que, aberto um empréstimo, em geral convém economicamente aprofundar sua exploração tanto quanto possível, desde que tal fato não implique em interferências com a drenagem natural da região.

Em todas as sondagens realizadas deverão ser coletadas amostras deformadas de cada horizonte de material.

As amostras colhidas serão submetidas a ensaios de granulometria sem sedimentação, limite de liquidez, limite de plasticidade, umidade natural, densidade *in situ*, compactação (proctor normal, ISC e expansão).


Para corpo de aterros, as amostras deverão apresentar  $ISC > 2$  e expansão  $\leq 4\%$ .

Para camadas finais de aterro, relativas aos últimos 60 cm, as amostras deverão apresentar  $ISC \geq 8$  e expansão  $< 2\%$ .

Caberá à fiscalização definir a necessidade de serem feitos estudos especiais para aterros com altura  $> 25m$ :

- Para cada material e condição de compactação (por exemplo: umidade ótima  $\pm 2\%$ ) devem ser executados ensaios especiais, objetivando identificar as variações de parâmetros de resistência e recalques do maciço.
- Deve ser esquematizado o zoneamento dos materiais do aterro.

A investigação de furos a trado pode ser complementada pela abertura de poços de inspeção tátil visual, a determinação da densidade *in situ* e a umidade natural do solo.

 <b>VALEC</b> ENGENHARIA, CONSTRUÇÕES E FERROVIAS S.A.	<b>ESPECIFICAÇÕES DE PROJETO</b>		
	TÍTULO: <b>ESTUDOS GEOTECNOLÓGICOS</b>	Nº <b>80-EG-000A-29-0000</b>	FOLHA 16/29

Estas servem para uma comparação aproximada de volumes de corte e de aterro compactados.

#### 3.6.4. MATERIAL PARA SUBLASTRO

Estes estudos objetivam a escolha de jazidas para uso no sublastro da ferrovia.

##### PROJETO BÁSICO

A malha usada no projeto básico para os estudos de jazidas será como indicado no item 3.6.1.

As amostras coletadas a cada horizonte serão submetidas aos ensaios:

- Granulometria sem sedimentação (ABNT NBR 7181:1988 ou DNER ME 051/94)
- Limite de Liquidez (ABNT NBR 6459:1984 ou DNER ME 122/94)
- Limite de Plasticidade (ABNT NBR 7180:1988 ou DNER ME 082/94)
- Teor de umidade natural (DNER ME 052/94 ou DNER ME 088/94)
- Ensaio de compactação: energia de compactação Próctor Intermediário (ABNT NBR 7182:1988 ou DNER ME 129/94 ou DNER ME 162/94)
- Índice Suporte Califórnia e Expansão (ABNT NBR 9895:1987 ou DNER ME 049/94)

Caso os resultados atendam à especificação da VALEC relativa ao sublastro e o volume estimado atenda às necessidades, passar-se-á à fase definitiva de investigação e, em caso negativo, abandonar-se-á a área.

##### PROJETO EXECUTIVO


A malha usada no projeto executivo para os estudos de jazidas será como indicado no item 3.6.1.

Em todas as sondagens realizadas deverão ser coletadas amostras deformadas dos horizontes de materiais diversos.

As amostras colhidas serão submetidas a ensaios de:

- Granulometria sem sedimentação (ABNT NBR 7181:1988 ou DNER ME 051/94)
- Limite de Liquidez (ABNT NBR 6459:1984 ou DNER ME 122/94)
- Limite de Plasticidade (ABNT NBR 7180:1988 ou DNER ME 082/94)
- Teor de umidade natural (DNER ME 052/94 ou DNER ME 088/94)
- Ensaio de compactação: energia de compactação Próctor Intermediário (ABNT NBR 7182:1988 ou DNER ME 129/94 ou DNER ME 162/94)



 ENGENHARIA, CONSTRUÇÕES E FERROVIAS S.A.	<b>ESPECIFICAÇÕES DE PROJETO</b>		
	TÍTULO: <b>ESTUDOS GEOTECNOLÓGICOS</b>	Nº <b>80-EG-000A-29-0000</b>	FOLHA 17/29

- Índice Suporte Califórnia e Expansão (ABNT NBR 9895:1987 ou DNER ME 049/94)

As características que o material para sublastro deve apresentar são ISC>20%, expansão <2%, LL < 25% e IP < 6%. Os estudos estatísticos assim como croqui de localização, proprietário, distância do eixo, volumes de expurgo e de utilização devem ser apresentados de acordo com o modelo de apresentação A3, conforme Anexo 5.6.

#### 4. MÉTODOS DE EXECUÇÃO E APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS

##### 4.1. CARTA GEOLÓGICA E PERFIL

A carta geológica deverá conter os domínios geológicos na área de implantação da via assim como o traçado da mesma. O modelo de prancha para a apresentação da carta geológica e perfil encontra-se no Anexo 5.8.

##### 4.2. SONDAGENS

A seguir, listam-se as normas técnicas que deverão ser seguidas para a execução, apresentação dos boletins de campo e relatório definitivo das sondagens a trado, poços de inspeção e sondagens a percussão.

- - NBR 9603:1986 - "Sondagem a Trado".
- - NBR 9604:1986 - "Abertura de Poço e Trincheira de Inspeção em Solo, com Retirada de Amostras Deformadas e Indeformadas".
- - NBR 6457:1986 - "Amostras de Solo - Preparação para Ensaio de Compactação e Ensaio de Caracterização".
- - NBR 7250:1986 - "Identificação e Descrição de Amostras a Partir de Furos de Sondagem".

Os modelos de apresentação dos relatórios definitivos das sondagens estão apresentados no Anexo 5.2.

<b>VALEC</b> ENGENHARIA, CONSTRUÇÕES E FERROVIAS S.A.	<b>ESPECIFICAÇÕES DE PROJETO</b>		
TÍTULO: <b>ESTUDOS GEOTECNOLÓGICOS</b>	Nº <b>80-EG-000A-29-0000</b>	FOLHA 18/29	REV. 1

## 5. ANEXOS

### 5.1. MODELO DE PLANILHA DE PROGRAMAÇÃO

Programação das Investigações Geotécnicas.xls

Nome da Ferrovia - LOTE XXXX - km XXXX+YYY ao km YYY+XXX


Tipo	Nomenclatura	Entrega	SONDAGEM			Tipologia de Sondagem	Características por Parâmetro	L1	Lp	Unidade Natural	Densidade in situ	Características Porosidade	Características Intermitentes	ISC e Espessura	Observações
			Contorno	Estim	Notas										
<b>MODELO</b>															

FF0000LOGO DA PROJETISTA

CARIMBO DE APROVAÇÃO DA VALEC

15/12/2009

1

 ENGENHARIA, CONSTRUÇÕES E FERROVIAS S.A.	<b>ESPECIFICAÇÕES DE PROJETO</b>		
	TÍTULO: <b>ESTUDOS GEOTECNOLÓGICOS</b>	Nº <b>80-EG-000A-29-0000</b>	FOLHA 19/29

## 5.2. MODELOS DE BOLETIM DE SONDAGENS

LOGO DA PROJETISTA	<b>VALEC</b>	NOME DA FERROVIA		
TÍTULO:		Nº PROJ.	FOLHA	REV.
TRECHO:				
SUBSTRADO:				
SONDAGEM:		Km		
COTA DA BOCA:		LOTE:		
PROFUNDIDADE ABAND-DO-OPERE:		PROFUNDIDADE ENRAMADA:		
		DATA:		

### BOLETIM DE SONDAGEM

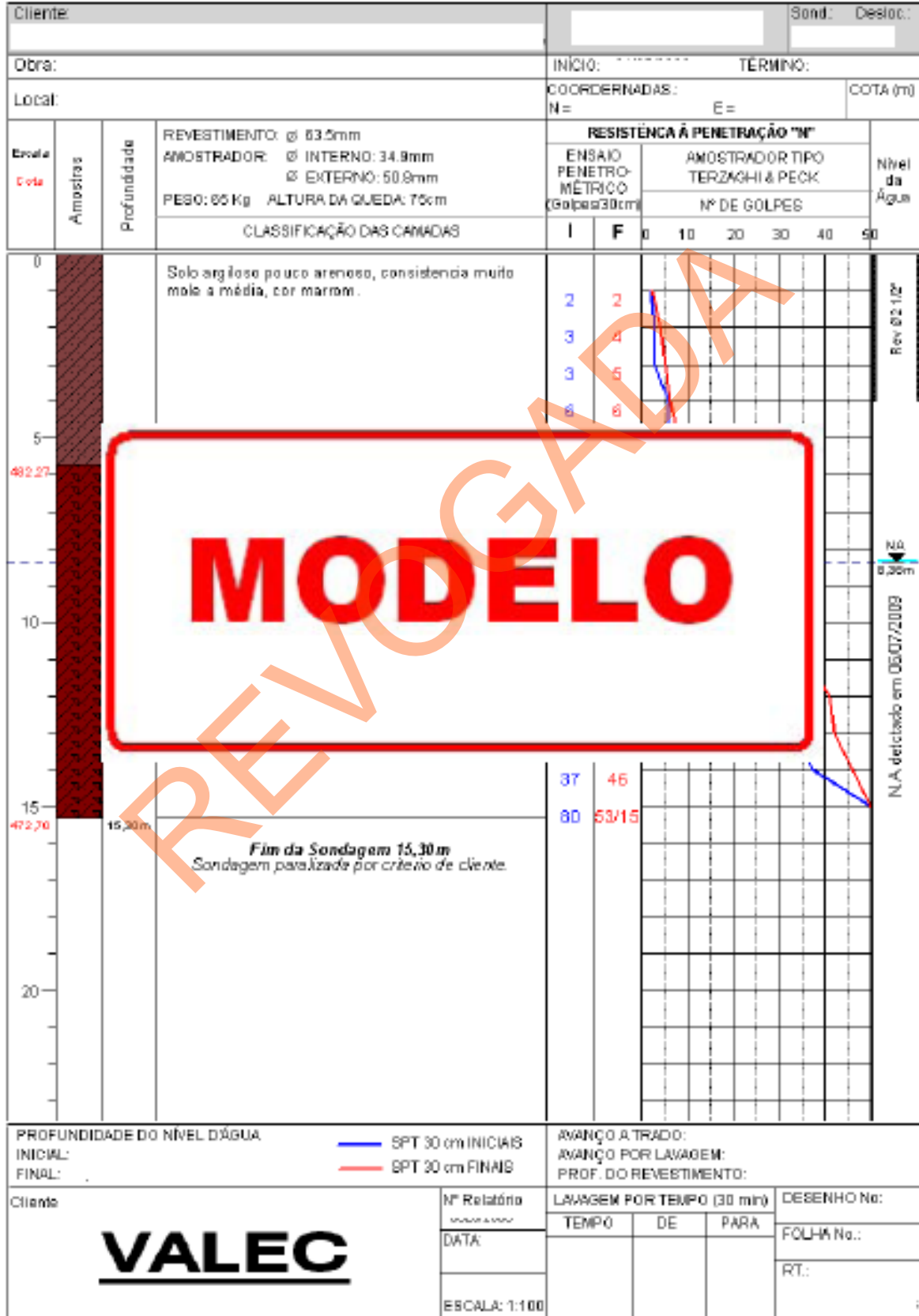
PROFD. (m)	N. A. (m)	COTA (m)	PERFIL	CLASSIFICAÇÃO DO MATERIAL
<div style="border: 2px solid red; padding: 10px; display: inline-block;"> <b>MODELO</b> </div>				

TÍTULO: **ESTUDOS GEOTECNOLÓGICOS**

Nº **80-EG-000A-29-0000**

FOLHA  
20/29

REV.  
1

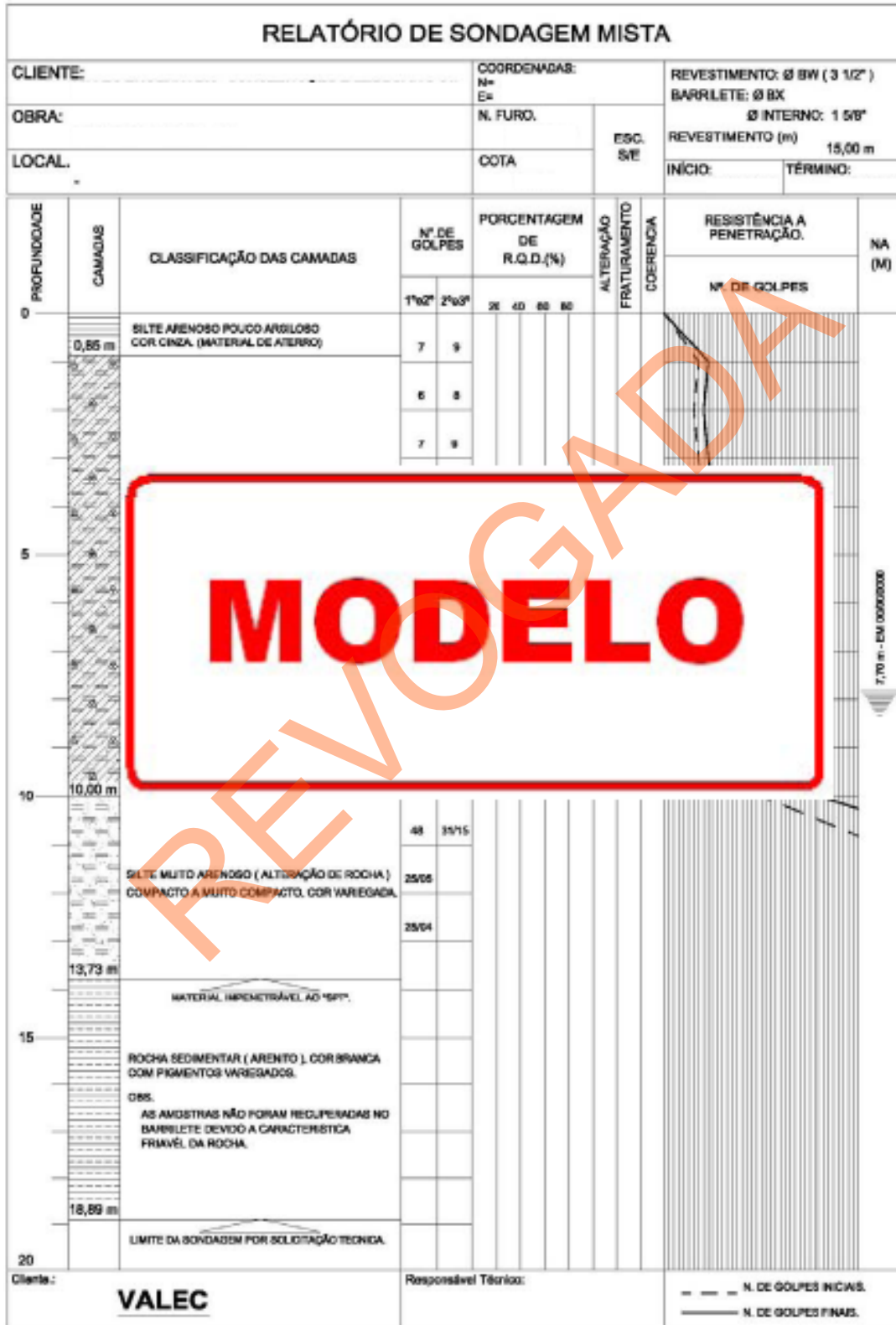



TÍTULO: ESTUDOS GEOTECNOLÓGICOS

Nº 80-EG-000A-29-0000

FOLHA  
21/29

REV.  
1




 <b>VALEC</b> ENGENHARIA, CONSTRUÇÕES E FERROVIAS S.A.	<b>ESPECIFICAÇÕES DE PROJETO</b>		
TÍTULO: <b>ESTUDOS GEOTECNOLÓGICOS</b>	Nº <b>80-EG-000A-29-0000</b>	FOLHA 22/29	REV. 1

5.3. MODELO DE CADASTRAMENTO DE OCORRÊNCIAS DE SOLO MOLE OU COMPRESSÍVEL

<b>SOLO MOLE – CADASTRO DE OCORRÊNCIA</b> <b>TRECHO:</b>
<b>INFORMAÇÕES GERAIS</b>
<p>Descrição:</p> <p>Comprimento:</p> <p>Largura:</p> <p>Espessura:</p> <p>Volume de remoção estimado:</p> <p>Nível d'água:</p>
<b>REGISTRO FOTOGRÁFICO</b>

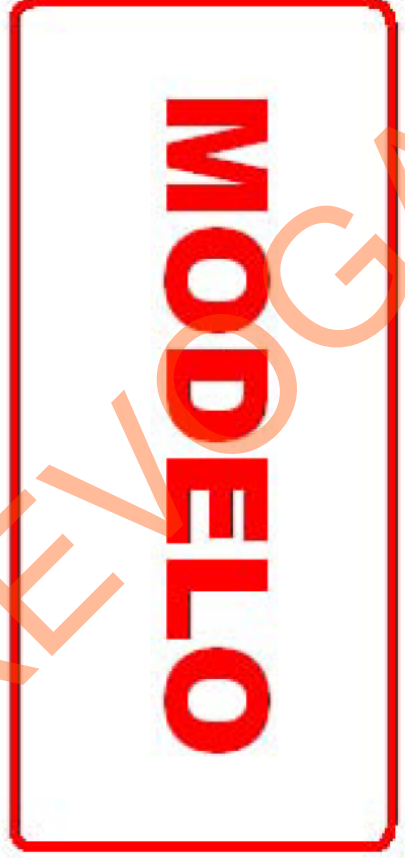
5.4. MODELO DE PLANILHA RESUMO DE INVESTIGAÇÃO GEOTÉCNICA NAS OCORRÊNCIAS.

Título:		<b>Logo Projetista</b>													<b>RESULTADOS DAS INVESTIGAÇÕES GEOTÉCNICAS REALIZADAS NAS OCORRÊNCIAS</b>							Nº VALEC:	FOLHA	REV.										
REGISTRO		Ocorrência 01 - km 414+002													Nº PROJ.:																			
PROF.	(m)														ANÁLISE GRANULOMÉTRICA (%<sup>4</sup>)					h <sub>max</sub> (%)	ÍNDICES FÍSICOS			CLASSIFICAÇÃO				COMPACTAÇÃO AASHTO (Proctor Intermediário)		I. S. C.				
		2"	1"	3/8"	Nº 4	Nº 10	Nº 40	Nº 200	LL	LP	IP	IG	HRB	SUCS	γ <sub>max</sub> (kgf/cm³)	h <sub>ót</sub> (%)	C. B. R. (%)	EXP (%)																
PI - 01	0,00 - 0,10	MODELO																																
	0,10 - 0,50																		Capa - Solo superficial	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PI - 02	0,10 - 0,50	Capa - Solo superficial	91,4	79,2	79,2	57,5	37,7	29,3	19,8	15,2	48,8%	25,9%	22,9%	0,6	A-2-7	SM	1810,00	15,0	25,6	0,40														
	0,50 - 0,90	Argila arenosa, amarelada	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-													
PI - 03	0,00 - 0,10	Capa - Solo superficial	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-													
	0,10 - 0,40	Capa - Solo superficial	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-													
PI - 04	0,10 - 0,80	Capa - Solo superficial	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-													
	0,80 - 1,00	Argila silteosa c/ areia fina e cinza	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-													
PI - 05	0,00 - 0,10	Capa - Solo superficial	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-													
	0,10 - 0,50	Capa - Solo superficial	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-													
PI - 07	0,10 - 0,50	Capa - Solo superficial	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-													
	0,50 - 0,90	Argila arenosa, amarelada	92,0	77,4	77,4	55,9	35,8	29,6	21,4	13,4	31,4%	17,4%	14,0%	0,3	A-2-6	SM	1870,00	13,9	42,1	0,00														
PI - 08	0,00 - 0,10	Capa - Solo superficial	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-													
	0,10 - 0,60	Argila arenosa, amarelada	92,0	89,0	89,0	79,4	58,8	44,0	34,5	18,0	50,8%	28,3%	22,5%	2,4	A-2-7	SM	1674,00	18,1	38,1	0,18														
PI - 08	0,60 - 0,70	Argila arenosa marrom claro	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-													
	0,70 - 1,10	Argila arenosa, amarelada	100,0	95,2	82,0	67,3	46,0	36,2	25,0	12,0	40,4%	26,2%	14,2%	0,4	A-2-7	SM	1825,00	17,5	22,0	0,00														

 <b>ENGENHARIA, CONSTRUÇÕES E FERROVIAS S.A.</b>	<b>ESPECIFICAÇÕES DE PROJETO</b>			
	TÍTULO: <b>ESTUDOS GEOTECNOLÓGICOS</b>	Nº	<b>80-EG-000A-29-0000</b>	FOLHA 24/29

5.5. MODELO DE PLANILHA RESUMO DE INVESTIGAÇÃO GEOTÉCNICA DO EIXO.

km	REGISTRO	PROF. (m)	N. A.	Tipologia do estudo	Registro Fotográfico	DESCRICÃO	ANÁLISE GRANULOMÉTRICA (%<)										Índice (%)	Y <sub>200</sub> (mm)	Y <sub>10</sub> (mm)	Y <sub>5</sub> (mm)	ÍNDICES FÍSICOS					CLASSIFICAÇÃO			COMPACTAÇÃO AASHTO (Proctor Normal)		L.S.C.
							2"					1"									LL (%)	LP (%)	IP (%)	IG (%)	TRB	SUCS	Y <sub>m</sub> (kg/cm <sup>3</sup> )	h <sub>d</sub> (%)	C.B.R. (%)	EXP (%)	
							1 <sup>o</sup>	3 <sup>o</sup>	4 <sup>o</sup>	10 <sup>o</sup>	20 <sup>o</sup>	1 <sup>o</sup>	3 <sup>o</sup>	4 <sup>o</sup>	10 <sup>o</sup>	20 <sup>o</sup>															
43 + 100	ST - 01	0,00 - 0,20	seco	Corte		Camada vegetal Argila c/ pedregalho, areia grossa e p/ areia média cor: avermelhada Argila c/ areia fina p/ areia média cor: avermelhada	100	100	93	82	71	65	65	22,6	1.317,3	-	-	-	54,9	37,3	17,6	11	A-7,6		1.530,2	21,2	1	0,7			
		100					100	100	99	98	94	83	28,0	-	-	-	56,0	35,8	20,3	15	A-7,6		1.459,5	26,5	8	0,7					
43 + 340	ST - 02	0,00 - 0,20	seco	Corte		Camada vegetal Site c/ areia fina p/ areia média e grossa cor: avermelhada Site c/ areia fina e p/ areia média cor: variegado Site c/ areia fina e p/ média cor: variegado	100	100	100	99	97	88	76	22,8	1.331,4	-	-	-	NL	NP	NP	8	A-4		1.559,6	22,6	7	0,6			
		100					100	100	99	98	89	72	20,8	-	-	-	NL	NP	NP	7	A-4		1.562,8	21,2	4	3,2					
46 + 520	ST - 03	0,20 - 2,00	seco	Corte		Camada vegetal Site c/ areia fina p/ areia média e areia grossa cor: avermelhada Limite de Sondagem	100	100	100	100	99	96	89	70	17,1	-	-	-	NL	NP	NP	7	A-4		1.613,2	19,5	13	0,1			
		100					100	100	99	96	89	70	17,1	-	-	-	NL	NP	NP	7	A-4		1.521,9	23,6	5	1,0					
46 + 780	ST - 04	0,20 - 2,50	seco	Corte		Camada vegetal Argila c/ areia fina p/ areia média, areia grossa cor: avermelhada Limite de Sondagem	100	100	100	99	96	85	66	19,2	1.320,1	-	-	-	NL	NP	NP	6	A-4		1.553,0	22,8	4	1,5			
		100					100	100	99	96	89	70	17,1	-	-	-	NL	NP	NP	7	A-4		1.463,1	20,5	8	0,1					
47 + 960	ST - 05	0,00 - 0,20	seco	Corte		Camada vegetal Argila c/ areia fina p/ areia média, areia grossa cor: avermelhada Limite de Sondagem	100	100	100	99	96	85	66	19,2	1.320,1	-	-	-	NL	NP	NP	6	A-4		1.553,0	22,8	4	1,5			
		100					100	100	99	96	85	66	19,2	1.320,1	-	-	-	NL	NP	NP	6	A-4		1.463,1	20,5	8	0,1				
48 + 200	ST - 06	0,00 - 0,20	seco	Corte		Camada vegetal Argila c/ pedregalho, areia fina, areia grossa cor: avermelhada Limite de Sondagem	100	100	100	99	96	85	66	19,2	1.320,1	-	-	-	NL	NP	NP	6	A-4		1.553,0	22,8	4	1,5			
		100					100	100	99	96	85	66	19,2	1.320,1	-	-	-	NL	NP	NP	6	A-4		1.463,1	20,5	8	0,1				
50 + 400	ST - 07	0,20 - 1,70	seco	Corte		Camada vegetal Site c/ areia fina, areia média p/ areia grossa cor: avermelhada Argila c/ areia fina, pedregalho, areia grossa cor: avermelhada Limite de Sondagem	100	100	100	99	96	85	66	19,2	1.320,1	-	-	-	NL	NP	NP	6	A-4		1.553,0	22,8	4	1,5			
		100					100	100	99	96	85	66	19,2	1.320,1	-	-	-	NL	NP	NP	6	A-4		1.463,1	20,5	8	0,1				
51 + 740	ST - 08	0,00 - 0,20	seco	Corte		Camada vegetal Argila c/ areia fina, areia média c/ p/ areia grossa cor: avermelhada Limite de Sondagem	100	100	100	96	94	67	58	14,7	1.408,0	-	-	-	30,9	19,0	11,9	5	A-6		1.632,4	19,5	7	0,1			
		100					100	100	96	94	67	58	14,7	1.408,0	-	-	-	30,9	19,0	11,9	5	A-6		1.632,4	19,5	7	0,1				
53 + 200	ST - 09	0,20 - 1,20	seco	Corte		Camada vegetal Argila c/ areia fina p/ areia média, pedregalho e areia grossa cor: avermelhada Impermeável a Trado	100	100	100	96	94	67	58	14,7	1.408,0	-	-	-	30,9	19,0	11,9	5	A-6		1.632,4	19,5	7	0,1			
		100					100	100	96	94	67	58	14,7	1.408,0	-	-	-	30,9	19,0	11,9	5	A-6		1.632,4	19,5	7	0,1				
56 + 150	ST - 10	0,20 - 2,50	seco	Corte		Camada vegetal Argila c/ areia média silteosa p/ pedregalho e areia grossa cor: avermelhada Limite de Sondagem	100	100	100	98	95	67	37	11,0	1.445,9	-	-	-	NL	NP	NP	0	A-4		1.737,0	13,9	10	0,2			
		100					100	100	98	95	67	37	11,0	1.445,9	-	-	-	NL	NP	NP	0	A-4		1.737,0	13,9	10	0,2				
57 + 550	SP - 01	0,00 - 1,00	seco	Corte		Site arenoso c/ pedregalho fino, cor: avermelhada. Limite de Sondagem	100	100	100	97	88	74	61	48	28	9,5	1.602,7	-	-	-	27,5	17,5	10,0	0	A-2,4		1.938,1	12,5	28	0,0	
		100					100	100	97	88	74	61	48	28	9,5	1.602,7	-	-	-	27,5	17,5	10,0	0	A-2,4		1.938,1	12,5	28	0,0		
58 + 060	ST - 11	0,00 - 0,20	seco	Corte		Camada vegetal Argila c/ areia fina, areia média e areia grossa argilosa cor: avermelhada Impermeável a Trado	100	100	100	97	88	74	61	48	28	9,5	1.602,7	-	-	-	27,5	17,5	10,0	0	A-2,4		1.938,1	12,5	28	0,0	
		100					100	100	97	88	74	61	48	28	9,5	1.602,7	-	-	-	27,5	17,5	10,0	0	A-2,4		1.938,1	12,5	28	0,0		
58 + 800	ST - 12	0,20 - 1,20	seco	Corte		Argila c/ areia fina, areia média e p/ areia grossa cor: cinza Argila c/ areia fina, p/ areia média, grossa e ped. cor: avermelhada Limite de Sondagem	100	100	100	99	94	82	63	16,7	1.296,2	-	-	-	40,6	32,7	13,9	8	A-7,6		1.518,8	23,6	6	0,4			
		100					100	100	99	94	87	80	18,5	-	-	-	47,8	30,1	17,7	9	A-7,6		1.653,9	18,9	12	0,1					
58 + 800	SP - 02	0,00 - 1,00	seco	Corte		Argila silteosa c/ pedregalho grosso, de cor: variegada, avermelhada. Argila silteosa c/ pedregalho fino, de cor: avermelhada, consistência média. Argila silteosa c/ pedregalho fino, de cor: avermelhada, consistência mole. Argila arenosa, de cor: amarelada, consistência mole. Argila arenosa, cor: variegada, consistência média Limite de Sondagem	100	100	100	99	94	82	63	16,7	1.296,2	-	-	-	40,6	32,7	13,9	8	A-7,6		1.518,8	23,6	6	0,4			
		100					100	100	99	94	87	80	18,5	-	-	-	47,8	30,1	17,7	9	A-7,6		1.653,9	18,9	12	0,1					



**PLANILHA DE RESULTADOS  
INVESTIGAÇÕES GEOTÉCNICAS REALIZADAS NO EIXO**

Nº VALEC	FOLHA	REV.
Nº PROJ.		



5.6. MODELO DE APRESENTAÇÃO DE ESTUDOS PARA MATERIAL TERROSO.

### OCORRÊNCIA DE MATERIAL TERROSO

#### DADOS SOBRE A OCORRÊNCIA

Denominação: Ocorrência 1

Acesso: A partir da estação do km 414+002

Material: Solo arenoso laterizado com pedregulhos

Utilização: Corpo de aterro e sublastro

Distância do eixo: 5.000 m

Área utilizável: 16.100 m<sup>2</sup>

Espessura média: 0,63 m

Estimativa de volume: 8.000 m<sup>3</sup>

Vegetação: Arbustiva

### MALHA DOS FUROS

S/ Escala

MODELO

### CROQUI DE LOCALIZAÇÃO

S/ Escala

### ESTATÍSTICA - CARACTERÍSTICAS GEOTECNICAS

Atividade Granulométrica	$\bar{X}$	$\sigma$	X máx	X mín	Compacidade (Proctor Interferência)	$\bar{X}$	$\sigma$	X máx	X mín
2 -	90,1	11,0	100,0	79,2					
1 -	82,2	12,0	98,0	56,6	h <sub>ot</sub> (g/cm <sup>3</sup> )	1,47	2,4	1,81	1,0,8
3 -	71,5	11,0	89,0	47,5	h <sub>ot</sub> (g/cm <sup>3</sup> )	12,3	5,8	14,7	3,6
4 -	58,3	12,0	79,4	34,5	h <sub>ot</sub> (g/cm <sup>3</sup> )	0,09	0,13	0,40	0,00
5 -	37,3	12,0	58,8	9,6	ISC (g)	39,7	11,8	61,6	22,9
6 -	28,8	9,0	44,0	6,2					
7 -	17,8	8,0	34,5	3,8					
8 -	33,2	14,0	50,8	16					
9 -	12,6	6,0	20,9	16					
10 -	0,3	1,0	2,4	0,0					

### CURVA GRANULOMÉTRICA

### BOLETIM DE SONDAGEM

**REGISTRO EXPERIÊNCIA**

SONDAGEM	PROF.	RECORDE EXPERIÊNCIA
P1-40	0,00-0,10	Capa - Solo superficial
P1-41	0,10-0,20	Pedregulhos de gálita, c/ lamelas, areia grossa e média, argila, marrom escuro
P1-42	0,20-0,30	Areia c/ poucos areia fina, areia
P1-43	0,30-0,40	Capa - Solo superficial
P1-44	0,40-0,50	Pedregulhos de lamela, gálita e silte, areia grossa e fina, argiloso, marrom
P1-45	0,50-0,60	Argila arenosa, arenosa
P1-46	0,60-0,70	Capa - Solo superficial
P1-47	0,70-0,80	Pedregulhos de lamela, gálita e silte, areia grossa e fina, argiloso, marrom escuro
P1-48	0,80-0,90	Argila arenosa, marrom claro
P1-49	0,90-1,00	Capa - Solo superficial
P1-50	1,00-1,10	Pedregulhos de lamela, gálita, silte, areia grossa e fina, argiloso, marrom escuro
P1-51	1,10-1,20	Argila arenosa, marrom claro
P1-52	1,20-1,30	Capa - Solo superficial
P1-53	1,30-1,40	Pedregulhos de lamela, gálita, silte, areia grossa e fina, argiloso, marrom
P1-54	1,40-1,50	Argila arenosa, marrom claro
P1-55	1,50-1,60	Capa - Solo superficial
P1-56	1,60-1,70	Pedregulhos de lamela, gálita, silte, areia grossa e fina, argiloso, marrom
P1-57	1,70-1,80	Argila arenosa, marrom claro
P1-58	1,80-1,90	Capa - Solo superficial
P1-59	1,90-2,00	Pedregulhos de lamela, gálita, silte, areia grossa e fina, argiloso, marrom
P1-60	2,00-2,10	Argila arenosa, marrom claro

### NOTAS

### DESENHOS DE REFERENCIA

LIBERADO PARA EXECUÇÃO DA OBRA

ASSINATURA EM

APPROVAÇÃO

ASSINATURA EM

ARQUIVO TÉCNICO

EM

LIBERADO PARA DESSEIO

LIBERADO COM COMENTÁRIOS

NÃO LIBERADO

ASSINATURA EM

RESPONSÁVEL PROJ. 01/03/07

RESPONSÁVEL EXEC. 01/03/07

ESCALA

Nº VALEC

Nº CONGRUAM

FOLHA

REV.

Localidade: Fazenda Bonanza

Proprietário da área: Sr. Laudemir Antônio Guerra

5.7. MODELO DE APRESENTAÇÃO DE ESTUDOS PARA MATERIAL PÉTREO.

### OCORRÊNCIA DE MATERIAL PÉTREO

#### ASPECTOS GERAIS

Denominação: \_\_\_\_\_  
 Tipo: \_\_\_\_\_  
 Utilização: \_\_\_\_\_  
 Infra-estrutura local: \_\_\_\_\_  
 Situação Legal: \_\_\_\_\_  
 Proprietário da área: \_\_\_\_\_

#### LOCALIZAÇÃO

Município: \_\_\_\_\_  
 Localidade: \_\_\_\_\_  
 Coordenadas UTM: \_\_\_\_\_  
 Acesso: \_\_\_\_\_

#### CARACTERIZAÇÃO GEOLÓGICO-GEOTÉCNICA

Classificação Petrográfica: \_\_\_\_\_  
 Textura da rocha: \_\_\_\_\_  
 Estrutura da rocha: \_\_\_\_\_  
 Principais constituintes minerais (Identificação macroscópica aproximada): \_\_\_\_\_  
 Grau de alteração do maciço: \_\_\_\_\_  
 Grau de fraturamento do maciço: \_\_\_\_\_

#### DADOS PARA EXPLORAÇÃO

Vegetação: \_\_\_\_\_  
 Capreamento: \_\_\_\_\_  
 Área a desapropriar: \_\_\_\_\_  
 Estimativa de volume: \_\_\_\_\_

### CROQUI DE LOCALIZAÇÃO

**MODELO**

CROQUI DA PEDREIRA (S/ ESCALA - VALORES APROXIMADOS)

Altura (m): 0, 5, 10, 15

Extensão (m): 0, 20, 40, 60, 80, 100, 120

Frente (m): > 200

#### ENSAIOS TECNOLÓGICOS

Identificação: Serra da SUDAM / Pedreira Paraiso		Identificação: Serra da SUDAM / Pedreira Paraiso		Identificação: Serra da SUDAM / Pedreira Paraiso	
Amostra	Massa Seca (g)	Massa Saturada (g)	Massa Saturada (g)	η (%)	ρ <sub>d</sub> (g/cm <sup>3</sup> )
A	234,89	237,66	146,27	3,0	2,57
B	206,05	208,02	138,1	2,5	2,58
C	130,68	132,08	81,51	2,8	2,58
D	190,5	192,18	118,48	2,3	2,58
E	141,26	143,12	88,15	3,4	2,57

Coef. de Variação (%)	15,8	0,28	0,17	16,1
-----------------------	------	------	------	------

Identificação: Serra da SUDAM / Pedreira Paraiso

Massa inicial (g): 12,5  
 Massa final (g): 2502  
 Amostragem: 2502

Identificação: Serra da SUDAM / Pedreira Paraiso

Massa inicial (g): 99,2  
 Massa final (g): 2008  
 Amostragem: 2008

Identificação: Serra da SUDAM / Pedreira Paraiso

Massa inicial (g): 36,30  
 Massa final (g): 2432  
 Amostragem: 2432

Identificação: Serra da SUDAM / Pedreira Paraiso

Massa inicial (g): 36,8  
 Massa final (g): 341,5  
 Amostragem: 341,5

Identificação: Serra da SUDAM / Pedreira Paraiso

Resistência ao esmagamento (%)  
 Resistência no esmagamento (%)  
 Resistência no esmagamento (%)

#### NOTAS

#### DESENHOS DE REFERÊNCIA

LIBERADO PARA EXECUÇÃO DA OBRA		APPROVAÇÃO	
ASSINATURA	EM	ASSINATURA	EM
<input type="checkbox"/> LIBERADO PARA EXECUÇÃO <input type="checkbox"/> LIBERADO COM COMENTÁRIOS <input type="checkbox"/> NÃO LIBERADO		<input type="checkbox"/> ASSINATURA <input type="checkbox"/> NÃO ASSINADO	

#### VALEC

LOGO PROJETISTA		RESPONSÁVEL	
PROJ.	EM	PROJ.	EM
<input type="checkbox"/> LIBERADO PARA EXECUÇÃO <input type="checkbox"/> LIBERADO COM COMENTÁRIOS <input type="checkbox"/> NÃO LIBERADO		<input type="checkbox"/> ASSINATURA <input type="checkbox"/> NÃO ASSINADO	

#### NOME DA FERROVIA

TRECHO: \_\_\_\_\_  
 SUBTRECHO: \_\_\_\_\_

ESCALA: \_\_\_\_\_  
 Nº VAZES: \_\_\_\_\_  
 Nº PROJETISTA: \_\_\_\_\_





5.10. MODELO DE CONVENÇÕES GEOTÉCNICAS PARA PROJETO EXECUTIVO.

MODELO

**CARTOGRAFIA**

**CONVENÇÕES**

**DRENAGEM**

R	R	CURVA DE TRANSIÇÃO				CURVA CIRCULAR				DISTRIBUIÇÃO				CORREÇÃO				
		N	M	T	P	N	O	AC	AE	CE	CE	CE	CE	CE	CE	CE	CE	
46	46	474+520	474+520	474+520	474+520	474+520	474+520	474+520	474+520	474+520	474+520	474+520	474+520	474+520	474+520	474+520	474+520	474+520
47	47	474+520	474+520	474+520	474+520	474+520	474+520	474+520	474+520	474+520	474+520	474+520	474+520	474+520	474+520	474+520	474+520	474+520

**NOTAS**

**RESERVAS DE REPROVAÇÃO**

**PASSIVOS**

**VALEC**

**NOME DA FERROVIA**

**DATA**

**ESCALA**

**TÍTULO**

**REVISÃO**

**PROJETO**

**CONFERÊNCIA**

**APROVAÇÃO**