

**ESPECIFICAÇÃO DE
PROJETO:
ESTUDOS
GEOTECNOLÓGICOS**

**Diretrizes para elaboração
de estudos geológicos e
geotécnicos**

80-EG-000A-29-0000

Revisão - 08

Aprovado em: 21/01/2019

VALEC

Tipo de Documento:	Unidade Responsável	Aprovação	Processo:	Código:	Revisão:	Página
ESPECIFICAÇÃO DE PROJETO	SUPRO/ DIPLAN	DIREX	51402.223454/2018-10	80-EG-000A-29-0000	08	2 de 47

REVOGADA

Resumo

O presente normativo estabelece disposições e parâmetros para elaboração de estudos geológicos e geotécnicos. Define os elementos componentes dos projetos e respectivas formas de apresentação.

Palavra-chave: Estudos Geológicos.
Estudos Geotécnicos.

Tipo de Documento:	Unidade Responsável	Aprovação	Processo:	Código:	Revisão:	Página
ESPECIFICAÇÃO DE PROJETO	SUPRO/ DIPLAN	DIREX	51402.223454/2018-10	80-EG-000A-29-0000	08	3 de 47

Sumário

1	OBJETIVO	6
2	ÁREA DE APLICAÇÃO	6
3	REFERÊNCIAS	6
4	DEFINIÇÕES	7
5	DISPOSIÇÕES NORMATIVAS	8
6	DISPOSIÇÕES GERAIS	8
7	ESTUDOS GEOLÓGICOS	8
7.1	CARACTERÍSTICAS GEOMORFOLÓGICAS DA REGIÃO E DA FAIXA DE IMPLANTAÇÃO	9
7.2	CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS DA REGIÃO E DA FAIXA DE IMPLANTAÇÃO	9
7.3	CARACTERÍSTICAS PEDOLÓGICAS DA REGIÃO E DA FAIXA DE IMPLANTAÇÃO	9
7.4	CONCLUSÕES DOS ESTUDOS GEOLÓGICOS	9
8	RELATÓRIO DE CARACTERÍSTICAS GEOTÉCNICAS PRELIMINARES	9
9	PLANEJAMENTO DE INVESTIGAÇÕES E ENSAIOS	10
9.1	SONDAGENS E POÇOS DE INSPEÇÃO	10
9.1.1	SONDAGEM A TRADO (ST)	10
9.1.2	SONDAGEM A PERCUSSÃO (SP)	10
9.1.3	SONDAGEM ROTATIVA (SR)	10
9.1.4	SONDAGEM MISTA (SM) (SP-SR)	11
9.1.5	POÇOS DE INSPEÇÃO (PI)	11
10	ESTUDOS GEOTÉCNICOS PARA PROJETOS BÁSICO E EXECUTIVO	11
10.1	PROGRAMAÇÃO DE ESTUDOS GEOTÉCNICOS DE CAMPO	11
10.1.1	INVESTIGAÇÕES NAS ÁREAS DE CORTE	12
A)	PROJETO BÁSICO	12
B)	PROJETO EXECUTIVO	13
10.1.1.1	DETERMINAÇÃO DO NÍVEL D'ÁGUA (NA)	16
10.1.1.2	CLASSIFICAÇÃO DE MATERIAIS POR CATEGORIA	16
10.1.2	ESTUDOS DE TALUDES	17
10.1.3	INVESTIGAÇÕES EM ÁREAS DE ATERRO	18
10.1.3.1	ATERROS SOBRE TERRENOS MOLES E COMPRESSÍVEIS	18
A)	PROJETO BÁSICO	19

Tipo de Documento:	Unidade Responsável	Aprovação	Processo:	Código:	Revisão:	Página
ESPECIFICAÇÃO DE PROJETO	SUPRO/ DIPLAN	DIREX	51402.223454/2018-10	80-EG-000A-29-0000	08	4 de 47

B)	PROJETO EXECUTIVO	19
10.1.3.2	ATERROS SOBRE TERRENOS ÍNGREMES	20
10.1.3.3	ATERROS SOBRE TERRENOS POUCO ACIDENTADOS E DE CAPACIDADE DE SUPORTE INDEFINIDA..	21
10.1.4	INVESTIGAÇÃO PARA MATERIAIS NATURAIS DE CONSTRUÇÃO	21
10.1.4.1	MALHA USADA NAS OCORRÊNCIAS E ENSAIOS.....	22
A)	PROJETO BÁSICO.....	22
B)	PROJETO EXECUTIVO	22
10.1.4.2	MATERIAL TERROSO PARA CONSTRUÇÃO DE CORPOS DE ATERRO	23
10.1.4.3	MATERIAL PARA SUBLASTRO.....	23
10.1.4.4	MATERIAIS PÉTREOS PARA LASTRO, AGREGADO, FILTROS E COLCHÕES DRENANTES.....	24
	MATERIAL PARA LASTRO.....	24
	MATERIAL PÉTREO PARA AGREGADO DE CONCRETO	24
	MATERIAIS GRANULARES NATURAIS PARA FILTROS, COLCHÕES DRENANTES E ENROCAMENTOS.	25
10.1.4.5	MATERIAIS ARENOSOS PARA AGREGADO, FILTROS E COLCHÕES DRENANTES	25
10.1.5	INVESTIGAÇÕES PARA OBRAS DE ARTE ESPECIAIS.....	25
A)	PROJETO BÁSICO.....	26
B)	PROJETO EXECUTIVO	27
C)	COLETA DE AMOSTRAS E ENSAIOS	28
10.1.6	INVESTIGAÇÕES PARA OBRAS DE ARTE CORRENTES	28
11	ESTUDOS GEOLÓGICOS E GEOTÉCNICOS PARA ANTEPROJETO	28
12	MÉTODOS DE EXECUÇÃO E APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS	29
12.1	CARTA GEOLÓGICA E PERFIL	29
12.2	SONDAGENS	29
12.3	CONTEÚDO DO PROJETO	29
12.4	ANEXOS DOS ESTUDOS	31
12.4.1	SONDAGEM A TRADO (ST) E POÇOS DE INSPEÇÃO (PI):	31
A)	CABEÇALHO	31
B)	COLUNAS	31
C)	OBSERVAÇÕES	31
D)	ASSINATURAS	32
12.4.2	SONDAGEM A PERCUSSÃO (SP):	32
A)	CABEÇALHO	32

Tipo de Documento:	Unidade Responsável	Aprovação	Processo:	Código:	Revisão:	Página
ESPECIFICAÇÃO DE PROJETO	SUPRO/ DIPLAN	DIREX	51402.223454/2018-10	80-EG-000A-29-0000	08	5 de 47

B) COLUNAS	33
C) OBSERVAÇÕES	33
D) ASSINATURAS	33
12.4.3 SONDAGEM ROTATIVA/MISTA:	33
A) CABEÇALHO	33
B) COLUNAS	34
C) OBSERVAÇÕES	35
D) ASSINATURAS	35
13 REVOGAÇÃO	35
14 VIGÊNCIA	35
15 ANEXOS DO NORMATIVO	36
15.1 MODELO DE PLANILHA DE PROGRAMAÇÃO DAS INVESTIGAÇÕES DA FAIXA DE IMPLANTAÇÃO E DAS OBRAS DE ARTE CORRENTES	36
15.2 MODELO DE PLANILHA DE PROGRAMAÇÃO DAS INVESTIGAÇÕES DAS OBRAS DE ARTE ESPECIAIS	37
15.3 MODELO DE BOLETIM DE SONDAGENS A TRADO E POÇOS DE INSPEÇÃO	38
15.4 MODELO DE BOLETIM DE SONDAGENS A PERCUSSÃO	39
15.5 MODELO DE BOLETIM DE SONDAGENS MISTA	40
15.6 MODELO DE CADASTRAMENTO DE OCORRÊNCIAS DE SOLO MOLE OU COMPRESSÍVEL	41
15.7 MODELO DE PLANILHA RESUMO DE INVESTIGAÇÃO GEOTÉCNICA NAS OCORRÊNCIAS	42
15.8 MODELO DE PLANILHA RESUMO DE INVESTIGAÇÃO GEOTÉCNICA DO EIXO	43
15.9 MODELO DE APRESENTAÇÃO DE ESTUDOS PARA MATERIAL TERROSO	44
15.10 MODELO DE APRESENTAÇÃO DE ESTUDOS PARA MATERIAL PÉTREO	45
15.11 MODELO DE APRESENTAÇÃO DE CARTA GEOLÓGICA E PERFIL	46
15.12 MODELO DE CONVENÇÕES PARA PERFIL GEOTÉCNICO	47

Tipo de Documento:	Unidade Responsável	Aprovação	Processo:	Código:	Revisão:	Página
ESPECIFICAÇÃO DE PROJETO	SUPRO/ DIPLAN	DIREX	51402.223454/2018-10	80-EG-000A-29-0000	08	6 de 47

1 Objetivo

Definir e especificar os serviços constantes dos estudos geotécnicos e geológicos nos projetos de engenharia de infraestrutura ferroviária, a partir do advento da Lei 13.303/2016.

2 Área de Aplicação

Esta especificação de Projeto se aplica aos estudos geotécnicos e geológicos referentes às fases de Anteprojeto, Projeto Básico e Projeto Executivo de obras de engenharia ferroviária.

3 Referências

ABNT NBR 6122:2010 – Projeto e execução de fundações

ABNT NBR 6457:2016 – Amostras de solo — Preparação para ensaios de compactação e ensaios de caracterização

ABNT NBR 6458:2016 – Grãos de pedregulho retidos na peneira de abertura 4,8 mm - Determinação da massa específica, da massa específica aparente e da absorção de água

ABNT NBR 6459:2016 – Solo - Determinação do limite de liquidez

ABNT NBR 6484:2001 – Solo - Sondagens de simples reconhecimento com SPT - Método de ensaio

ABNT NBR 6459:2016 – Solo – Determinação do limite de liquidez

ABNT NBR 7180:2016 – Solo - Determinação do limite de plasticidade

ABNT NBR 7181:2016 – Solo - Análise granulométrica

ABNT NBR 7182:2016 – Solo - Ensaio de compactação

ABNT NBR 7185:2016 – Solo - Determinação da massa específica aparente, in situ, com emprego do frasco de areia

ABNT NBR 7218:2010 – Agregados — Determinação do teor de argila em torrões e materiais friáveis

ABNT NBR 7389-1:2009 – Agregados - Análise petrográfica de agregado para concreto Parte 2.

ABNT NBR 9603:2015 – Sondagem a trado - Procedimento

ABNT NBR 9604:2016 – Abertura de poço e trincheira de inspeção em solo, com retirada de amostras deformadas e indeformadas — Procedimento

ABNT NBR 9895:2016 – Solo - Índice de suporte Califórnia (ISC) - Método de ensaio

ABNT NBR 10905:1989 – Solo – Ensaios de palheta in situ – Método de ensaio

ABNT NBR 11682:2009 – Estabilidade de encostas

ABNT NBR NM 45:2006 – Agregados - Determinação da massa unitária e do volume de vazios

Tipo de Documento:	Unidade Responsável	Aprovação	Processo:	Código:	Revisão:	Página
ESPECIFICAÇÃO DE PROJETO	SUPRO/ DIPLAN	DIREX	51402.223454/2018-10	80-EG-000A-29-0000	08	7 de 47

ABNT NBR NM 46:2003 – Agregados - Determinação do material fino que passa através da peneira 75 um, por lavagem

ABNT NBR NM 49:2001 – Agregado miúdo – Determinação de impurezas orgânicas

ABNT NBR NM 51:2001 – Agregado graúdo - Ensaio de abrasão "Los Angeles"

ABNT NBR NM 248:2003 – Agregados - Determinação da composição granulométrica

DNER-CLA 259/96 – Classificação de solos tropicais para finalidades rodoviárias utilizando corpos de prova compactados em equipamento miniatura

DNER IE 006/94 – Análise petrográfica

DNER ME 030/94 – Solos – determinação das relações sílica-alumina e sílica-sexquióxidos em solos

DNER ME 045/94 – Prospecção geofísica pelo método da sísmica de refração

DNER ME 051/94 – Solos – Análise granulométrica

DNER ME 052/94 – Solos e agregados miúdos – determinação da umidade com emprego do "Speedy"

DNER ME 054/97 – Equivalente de areia

DNER ME 082/94 – Solos – determinação do limite de plasticidade

DNER ME 084/94 – Agregado miúdo – determinação da densidade real

DNER ME 092/94 – Solo – determinação da massa específica aparente "in situ", com emprego do frasco de areia

DNER ME 122/94 – Solos - determinação do limite de liquidez - método de referência e método expedito

DNER ME 129/94 – Solos – compactação utilizando amostras não trabalhadas

DNER ME 162/94 – Solos - ensaio de compactação utilizando amostras trabalhadas

DNER PRO 102/97 – Sondagem de reconhecimento pelo método rotativo

ASTM-C289-07 - Standard Test Method for Potential Alkali-Silica Reactivity of Aggregates

4 Definições

Para efeitos desta Especificação de Projeto, aplicam-se as seguintes definições:

- **Classificação RMR (rock mass rating):** classificação geomecânica de maciços rochosos, proposta originalmente por Bieniawski (1973);
- **Classificação RQD (rocky quality designation):** classificação geomecânica de maciços rochosos, proposta originalmente por Deere (1964);

Tipo de Documento:	Unidade Responsável	Aprovação	Processo:	Código:	Revisão:	Página
ESPECIFICAÇÃO DE PROJETO	SUPRO/ DIPLAN	DIREX	51402.223454/2018-10	80-EG-000A-29-0000	08	8 de 47

- **N_{SPT}**: número de golpes correspondente à cravação de 30 cm finais do amostrador padrão, após a cravação inicial de 15 cm;
- **Sistema Q (rock mass quality)**: classificação geomecânica de maciços rochosos, proposta originalmente por Barton et al. (1974);
- **Solo colapsível**: solo que apresenta brusca redução de volume quando submetido a acréscimos de umidade ou carregamentos;
- **Solo compressível**: solo que tem a característica de se deformar facilmente quando comprimido;
- **Solo expansivo**: solo que, por sua composição mineralógica, aumenta de volume quando há acréscimo do teor de umidade;
- **Solo de baixa capacidade de suporte**: solo que, por sua composição, apresenta baixa capacidade de suporte, baixa permeabilidade e elevada compressibilidade;
- **Solo fofo**: solo de baixa capacidade de suporte, composto por areias ou siltes arenosos com NSPT inferior a 5;
- **Solo mole**: solo de baixa capacidade de suporte, composto por argilas ou siltes argilosos com NSPT entre 3 e 5.
- **Solo muito mole**: solo de baixa capacidade de suporte, composto por argilas ou siltes argilosos com NSPT igual ou menor a 2.

5 Disposições Normativas

Os trabalhos desenvolvidos no âmbito da presente especificação devem ser realizados em observância ao conhecimento e a melhor técnica disponíveis e em conformidade com as normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT, ASTM, BSI, Eurocode e outras de uso corrente e/ou tradicionais, além das disposições e parâmetros aqui estabelecidos e critérios julgados cabíveis pela VALEC, os quais prevalecem sobre os demais.

6 Disposições Gerais

As investigações geotecnológicas compreendem os estudos geológicos e geotécnicos que deverão ser realizados em perfeito entrosamento. Os trabalhos de geologia, além de fornecerem subsídios para o projeto geométrico da via, constituem a base indispensável para a programação dos trabalhos geotécnicos, necessários aos projetos de geometria, drenagem, terraplenagem, superestrutura e a obtenção de materiais de construção.

Os estudos geológicos e geotécnicos devem ser elaborados concomitantemente com os estudos e/ou projetos de topografia, geometria, hidrologia e ambientais, além de tecnologias de sistemas construtivos, materiais de construção e fundações.

7 Estudos Geológicos

Os Estudos Geológicos subsidiarão os estudos geotécnicos, influenciando principalmente na orientação das investigações de campo. Deverão ser apresentados com os seguintes conteúdos:

Tipo de Documento:	Unidade Responsável	Aprovação	Processo:	Código:	Revisão:	Página
ESPECIFICAÇÃO DE PROJETO	SUPRO/ DIPLAN	DIREX	51402.223454/2018-10	80-EG-000A-29-0000	08	9 de 47

7.1 Características geomorfológicas da região e da faixa de implantação

Deverão ser expressas na forma de mapa e texto, que contenham as características geomorfológicas da região e da faixa de implantação.

7.2 Características geológicas da região e da faixa de implantação

Deverão ser expressas na forma de mapa e texto, que contenham as características geológicas da região e da faixa de implantação. É necessária ainda a elaboração de um Mapa Geológico da faixa de implantação, com a representação do eixo de implantação e com todas as convenções devidamente representadas.

7.3 Características pedológicas da região e da faixa de implantação

Deverão ser expressas na forma de mapa e texto, que contenham as características pedológicas da região e da faixa de implantação.

7.4 Conclusões dos Estudos Geológicos

Os Estudos Geológicos deverão ser conclusivos, de modo a subsidiar a elaboração do Plano de Sondagens, a orientar os Estudos Geotécnicos Preliminares e todos os demais Estudos subsequentes.

As conclusões deverão ser apresentadas, baseadas nas informações dos itens 7.1, 7.2 e 7.3., 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 ocorrência de solos de baixa capacidade de suporte, solos hidromórficos, zonas de erosão ativa, áreas de afloramentos rochosos, estruturas desfavoráveis à estabilidade de taludes de cortes, áreas de encostas instáveis ou próximas da instabilidade.

Além disso, deverá fornecer informações quanto às possíveis ocorrências de materiais de construção disponíveis na área. Estes materiais compreendem desde os necessários aos corpos de aterros até aqueles para as obras civis, passando pelos materiais de sublastro e lastro.

8 Relatório de Características Geotécnicas Preliminares

Elaborado a partir dos Estudos Geológicos, permite o embasamento adequado para a elaboração do Plano de Sondagens. Deverá apresentar os seguintes subtópicos, devidamente detalhados:

- Características geotécnicas preliminares da faixa de implantação (incluindo detalhamento dos locais com solos de baixa capacidade de suporte, dos processos erosivos, dos afloramentos rochosos e das estruturas desfavoráveis à estabilidade de taludes).
- Características geotécnicas preliminares e localização dos possíveis empréstimos.
- Características geotécnicas preliminares e localização das possíveis ocorrências de sublastro.
- Características geotécnicas preliminares e localização dos possíveis areais.
- Características geotécnicas preliminares e localização das possíveis pedreiras.

Tipo de Documento:	Unidade Responsável	Aprovação	Processo:	Código:	Revisão:	Página
ESPECIFICAÇÃO DE PROJETO	SUPRO/ DIPLAN	DIREX	51402.223454/2018-10	80-EG-000A-29-0000	08	10 de 47

9 Planejamento de Investigações e Ensaios

Elaborado a partir dos Estudos Geológicos e do Relatório de Características Geotécnicas Preliminares, deverá contemplar, definições, justificativas, orientações e cronogramas, para a execução adequada de levantamentos e ensaios, o produto final deste planejamento, deverá ser um Plano de Sondagens e um cronograma de execução, coerentes com as peculiaridades da região e com as especificações e orientações da VALEC.

Os principais métodos de levantamentos geotécnicos (sondagens) a serem propostos no Plano de Sondagens, serão definidos no tópico subsequente:

9.1 Sondagens e Poços de Inspeção

As sondagens (diretas e indiretas) e os poços de inspeção são utilizados para determinação das espessuras, profundidades, características, estruturas e índices de resistência das camadas de solos e rochas de interesse, além da determinação do lençol freático.

As sondagens diretas consistem em perfurações realizadas no terreno e são realizadas com o emprego de quatro métodos distintos ou ainda pela combinação desses métodos: trado, percussão, mista ou rotativa.

As sondagens indiretas, aplicadas aos projetos da Valec, consistem no emprego de métodos geofísicos de propagação de ondas ou de efeitos eletromagnéticos e são realizadas com a aplicação de sondagem por eletrorresistividade e/ou sísmica por refração.

9.1.1 Sondagem a trado (ST)

Tem o objetivo de determinar, espessuras, nível d'água e o tipo de solo encontrado. É realizada com a escavação por meio de trado concha ou helicoidal, de diâmetro suficiente para a coleta de amostra de solo de cada horizonte, ou com critério pré-estabelecido para ensaios geotécnicos ou estudos geológicos. Deverá ser executada de acordo com a norma da ABNT NBR 9603.

9.1.2 Sondagem a percussão (SP)

Tem o objetivo de determinar os tipos de solos e suas profundidades de ocorrência e índices de resistência à penetração do solo, e obter a posição do nível d'água. O índice de resistência à penetração é realizado pela cravação de amostrador padrão no terreno, em golpes sucessivos de um peso determinado em queda livre, sobre a cabeça de cravação, conectada às hastes e ao barrilete e corresponde ao número de golpes necessários à cravação do amostrador. Quando a resistência do material impede a cravação do amostrador padrão, o ensaio deve ser interrompido ou segundo critérios preestabelecidos em função da finalidade da sondagem a ser realizada. Deverá ser executada de acordo com a norma da ABNT NBR 6484.

9.1.3 Sondagem rotativa (SR)

Tem o objetivo de obter testemunhos para o reconhecimento, onde não é possível a avaliação do subsolo através das sondagens a trado ou percussão, quando ocorrer impenetrabilidade através destas sondagens. É realizada através de sondas rotativas, providas de hastes, coroa de corte e barrilete amostrador. A profundidade da sondagem deve ser interrompida segundo critérios preestabelecidos, em função da finalidade da sondagem a ser realizada. O diâmetro mínimo aceito para a execução de sondagens rotativas é o "NW". Deverá ser executada de acordo com a norma do DNER-PRO 102/97.

Tipo de Documento:	Unidade Responsável	Aprovação	Processo:	Código:	Revisão:	Página
ESPECIFICAÇÃO DE PROJETO	SUPRO/ DIPLAN	DIREX	51402.223454/2018-10	80-EG-000A-29-0000	08	11 de 47

9.1.4 Sondagem mista (SM) (SP-SR)

Reúnem as possibilidades de cada sondagem considerando as condições do subsolo, custos operacionais e informações desejadas, com indicações de vantagens para esta opção.

9.1.5 Poços de inspeção (PI)

Tem o objetivo de permitir o acesso de um observador, visando a inspeção e mapeamento das paredes e fundo e, obter amostras representativas deformadas e indeformadas de solo. Deverá ser executado de acordo com a norma da ABNT NBR 9604.

10 Estudos Geotécnicos para 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 a profundidade dos estudos geotécnicos 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 o orçamento preciso dos diversos serviços, para implantação da ferrovia, bem como, para apresentar os detalhes e especificações que se julguem relevantes para execução das obras.

10.1 Programação de Estudos Geotécnicos de Campo

Toda programação de sondagens e ensaios geotécnicos, deverá ser submetida à VALEC para discussão e aprovação, sendo representada em planta e perfil, incluindo planilha, contendo as coordenadas, o estaqueamento e deslocamento em relação ao eixo, a tipologia do estudo (corte, aterro, OAE), profundidade e critério de paralisação, tipo de ensaio e demais dados necessários conforme padrão mostrado nos Itens 15.1 e 15.2.

Considerando-se a extensão dos lotes de projeto, deve-se atentar para uma adequada caracterização dos domínios geológicos e os parâmetros geotécnicos 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, a localização dos laboratórios e composição das equipes.

A liberação da campanha de sondagens e ensaios se dará após a análise conjunta entre a equipe de geotecnia da Consultora e a equipe técnica da VALEC, mediante a aprovação desta.

Tipo de Documento:	Unidade Responsável	Aprovação	Processo:	Código:	Revisão:	Página
ESPECIFICAÇÃO DE PROJETO	SUPRO/ DIPLAN	DIREX	51402.223454/2018-10	80-EG-000A-29-0000	08	12 de 47

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 VALEC.

10.1.1 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 e pelos Estudos Geotécnicos Preliminares. O programa visará também complementar as observações dos Estudos Geológicos, retificando-as ou ratificando-as.

As investigações deverão ser dirigidas para os seguintes objetivos:

- Classificação do material a escavar;
- Determinação de condições de suporte do subleito;
- Caracterização dos materiais a escavar como material de construção;
- Determinação das condições hidrogeológicas com presença ou não do nível freático interferindo com o greide e taludes;
- 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.
- Determinação de parâmetros geotécnicos para subsidiar análises de estabilidade de taludes.

a) Projeto Básico

Em cada domínio geológico, devidamente caracterizado pelos Estudos Geológicos e Estudos Geotécnicos Preliminares, serão eleitos cortes típicos, ou seja, cortes representativos para cada segmento homogêneo (apresentado pelo projetista para análise e aprovação da VALEC) para o detalhamento geotécnico representativo para o cálculo de estabilidade de taludes.

Para cortes de até 300 metros de extensão, com vistas à caracterização dos diversos tipos de materiais a escavar, assim como as condições de suporte e expansibilidade do subleito e identificação do nível do lençol freático, deverá ser realizada sondagem à percussão, trado e/ou poço de inspeção, no ponto central do corte ou no ponto de maior cota.

Na sondagem a percussão, caso seja identificada a presença de material impenetrável a pequena profundidade ($\leq 3,00\text{m}$), o furo deverá ser deslocado de alguns metros e, a seguir, reiniciado.

As amostras de sondagem a percussão deverão ter sua caracterização tato-visual feita por profissional engenheiro ou geólogo com anotação de responsabilidade técnica.

As amostras coletadas em cada furo (trado e/ou poço de inspeção) deverão ser objeto de ensaios de caracterização (limites físicos e granulometria por peneiramento e por sedimentação), compactação, ISC e expansão.

Tipo de Documento:	Unidade Responsável	Aprovação	Processo:	Código:	Revisão:	Página
ESPECIFICAÇÃO DE PROJETO	SUPRO/ DIPLAN	DIREX	51402.223454/2018-10	80-EG-000A-29-0000	08	13 de 47

Para cortes com comprimento acima de 300 m, deverão ser realizados um mínimo de 2 furos de sondagem, sendo que o espaçamento máximo entre os furos nunca deverá ser superior a 300 m.

As sondagens deverão atingir a profundidade de 1,50m abaixo do greide de terraplenagem ou 5,0 m subsequentes, no método rotativo, com recuperação igual ou superior a 90%.

Em todos os cortes deverá ser obtida a densidade *in situ* e a umidade natural quando da execução de poços de inspeção, no caso das sondagens a trado, os ensaios *in situ* serão realizados apenas no horizonte mais superficial. Estes dados serão utilizados 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.

Nos furos centrais dos cortes mais altos, sempre deverão ser programadas e se necessário, executadas sondagens à percussão ou mistas.

b) Projeto Executivo

Para a determinação e identificação da espessura das camadas de material de 1ª, 2ª e 3ª categorias, indica-se a execução de sondagens mistas, com coleta de amostras ao longo dos segmentos de corte, incluindo os horizontes subjacentes ao greide de terraplenagem, a até 1,5 m, com a finalidade de auxiliar a estimativa do volume de cada categoria de material a ser escavado.

Os números mínimos de furos de sondagem deverão atender aos seguintes critérios em relação à extensão dos cortes:

- cortes de até 120m de comprimento: 1 furo
- cortes entre 120 e 200m de comprimento: 2 furos
- cortes entre 200 e 300m de comprimento: 3 furos
- cortes entre 300 e 400m de comprimento: 4 furos
- cortes acima de 400m de comprimento: 1 furo a cada 150m.

Nos trechos onde o greide acompanha o terreno natural, o espaçamento máximo entre os furos de sondagem deverá ser de 200m.

Na sondagem a percussão, 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, reiniciado o furo.

As amostras de sondagem a percussão e rotativas deverão ter sua classificação realizada por profissional engenheiro ou geólogo com anotação responsabilidade técnica.

Para o Projeto Básico, as sondagens rotativas (Φ NX) serão programadas quando ficar caracterizada a presença de rocha ou material impenetrável à percussão, seguindo-se o critério de lavagem por tempo da norma da ABNT NBR 6484.

A sondagem rotativa deverá ser executada em extensão a ser definida pela fiscalização e considerando-se:

Tipo de Documento:	Unidade Responsável	Aprovação	Processo:	Código:	Revisão:	Página
ESPECIFICAÇÃO DE PROJETO	SUPRO/ DIPLAN	DIREX	51402.223454/2018-10	80-EG-000A-29-0000	08	14 de 47

- até 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 amostradores 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.

As amostras de rocha das sondagens mista e/ou rotativa serão classificadas macroscopicamente, por profissional qualificado. Na sua classificação, deverão ser considerados:

- grau de alteração;
- grau de coerência;
- grau de fraturamento;
- recuperação por manobra;
- RQD (Rocky Quality Designation, Deere, 1967);
- classificação das descontinuidades (contato entre camadas, junta de alívio de tensão, acamamento, foliação, falha geológica e etc.);
- tipo de contato da descontinuidade (aberta ou fechada);
- rugosidade das paredes das descontinuidades (lisa, rugosa ou ondulada);
- material de preenchimento das descontinuidades (solo argiloso, fragmentos de rocha e etc.);
- alterações das paredes das descontinuidades (sã, alterada, oxidada e etc.); e
- inclinação das descontinuidades (horizontal, subhorizontal, inclinada, subvertical ou vertical).

Caso a sondagem seja utilizada para a classificação de maciço rochoso para o estudo de estabilidade de taludes ou túneis, deverão ser realizadas classificações geomecânicas. Entre as várias classificações geomecânicas referem-se às de Bieniawski (RMR) e Barton (Sistema Q).

Caso não haja amostragem obtida por sondagens, mas sejam identificáveis os traços das descontinuidades em afloramentos rochosos ou em escavações, poder-se-á estimar o valor do RQD recorrendo à relação proposta por Palmström (1982):

$$RQD = 115 - 3,3 J_v$$

Onde J_v representa o índice volumétrico (somatório do número de descontinuidades por unidade de comprimento, para o conjunto das famílias).

O interesse destas classificações consiste também em sistematizar o conjunto de elementos geotécnicos que será necessário para caracterizar um determinado maciço rochoso.

Tipo de Documento:	Unidade Responsável	Aprovação	Processo:	Código:	Revisão:	Página
ESPECIFICAÇÃO DE PROJETO	SUPRO/ DIPLAN	DIREX	51402.223454/2018-10	80-EG-000A-29-0000	08	15 de 47

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.

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 ou DNER ME 051/94);
- Limite de Liquidez (ABNT NBR 6459 ou DNER ME 122/94);
- Limite de Plasticidade (ABNT NBR 7180 ou DNER ME 082/94);
- Ensaio de compactação: energia de compactação Proctor Normal (ABNT NBR 7182 ou DNER ME 129/94 ou DNER ME 162/94); e
- Índice Suporte Califórnia (ISC) e Expansão (ABNT NBR 9895).

Serão realizados também os seguintes ensaios de campo:

- Teor de umidade natural (DNER ME 052/94); e
- 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 $ISC > 8$ e expansão $< 2\%$.

No caso de cortes em que na cota do greide de terraplenagem a expansão for $> 2\%$ deverá ser indicada no projeto a substituição de camada de 60 cm abaixo deste greide, por material que atenda a expansão $< 2\%$, caso o ISC do subleito for $< 8\%$, a espessura a ser substituída (CFT) deverá estar de acordo com o quadro a seguir:

Tabela 1. Espessura da Camada Final de Terraplenagem de acordo com o ISC do subleito.

Valor do ISC (%)	< 2	$2 < ISC < 4$	$4 < ISC < 8$
Espessura da CFT (cm)	60	40	20

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 a verificação de pontos de passagem de corte/aterro e para coleta de amostras indeformadas.

Tipo de Documento:	Unidade Responsável	Aprovação	Processo:	Código:	Revisão:	Página
ESPECIFICAÇÃO DE PROJETO	SUPRO/ DIPLAN	DIREX	51402.223454/2018-10	80-EG-000A-29-0000	08	16 de 47

Para aterros com altura > 25m ver item 10.1.4.4 - Material Terroso para Construção de Corpos de Aterro.

10.1.1.1 Determinação do Nível D'água (NA)

Em todos os boletins de sondagem realizados nos cortes e nos trechos onde o greide acompanha o terreno natural, deverá ser indicado se foi constatada a presença de água até a profundidade sondada, ou seja, a até 1,5 m abaixo do greide de projeto. Em todos os furos deverão ser coletadas amostras para a determinação da umidade natural.

10.1.1.2 Classificação de Materiais por Categoria

Os materiais decorrentes das escavações em áreas de corte serão classificados quanto à escavabilidade para efeito de projeto e quantidades de acordo com as descrições a seguir.

- **Material de 1ª categoria:** Compreendem solos em geral, residuais ou transportados, com diâmetro de partículas máximo inferior a 0,15 m, qualquer que seja o teor de umidade, escavado sem a exigência do emprego de explosivos, podendo exigir escarificação esporádica.
- **Material de 2ª categoria:** Compreende aquele com resistência ao desmonte inferior à da rocha sã (não alterada), cuja extração se processe por combinação de métodos que obriguem a utilização de maior equipamento de escarificação, constituído por um trator de esteira de potência no volante igual ou superior a 270 HP e escarificador de dimensões adequadas para operar com o trator mencionado. A extração eventualmente poderá envolver o uso de explosivos para desagregação do material ou processo manual adequado. Estão incluídos nesta classificação os blocos de rocha de volume inferior a 2 m³ e os matacões de diâmetro médio entre 0,15 e 1,00 m, cuja extração se processe com o emprego de rompedor pneumático ou ripper.
- **Material de 3ª categoria:** Compreende aquele com resistência ao desmonte equivalente ao da rocha sã (não alterada) e blocos de rocha com diâmetro médio superior a 1,00 m ou de volume igual ou superior a 2 m³, cuja extração e redução, a fim de possibilitar o carregamento, se processem com o emprego contínuo de explosivos e eventualmente desmonte a frio.

Observa-se, no entanto, a recorrência dos seguintes resultados, salvo algumas exceções, que auxiliam na classificação do material e que poderão ser considerados:

- 1ª categoria: material perfurado com ST, PI e/ou SP, com NSPT, geralmente, inferior a 35;
- 2ª categoria: material perfurado com SP, sendo necessário o uso de lavagem (ABNT NBR 6484) e com NSPT igual ou superior a 35 em vários ensaios consecutivos, ou SR, com recuperação de no máximo 50% (com a técnica adequada e com o uso de barrilete duplo giratório em bom estado); e
- 3ª categoria: material impenetrável ao procedimento de lavagem da SP (ABNT NBR 6484), perfurado exclusivamente com SR e com recuperação superior a 50% (com a técnica adequada e com o uso de barrilete duplo giratório em bom estado).

Tipo de Documento:	Unidade Responsável	Aprovação	Processo:	Código:	Revisão:	Página
ESPECIFICAÇÃO DE PROJETO	SUPRO/ DIPLAN	DIREX	51402.223454/2018-10	80-EG-000A-29-0000	08	17 de 47

Deverá ser tomado especial cuidado com a presença de blocos, matacões ou pedras de mão, que poderão incorrer a uma classificação errônea da escavabilidade, por este motivo, caso seja constatada impenetrabilidade ao ST, PI ou SP (mesmo com a utilização de lavagem por tempo), antes da profundidade programada, deverá ser empregado o método rotativo a até a profundidade de 1,5 m abaixo do greide de projeto ou até que se obtenha uma recuperação igual ou superior a 90% em 5 m consecutivos, podendo assim ser classificadas adequadamente as dimensões dos blocos, matacões e pedras de mão presentes no maciço de modo a estabelecer a classificação adequada da escavabilidade.

Quando da insuficiência de dados oriundos dos resultados das sondagens diretas ou da heterogeneidade do material oriundo das sondagens diretas, deverá ser programada a aplicação de sondagens indiretas geofísicas por Eletrorresistividade (SEV e/ou CE) e/ou por Sísmica de Refração para obtenção de informações sobre a transição solo-rocha, profundidade do nível d'água e profundidade, e morfologia do topo do substrato rochoso em duas áreas com características geológicas distintas - para avaliar a sua eficiência na obtenção de atributos do meio físico e para coleta de dados de caracterização de parâmetros de critérios de escavabilidade.

Para aplicação da eletrorresistividade, as técnicas que serão utilizadas serão o Caminhamento Elétrico (CE) e Sondagem Elétrica Vertical (SEV) com o objetivo de identificar e caracterizar os seguintes itens:

- Nível d'água;
- Ocorrência de solo expansivo, solo de baixa capacidade de suporte, solo mole;
- Identificação de topo, extensão e fraturamento de rocha sã no leito e margem de rio, para a realização de pontes (OAE) e em trechos de corte ao longo do eixo da ferrovia;
- Caracterização geolétrica do perfil de solo/rocha no mínimo de 25,0 m e no máximo 35,0 de profundidade; e
- Correlação do perfil geolétrico com as sondagens diretas realizadas, com o tipo e categoria do material.

Para a aplicação da sondagem Sísmica de Refração, deverão ser atendidas as condições mínimas exigíveis para a execução e interpretação de prospecção geofísica pelo método da sísmica de refração (DNER-ME 045/95).

10.1.2 Estudos de Taludes

As investigações deverão ser dirigidas para os seguintes objetivos:

- Determinação de índices físicos e resistência ao cisalhamento dos diversos materiais envolvidos.
- 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 ou parametrizações.

Poderão 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.

Tipo de Documento:	Unidade Responsável	Aprovação	Processo:	Código:	Revisão:	Página
ESPECIFICAÇÃO DE PROJETO	SUPRO/ DIPLAN	DIREX	51402.223454/2018-10	80-EG-000A-29-0000	08	18 de 47

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 do resultado de caracterização, referidos no item anterior. As amostras deformadas serão submetidas aos ensaios mencionados no Item 10.1.1.

As amostras indeformadas serão submetidas aos seguintes ensaios:

- Massa específica aparente em laboratório e in situ conforme as normas da ABNT NBR 7185;
- Teor de umidade natural (DNER ME 052/94);
- Granulometria com sedimentação (ABNT NBR 7181 ou DNER ME 051/94);
- Limite de Liquidez (ABNT NBR 6459 ou DNER ME 122/94);
- Limite de Plasticidade (ABNT NBR 7180 ou DNER ME 082/94);
- 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, determinados pelo Método das Diferenças Acumuladas, deve-se seguir a análise de estabilidade dos taludes das seções críticas, ou seja, aterros altos, cortes altos, seções mistas, aterros sobre taludes íngremes. A realização desses estudos deve obedecer à norma da ABNT NBR 11682.

Para o caso da análise de estabilidade de taludes em maciços rochosos, deverão ser realizadas classificações geomecânicas detalhadas, para cada zona homogênea do maciço, seguindo, por exemplo, as metodologias de Bieniawski (RMR), Barton (Sistema Q) e/ou Hoek & Brown (GSI), a partir das sondagens realizadas e caracterização de afloramentos rochosos.

De posse das classificações geomecânicas, deverão ser propostas geometrias de taludes que possibilitem a obtenção de fatores de segurança aceitáveis de acordo com a norma da ABNT NBR 11682, quanto à susceptibilidade de rupturas planares.

Deverão ser avaliadas ainda, a possibilidade de quedas de blocos, cunhas e deslocamentos, sendo previstas soluções de contenção, como por exemplo, a aplicação de telas metálicas de alta resistência, além de chumbadores, tirantes e/ou contrafortes.

Para o caso de maciços com RMR inferior ou igual a 23, deverá ser realizada a análise de estabilidade de taludes de acordo com os critérios da envoltória de Mohr-Coulomb.

10.1.3 Investigações em Áreas de Aterro

10.1.3.1 Aterros Sobre Terrenos Moles e Compressíveis

Nas áreas dos aterros onde for confirmada a presença de solos de baixa capacidade de suporte e que, em função da altura do aterro, a estabilidade da estrutura possa ficar comprometida por recalques excessivos, deverão ser realizadas sondagens e ensaios especiais de forma a permitir a determinação das espessuras de camadas moles que deverão ser removidas.

Tipo de Documento:	Unidade Responsável	Aprovação	Processo:	Código:	Revisão:	Página
ESPECIFICAÇÃO DE PROJETO	SUPRO/ DIPLAN	DIREX	51402.223454/2018-10	80-EG-000A-29-0000	08	19 de 47

Indica-se também a execução de prospecções a trado com o intuito de se delimitar a região com presença deste tipo de material.

Dessas investigações devem ser obtidas:

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

As ocorrências de material compressível ou mole deverão ser apresentadas conforme modelo do Anexo 15.3.

a) Projeto Básico

O projeto básico de aterros sobre solos moles deverá apresentar as seguintes atividades:

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.

- Definição se a solução de substituição total da camada de solo mole é viável.
- 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.
- Interpretação dos resultados e definição de parâmetros para análises.
- Resistência e deformabilidade dos solos moles.
- Estabilidade global.
- Recalques por adensamento primário.
- Escolha da solução para estabilização.
- Concepção do tratamento.

b) Projeto Executivo

No projeto executivo de aterros sobre solos moles as investigações geotécnicas do Projeto Básico deverão ser complementadas com a finalidade de melhorar a precisão dos limites de ocorrência dos solos moles e dos valores representativos de parâmetros geotécnicos adotados nas análises, possibilitando:

- Detalhamento da solução de estabilização.
- Elaboração de método construtivo.

Tipo de Documento:	Unidade Responsável	Aprovação	Processo:	Código:	Revisão:	Página
ESPECIFICAÇÃO DE PROJETO	SUPRO/ DIPLAN	DIREX	51402.223454/2018-10	80-EG-000A-29-0000	08	20 de 47

- 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 20 a 100 m.

Estas sondagens a percussão ($\Phi 2^{1/2}$ ") 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.

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 $\Phi 4$ ".

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

- 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.
- Em amostras SHELBY:
 - Massa específica aparente em laboratório ou in situ (ABNT NBR 7185);
 - Teor de umidade natural (DNER ME 052/94);
 - Granulometria com sedimentação (ABNT NBR 7181 ou DNER ME 051/94);
 - Limite de Liquidez (ABNT NBR 6459 ou DNER ME 122/94);
 - Limite de Plasticidade (ABNT NBR 7180 ou DNER ME 082/94);
 - Adensamento (ABNT NBR 12007);
 - Triaxial consolidado, não drenado, com medida de poropressão. (Normas Internacionais: ASTM, BSI, Eurocode).

10.1.3.2 Aterros Sobre Terrenos Íngremes

Nas áreas onde os aterros forem executados sobre solos íngremes e que, em função da altura do aterro e inclinação do terreno, a estabilidade da estrutura possa ficar comprometida, deverão ser realizados estudos para verificação da segurança. No caso de detecção de possibilidade de instabilidade, deverão ser propostas soluções na forma de métodos construtivos que visem o equilíbrio da estrutura.

Tipo de Documento:	Unidade Responsável	Aprovação	Processo:	Código:	Revisão:	Página
ESPECIFICAÇÃO DE PROJETO	SUPRO/ DIPLAN	DIREX	51402.223454/2018-10	80-EG-000A-29-0000	08	21 de 47

Deverão ser obtidas as seguintes informações:

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

Sempre que indicado pelos Estudos Geológicos, 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.

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.

10.1.3.3 Aterros Sobre Terrenos Pouco Acidentados e de Capacidade de Suporte Indefinida

Deve ser obtido:

- Avaliação das resistências ao cisalhamento dos diversos extratos existentes na fundação.
- 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.

10.1.4 Investigação para Materiais Naturais de Construção

O mapeamento 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.

Tipo de Documento:	Unidade Responsável	Aprovação	Processo:	Código:	Revisão:	Página
ESPECIFICAÇÃO DE PROJETO	SUPRO/ DIPLAN	DIREX	51402.223454/2018-10	80-EG-000A-29-0000	08	22 de 47

Recomenda-se para tais estudos, além das informações do Estudo Geológico e de estudos preliminares de campo, o uso do banco de dados do SIGMINE – Sistema de Informações Geográficas da Mineração, da Agência Nacional de Mineração (DNPM), verificando os processos minerários cadastrados na região.

Os modelos de apresentação dos mapeamentos das ocorrências estão no Item 15.

10.1.4.1 Malha Usada nas Ocorrências e Ensaios

No mapeamento das ocorrências de material para sublastro e empréstimos, deverão ser utilizadas as malhas descritas a seguir.

a) Projeto Básico

No projeto básico, o mapeamento das ocorrências de material de sublastro e empréstimos, após a escolha da área, serão lançados em malhas básicas com 160m 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.

b) Projeto Executivo

Os furos serão locados nos vértices de uma malha básica, agora estimada com cerca de 40m a 80m de lado, a depender da heterogeneidade do material.

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

Ensaios

As amostras colhidas para estudos de material para sublastro e empréstimos, serão submetidas a ensaios de:

- Granulometria com sedimentação (ABNT NBR 7181 ou DNER ME 051/94)
- Limite de Liquidez (ABNT NBR 6459 ou DNER ME 122/94)
- Limite de Plasticidade (ABNT NBR 7180 ou DNER ME 082/94)
- Teor de umidade natural (DNER ME 052/94)
- Ensaio de compactação: energia de compactação Proctor Intermediário (ABNT NBR 7182 ou DNER ME 129/94 ou DNER ME 162/94)
- Índice Suporte Califórnia e Expansão (ABNT NBR 9895)
- Relação Molecular Sílica-Sesquióxido (DNER-ME 030/94)*

*Para o caso de uso de solos lateríticos em ocorrências de sublastro.

Tipo de Documento:	Unidade Responsável	Aprovação	Processo:	Código:	Revisão:	Página
ESPECIFICAÇÃO DE PROJETO	SUPRO/ DIPLAN	DIREX	51402.223454/2018-10	80-EG-000A-29-0000	08	23 de 47

10.1.4.2 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 ideia das dimensões da ocorrência e das distâncias de transporte envolvidas.

Os furos são locados de acordo com uma malha básica, estimada com 160m 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, 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 $ISC > 8$ 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.

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

10.1.4.3 Material para Sublastro

Os materiais a serem empregados no sublastro poderão ser obtidos "in natura" (lateritas, cascalhos, solos arenosos, etc.), ou obtidos pela mistura de dois ou mais materiais em usina ou na pista, de modo que o produto resultante tenha sempre as seguintes características:

- A granulometria do material deverá se enquadrar numa das faixas A, B, C, D, e/ou F da AASHO segundo o método ABNT NBR 7181;
- A capacidade de suporte deverá ser medida pelo ensaio de Índice de Suporte Califórnia, com a energia de compactação (Proctor Intermediário) definida pela ABNT NBR 9895. O Índice de Suporte Califórnia (ISC) mínimo admissível de projeto é de 20, e é obtido pela expressão:

Tipo de Documento:	Unidade Responsável	Aprovação	Processo:	Código:	Revisão:	Página
ESPECIFICAÇÃO DE PROJETO	SUPRO/ DIPLAN	DIREX	51402.223454/2018-10	80-EG-000A-29-0000	08	24 de 47

$$ISC = \frac{\textit{pressão calculada ou pressão corrigida}}{\textit{pressão padrão}} \times 100$$

- O agregado retido na peneira nº 10 deve ser constituído de partículas duras e duráveis, isentas de fragmentos moles, alongados ou achatados, isento de matéria vegetal ou outra substância prejudicial;
- A percentagem do material que passa na peneira nº 200 (0,074), não poderá superar 2/3 da percentagem que passa na peneira nº 40 (0,42mm). A fração que passa na peneira nº 40 deve apresentar um Limite de liquidez (LL) inferior ou igual a 25% e um Índice de plasticidade (IP) inferior ou igual a 6%;
- A expansão máxima de 1,0%; e
- O índice de grupo (IG) deverá ser igual a zero.

Solos Lateríticos

Para o caso de solos com comportamento laterítico, assim entendidos como aqueles classificados conforme a norma DNER-CLA 259/96, deverão apresentar as seguintes características:

- Relação molecular sílica-sesquióxido (DNER-ME 030/94) menor ou igual a 2.
- Índice de Suporte Califórnia (ISC) mínimo admissível de projeto igual a 20%.
- Expansão máxima 0,5% no ensaio ISC (Proctor Intermediário).
- Para a fração que passa na peneira nº 40 um Limite de liquidez (LL) inferior ou igual a 40% e um Índice de plasticidade (IP) inferior ou igual a 15%.

10.1.4.4 Materiais Pétreos para Lastro, Agregado, Filtros e Colchões Drenantes

Uma primeira indicação e definição de pedreiras potenciais decorrem 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.

Material para Lastro

A escolha da jazida de material pétreo para lastro deverá atender os normativos específicos da VALEC, em vigência e que abordam este tema.

Material pétreo para Agregado de Concreto

Para o caso de material pétreo para agregados de concreto, serão realizados além dos ensaios preconizados nos normativos específicos para Lastro da VALEC, o ensaio de Reatividade Potencial (ASTM-C 289-07), após a Apreciação Petrográfica (ABNT NBR 7389), em no mínimo seis amostras por tipo litológico da ocorrência pétreo.

Tipo de Documento:	Unidade Responsável	Aprovação	Processo:	Código:	Revisão:	Página
ESPECIFICAÇÃO DE PROJETO	SUPRO/ DIPLAN	DIREX	51402.223454/2018-10	80-EG-000A-29-0000	08	25 de 47

Materiais Granulares Naturais para Filtros, Colchões Drenantes e Enrocamentos.

O estudo de jazida de material pétreo, exclusivamente, para uso em drenagem e enrocamentos deverá atender às condições e caracterizações descritas abaixo:

- Sempre que possível, estar dentro do lote de projeto;
- Determinação da espessura e qualidade do expurgo (classificação tátil visual e indicações de consistência) para previsão dos equipamentos e processos construtivos de sua remoção;
- O nível do lençol freático;
- A espessura e qualidade do depósito; e
- Apresentar características físicas e mecânicas adequadas para estas utilizações, como serem materiais de origem ígnea ou metamórfica, limpos, livres de alteração, de fissuramento, de xistosidade expressiva, ou de qualquer característica litológica que altere a sua resistência ou durabilidade

10.1.4.5 Materiais Arenosos para Agregado, Filtros e Colchões Drenantes

No caso de materiais arenosos, 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 ideia das dimensões da ocorrência e das distâncias de transporte envolvidas.

Ensaaios

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

- Composição granulométrica (ABNT NBR NM 248)
- Teor de argila em torrões (ABNT NBR 7218)
- Ensaio de Equivalente Areia (EA) (DNER ME 054/97)
- Teor de material pulverulento (ABNT NBR NM 46)
- Teor de matéria orgânica (ABNT NBR NM 49)

No caso de depósitos granulometricamente heterogêneos, como exemplo nas pilhas coletadas de areais de dragagem de leitos de rios, deverão ser coletadas amostras representativas de cada área característica.

10.1.5 Investigações para Obras de Arte Especiais

O plano de sondagem será feito, em função do comprimento da obra e do 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.

Tipo de Documento:	Unidade Responsável	Aprovação	Processo:	Código:	Revisão:	Página
ESPECIFICAÇÃO DE PROJETO	SUPRO/ DIPLAN	DIREX	51402.223454/2018-10	80-EG-000A-29-0000	08	26 de 47

No que diz respeito às avaliações e considerações geotécnicas para determinação do tipo de fundação, os seguintes pontos devem ser considerados:

- Características do subsolo: Tipo de solo, inexistência de solos colapsíveis ou expansivos por baixo das fundações, índice de resistência à penetração (NSPT), nível d'água e determinação de sua tensão admissível;
- 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;
- Existência de redes de interferências;
- Limitação executiva do equipamento para diversos tipos de fundações;
- 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, horizontais devido ao empuxo lateral por movimentação das camadas instáveis, efeito Tschebotarioff, cálculo de esforços e deslocamentos no topo da estaca devido a força horizontal e momentos aplicados.

Deverão constar, nestes estudos, recomendações quanto à sequência construtiva, inclusive sob a não execução das fundações dos encontros antes do alteamento dos aterros de encabeçamento. Deve-se apresentar toda memória de cálculo reportando os modelos e origens dos parâmetros utilizados, além da bibliografia consultada.

O dimensionamento geotécnico das fundações profundas deve ser feito utilizando as metodologias apresentadas na tabela abaixo:

Tipo de Fundação	Métodos Indicados ⁽¹⁾
Estaca raiz	Aoki e Velloso modificado por Monteiro (1997) FUNDESP
Estaca escavada ⁽²⁾	Aoki e Velloso modificado por Monteiro (1997) DANZIGER (1982)

⁽¹⁾ 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).
⁽²⁾ 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 VALEC.

Os materiais decorrentes das escavações de fundações profundas serão classificados, para efeito de projeto e quantificações de volumes de escavação, de acordo com o item 10.1.1.2.

a) Projeto Básico

As sondagens nesta fase têm por objetivo a perfeita caracterização do perfil geológico do terreno onde serão executados os apoios da estrutura e definir as taxas de resistência do solo para estabelecimento do tipo e das cotas de fundação.

Assim sendo deve-se executar no mínimo um furo de sondagem à percussão ou mista em Passagens Inferiores e no mínimo dois furos de sondagem à percussão ou mista para as demais

Tipo de Documento:	Unidade Responsável	Aprovação	Processo:	Código:	Revisão:	Página
ESPECIFICAÇÃO DE PROJETO	SUPRO/ DIPLAN	DIREX	51402.223454/2018-10	80-EG-000A-29-0000	08	27 de 47

OAEs. Quando for verificada uma variação das camadas de solo, deverão ser feitas sondagens de confirmação e assim dar confiabilidade ao perfil geológico.

O limite máximo de profundidade deverá ser de 40 m ou, quando o terreno se apresentar, com resistência maior ou igual a 30 golpes para penetração de 30 cm (SPT) em 10 m consecutivos ou quando ocorrer o impenetrável ao trépano de lavagem (3 ciclos consecutivos de 10 min, com penetração inferior a 5 cm em cada ciclo).

Para a determinação da tensão admissível dos solos, indica-se a utilização dos valores propostos na norma da ABNT NBR 6122.

Para casos particulares, 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):

$$\sigma_a = 0,02 \times N_{SPT} \quad \sigma_a \text{ em MPa}$$

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

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.

b) 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 retomado a sondagem a percussão.

O limite máximo de profundidade deverá ser de 25 m quando em método rotativo (com maciço rochoso já detectado), 40 m quando em método a percussão (sem maciço rochoso detectado) 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 (NSPT) em 10 m consecutivos;
- Ocorrência de rocha onde o furo a rotativa indicar recuperação maior ou igual a 90% em 5 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

Tipo de Documento:	Unidade Responsável	Aprovação	Processo:	Código:	Revisão:	Página
ESPECIFICAÇÃO DE PROJETO	SUPRO/ DIPLAN	DIREX	51402.223454/2018-10	80-EG-000A-29-0000	08	28 de 47

correlações etc. O fator de segurança a ser adotado deverá ser de acordo com a norma técnica da ABNT NBR 6122.

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 solos moles encontrados.

c) Coleta de amostras e ensaios

No caso de presença de solos compressíveis nos encontros, quando a remoção total da camada mole para implantação do 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 Terrenos Moles e Compressíveis, item 10.1.3.1.

10.1.6 Investigações para Obras de Arte Correntes

Em toda OAC deverá ser executado o mínimo de uma sondagem a percussão.

O plano de sondagens deverá constar de sondagens a 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 metros.

11 Estudos Geológicos e Geotécnicos para Anteprojeto

O Anteprojeto deverá ser elaborado atendendo ao mesmo conteúdo (mesma itemização) dos Estudos Geológicos e Geotécnicos para Projetos Básico, porém, se possível, com menor detalhamento, sendo os levantamentos (sondagens e ensaios) reduzidos a quantitativos menores, seguindo as seguintes premissas:

- dados de sondagens, com plano submetido e aprovado pela Valec em número e tipos adequados e suficientes, de acordo com as características geológicas/geotécnicas locais, de modo a obter as informações mínimas necessárias para a caracterização do da faixa de implantação e das ocorrências, recomenda-se a execução de no mínimo 20% dos quantitativos de Projeto Básico;

Tipo de Documento:	Unidade Responsável	Aprovação	Processo:	Código:	Revisão:	Página
ESPECIFICAÇÃO DE PROJETO	SUPRO/ DIPLAN	DIREX	51402.223454/2018-10	80-EG-000A-29-0000	08	29 de 47

- informações geotécnicas e localização de ocorrências de materiais naturais para construção e empréstimos;
- localização e caracterização de ocorrências de solos de baixa capacidade de suporte e processos erosivos que comprometam a faixa de domínio; e
- verificação e caracterização da presença de afloramentos rochosos e/ou vestígios de possíveis cortes em maciço rochoso.

12 Métodos de Execução e Apresentação dos Resultados

12.1 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 Item 15.11.

12.2 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 6484/2001 - Sondagem a Percussão
- DNER PRO 102/97 – Sondagem Rotativa
- 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 Item 15.

12.3 Conteúdo do Projeto

Os projetos elaborados deverão atender as diretrizes a seguir, independente da fase de projeto (Anteprojeto, Projeto Básico e Projeto Executivo):

Tipo de Documento:	Unidade Responsável	Aprovação	Processo:	Código:	Revisão:	Página
ESPECIFICAÇÃO DE PROJETO	SUPRO/ DIPLAN	DIREX	51402.223454/2018-10	80-EG-000A-29-0000	08	30 de 47

VOLUME	ITEM	DESCRIÇÃO E SUBITEMIZAÇÃO	FORMATO
Relatório (Estudos Geológicos/Geotécnicos) - Parte integrante do Volume 1	Estudos Geológicos	Características geomorfológicas da região e da faixa de implantação (com mapa)	A4
		Características geológicas da região e da faixa de implantação (com mapa)	
		Características pedológicas da região e da faixa de implantação (com mapa)	
		Conclusões	
	Relatório de Características Geotécnicas Preliminares	Características geotécnicas preliminares da faixa de implantação (incluindo detalhamento dos locais com solos de baixa capacidade de suporte, dos processos erosivos e dos afloramentos rochosos)	A4
		Características geotécnicas preliminares e localização dos possíveis empréstimos	
		Características geotécnicas preliminares e localização das possíveis ocorrências de sublastro	
		Características geotécnicas preliminares e localização dos possíveis areais	
	Planejamento de Investigações e Ensaios	Características geotécnicas preliminares e localização das possíveis pedreiras	A4
		Descrição das investigações geotécnicas e ensaios a serem realizados	
	Investigações do Eixo de Implantação	Plano de sondagens (Programação de Estudos Geotécnicos de Campo)	A4
		Quadro resumo de sondagens e ensaios do subleito	
Estudo das Ocorrências dos Materiais Naturais para Construção	Caracterização do subleito e determinação dos segmentos homogêneos	A4	
	Descrição da localização, características e das investigações realizadas nos empréstimos		
	Descrição da localização, características e das investigações realizadas nas ocorrências de sublastro		
	Descrição da localização, características e das investigações realizadas nos areais		
Estudos de Estabilidade de Taludes de Cortes	Descrição da localização, características e das investigações realizadas nas pedreiras	A4	
	Linear de ocorrências em A4		
	Identificação dos cortes a serem estudados, das respectivas seções críticas e das parametrizações dos horizontes de materiais presentes		
	Metodologias utilizadas para os maciços terrosos, rochosos e mistos		
Estudos de Estabilidade de Taludes de Aterros	Análises de estabilidade (memórias de cálculos)	A4	
	Definições das geometrias dos taludes e dos dispositivos de contenção (se necessário)		
	Descrição dos modelos de aterros a serem estudados, das respectivas seções críticas e das parametrizações dos horizontes de materiais		
	Metodologias utilizadas para a análise		
Estudos das Fundações dos Aterros	Análises de estabilidade (memórias de cálculos)	A4	
	Definições das geometrias dos taludes e dos dispositivos de contenção (se necessário)		
	Estudos de fundação de aterros em locais com a presença de solos de baixa capacidade de suporte		
	Estudos para substituição ou tratamento de solos de baixa capacidade de suporte		
Anexo 01 - Parte integrante do Volume 2	Boletins das Sondagens do Eixo de Implantação, das Obras de Arte Correntes e das Obras de Arte Especiais	Estudos de aterros com implantação em locais com terreno natural inclinado (se necessário)	A4
		Poços de inspeção	
		Sondagens a trado	
		Sondagens mistas	
	Ensaio das Amostras Coletadas nas Sondagens do Eixo de Implantação	Sondagens das obras de arte especiais	A4
		Ensaio <i>in situ</i>	
		Ensaio dos poços de inspeção	
		Ensaio das sondagens a trado	
	Linear de Ocorrências	Quadro resumo dos ensaios do eixo de implantação	A3
		Linear das ocorrências e empréstimos com a respectiva amarração ao eixo	
		Croqui do empréstimo 01	
		Boletim das sondagens do empréstimo 01	
Estudo de Empréstimos	Ensaio das amostras das sondagens do empréstimo 01	A4	
	Quadro resumo dos ensaios do empréstimo 01		
	Croqui do empréstimo 02		
	Boletim das sondagens do empréstimo 02		
	Ensaio das amostras das sondagens do empréstimo 02	Ensaio das amostras das sondagens do empréstimo 02	A4
		Quadro resumo dos ensaios do empréstimo 02	
		...	
		Croqui do empréstimo "n"	
	Ensaio das amostras das sondagens do empréstimo "n"	Boletim das sondagens do empréstimo "n"	A4
		Ensaio das amostras das sondagens do empréstimo "n"	
		Quadro resumo dos ensaios do empréstimo "n"	
		...	
Estudo de Ocorrências de Sublastro (Jazida)	Croqui da jazida 01	A3	
	Boletim das sondagens da jazida 01		
	Ensaio das amostras das sondagens da jazida 01		
	Quadro resumo dos ensaios da jazida 01		
	Ensaio das amostras das sondagens da jazida 02	Croqui da jazida 02	A3
		Boletim das sondagens da jazida 02	
		Ensaio das amostras das sondagens da jazida 02	
		Quadro resumo dos ensaios da jazida 02	
	Ensaio das amostras das sondagens da jazida "n"	...	A3
		Croqui da jazida "n"	
		Boletim das sondagens da jazida "n"	
		Ensaio das amostras das sondagens da jazida "n"	
Estudo de Arais	Quadro resumo dos ensaios da jazida "n"	A4	
	...		
	Croqui do areal 01		
	Boletim das sondagens do areal 01		
	Ensaio das amostras das sondagens do areal 01	Ensaio das amostras das sondagens do areal 01	A4
		Quadro resumo dos ensaios do areal 01	
		Croqui do areal 02	
		Boletim das sondagens do areal 02	
	Ensaio das amostras das sondagens do areal 02	Ensaio das amostras das sondagens do areal 02	A4
		Quadro resumo dos ensaios do areal 02	
		...	
		Croqui do areal "n"	
Ensaio das amostras das sondagens do areal "n"	Boletim das sondagens do areal "n"	A4	
	Ensaio das amostras das sondagens do areal "n"		
	Quadro resumo dos ensaios do areal "n"		
	...		
Estudo de Pedreiras	Croqui da pedreira 01	A3	
	Boletim das sondagens da pedreira 01		
	Ensaio das amostras das sondagens da pedreira 01		
	Quadro resumo dos ensaios da pedreira 01		
	Ensaio das amostras das sondagens da pedreira 02	Croqui da pedreira 02	A3
		Boletim das sondagens da pedreira 02	
		Ensaio das amostras das sondagens da pedreira 02	
		Quadro resumo dos ensaios da pedreira 02	
	Ensaio das amostras das sondagens da pedreira "n"	...	A3
		Croqui da pedreira "n"	
		Boletim das sondagens da pedreira "n"	
		Ensaio das amostras das sondagens da pedreira "n"	
Ensaio das amostras das sondagens da pedreira "n"	Quadro resumo dos ensaios da pedreira "n"	A4	
	...		
	Fichas de cadastro de ocorrências de solos de baixa capacidade de suporte		
	Boletins de sondagens e fichas dos ensaios para caracterização dos horizontes de solos de baixa capacidade de suporte		
Desenhos - Parte integrante do Volume 3	Perfis com a delimitação dos horizontes do solo de baixa capacidade de suporte	A1	
	Mapa Geológico		
	Apresentação do mapa geológico da faixa de domínio		
Projeto de Contenção	Define os horizontes de acordo com a escavabilidade (materiais de 1ª, 2ª e 3ª categorias de escavação)	A1	
	Apresentação dos desenhos referentes aos projetos de contenções (se houver)		

Tipo de Documento:	Unidade Responsável	Aprovação	Processo:	Código:	Revisão:	Página
ESPECIFICAÇÃO DE PROJETO	SUPRO/ DIPLAN	DIREX	51402.223454/2018-10	80-EG-000A-29-0000	08	31 de 47

12.4 Anexos dos Estudos

Poderão ser empregados outros modelos de boletins de sondagem, desde que contenha as seguintes informações mínimas necessárias:

12.4.1 Sondagem a Trado (ST) e Poços de Inspeção (PI):

a) Cabeçalho

- Logo da Projetista;
- Logo da VALEC;
- Nome da Ferrovia;
- Título;
- Trecho;
- Subtrecho;
- Lote;
- Estaca (km);
- Posicionamento e afastamento em relação ao eixo;
- Coordenadas (UTM) com Fuso;
- Código da Sondagem;
- Cota da boca do furo;
- Tipologia do estudo (corte, empréstimo, ocorrência e etc.);
- Data de início;
- Data de conclusão.

b) Colunas

- Profundidades;
- N.A.;
- Perfil Estratigráfico;
- Classificação do material;

c) Observações

- Datas das medições do N.A.;

Tipo de Documento:	Unidade Responsável	Aprovação	Processo:	Código:	Revisão:	Página
ESPECIFICAÇÃO DE PROJETO	SUPRO/ DIPLAN	DIREX	51402.223454/2018-10	80-EG-000A-29-0000	08	32 de 47

- Profundidade perfurada e motivo da paralisação;
- Tipo de trado/ferramentas utilizadas;

d) Assinaturas

Deverão conter três assinaturas:

- Responsável Técnico (com o número do CREA)
- Fiscal de Campo (apoiadora/supervisora)
- Responsável local da VALEC (funcionário da SUPRO Campo, eng. Fiscal e etc.)

12.4.2 Sondagem a Percussão (SP):

a) Cabeçalho

- Logo da Projetista;
- Logo da VALEC;
- Nome da Ferrovia;
- Título;
- Trecho;
- Subtrecho;
- Lote;
- Estaca (km);
- Posicionamento e afastamento em relação ao eixo;
- Coordenadas (UTM) com Fuso;
- Código da Sondagem;
- Cota da boca do furo;
- Tipologia do estudo (corte, aterro, OAC e etc.);
- Data de início;
- Data de conclusão;
- Tipo e dimensões do amostrador;
- Diâmetro do revestimento.

Tipo de Documento:	Unidade Responsável	Aprovação	Processo:	Código:	Revisão:	Página
ESPECIFICAÇÃO DE PROJETO	SUPRO/ DIPLAN	DIREX	51402.223454/2018-10	80-EG-000A-29-0000	08	33 de 47

b) Colunas

- Profundidades;
- N.A.;
- Perfil Estratigráfico;
- Classificação do material;
- Nº de golpes (primeiros 15 cm);
- Nº de golpes (15 cm a 30 cm);
- Nº de golpes (30 cm a 45 cm);
- Nº de golpes inicial (soma do número de golpes dos primeiros 15 cm com o número de golpes dos 15 cm aos 30 cm);
- Nº de golpes final (NSPT – soma do número de golpes dos 15 cm aos 30 cm com o número de golpes dos 30 cm aos 45 cm);
- Gráfico indicando o Nº de golpes iniciais e os Nº de golpes finais;
- Profundidades revestidas;
- Método de perfuração empregado (ST, trépano com lavagem, SPT)

c) Observações

- Datas das medições do N.A.;
- Profundidade perfurada e motivo da paralisação;
- Informações sobre a lavagem (no caso de constatada a impenetrabilidade, informando os tempos de duração de cada ciclo e as profundidades atingidas)

d) Assinaturas

Deverão conter três assinaturas:

- Responsável Técnico (com o número do CREA)
- Fiscal de Campo (apoiadora/supervisora)
- Responsável local da VALEC (funcionário da SUPRO Campo, eng. Fiscal e etc.)

12.4.3 Sondagem Rotativa/Mista:**a) Cabeçalho**

- Logo da Projetista;

Tipo de Documento:	Unidade Responsável	Aprovação	Processo:	Código:	Revisão:	Página
ESPECIFICAÇÃO DE PROJETO	SUPRO/ DIPLAN	DIREX	51402.223454/2018-10	80-EG-000A-29-0000	08	34 de 47

- Logo da VALEC;
 - Nome da Ferrovia;
 - Título;
 - Trecho;
 - Subtrecho;
 - Lote;
 - Estaca (km);
 - Posicionamento e afastamento em relação ao eixo;
 - Coordenadas (UTM) com Fuso;
 - Código da Sondagem;
 - Cota da boca do furo;
 - Tipologia do estudo (corte, aterro, OAC e etc.);
 - Data de início;
 - Data de conclusão;
 - Inclinação do Furo;
 - Tipo e dimensões do barrilete;
 - Diâmetro do revestimento.
 - Método de perfuração empregado (ST, trépano com lavagem, SPT, SR)
- b) Colunas**
- Profundidades;
 - N.A.;
 - Perfil Estratigráfico;
 - Classificação do material;
 - Nº de golpes inicial (soma do número de golpes dos primeiros 15 cm com o número de golpes dos 15 cm aos 30 cm), quando pertinente, nos trechos em SP;
 - Nº de golpes final (NSPT – soma do número de golpes dos 15 cm aos 30 cm com o número de golpes dos 30 cm aos 45 cm), quando pertinente, nos trechos em SP;
 - Gráfico indicando o Nº de golpes iniciais e os Nº de golpes finais, quando pertinente, nos trechos em SP;
 - Profundidade revestida;

Tipo de Documento:	Unidade Responsável	Aprovação	Processo:	Código:	Revisão:	Página
ESPECIFICAÇÃO DE PROJETO	SUPRO/ DIPLAN	DIREX	51402.223454/2018-10	80-EG-000A-29-0000	08	35 de 47

- Método de perfuração empregado (ST, trépano com lavagem, SPT, SR)
- Recuperação, quando pertinente, nos trechos em SR;
- RQD, quando pertinente, nos trechos em SR;
- Grau de Alteração, quando pertinente, nos trechos em SR;
- Grau de Coerência, quando pertinente, nos trechos em SR;
- Grau de Fraturamento, quando pertinente, nos trechos em SR;
- Inclinação das descontinuidades, quando pertinente, nos trechos em SR;
- Material de preenchimento, quando pertinente, nos trechos em SR;
- Rugosidade das paredes das descontinuidades, quando pertinente, nos trechos em SR;
- Presença de oxidação nas paredes das descontinuidades.

c) Observações

- Datas das medições do N.A.;
- Profundidade perfurada e motivo da paralisação;
- Informações sobre a lavagem (no caso de constatada a impenetrabilidade ao SP, informando os tempos de duração de cada ciclo e as profundidades atingidas)

d) Assinaturas

Deverão conter três assinaturas:

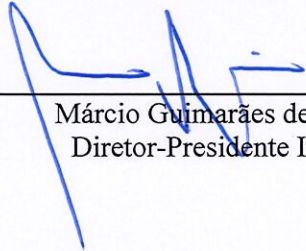
- Responsável Técnico (com o número do CREA)
- Fiscal de Campo (apoiadora/supervisora)
- Responsável local da VALEC (funcionário da SUPRO Campo, eng. Fiscal e etc.)

13 Revogação

Esta Especificação, revoga a versão anterior da Especificação de Projeto “Estudo Geotecnológico”, 80-EG-000A-290000 – Rev. 07.


14 Vigência

Este Normativo foi aprovado pela Diretoria Executiva – DIREX, em sua 1209ª Reunião Extraordinária, de 21 de janeiro de 2019, e entrará em vigor a partir desta data.


Márcio Guimarães de Aquino
Diretor-Presidente Interino

Tipo de Documento: ESPECIFICAÇÃO DE PROJETO	Unidade Responsável SUPRO/ DIPLAN	Aprovação DIREX	Processo: 51402.223454/2018-10	Código: 80-EG-000A-29-0000	Revisão: 08	Página 38 de 47
--	--------------------------------------	--------------------	-----------------------------------	-------------------------------	----------------	--------------------

15.3 MODELO DE BOLETIM DE SONDAgens A TRADO E POÇOS DE INSPEÇÃO

RELATÓRIO DE SONDAgEM A TRADO (ST)						
			COORDENADAS: N=		E=	
			FURO: ST-XXX ou PI-XXX		km: 100+100,00 (5,0 m LD)	
FERROVIA:			DATA INÍCIO:		COTA	TIP. DO ESTUDO
TRECHO:			DATA TÉRMINO:		0,000	
SUBTRECHO:			LEITURA DO NÍVEL D'ÁGUA (N.A.)			
LOTE:			DATA	HORA	PROFUNDIDADE	
			INICIAL:		m	
			FINAL:		m	
			PROFUNDIDADE ENSAIADA:		A m	
PROF. (m)	FERRAMENTA UTILIZADA	PERFIL	CLASSIFICAÇÃO EXPEDITA			N.A. (m)
0,00	CAVADEIRA		CAMADA VEGETAL			
0,20	CAVADEIRA					
1,00	ST		<div style="border: 2px solid black; border-radius: 15px; padding: 20px; display: inline-block;"> <p style="font-size: 48px; margin: 0;">MODELO</p> </div>			
2,00	ST					
3,00			LIMITE DA SONDAgEM = 3,00 m MOTIVO DA PARALISAÇÃO: Atingida a profundidade programada			
Projetista: LOGO DA EMPRESA			R.T.: Fiscal: VALEC:	Assinatura: Assinatura: Assinatura:		CREA:

2,50m




Tipo de Documento: ESPECIFICAÇÃO DE PROJETO	Unidade Responsável SUPRO/ DIPLAN	Aprovação DIREX	Processo: 51402.223454/2018-10	Código: 80-EG-000A-29-0000	Revisão: 08	Página 39 de 47
--	--------------------------------------	--------------------	-----------------------------------	-------------------------------	----------------	--------------------

15.4 MODELO DE BOLETIM DE SONDAGENS A PERCUSSÃO

RELATÓRIO DE SONDAGEM À PERCUSSÃO (SP)											
VALEC Engenharia, Construções e Ferrovias S.A.			Tipologia do Estudo CORTE		Nº FURO: SP-XXX		FOLHA 1/1	INÍCIO: 10/03/2014 TÉRMINO: 11/03/2014			
FERROVIA: FERROVIA NORTE SUL - EXTENSÃO SUL			km 100+100 (5,0 m LD)		COORDENADAS				FUSO -		
TRECHO:			N =		E =						
SUBTRECHO:			COTA(m):								
LOTE:			PESO: 65 Kg ALTURA DA QUEDA: 75 cm		RESISTÊNCIA A PENETRAÇÃO "N"					R E V E S T	
PROFUNDIDADE COTA (m)	PERFIL GEOLOGICO	PROFUNDIDADE (m)	REVESTIMENTO: Φ 2 1/2" AMOSTRADOR: Φ INTERNO: 34,9mm Φ EXTERNO: 50,8mm		PENETRAÇÃO (GOLPES 30 cm)			AMOSTRADOR TIPO TERZAGHI & PECK		MET. PERF.	NÍVEL DA ÁGUA (m)
CLASSIFICAÇÃO DAS CAMADAS			Esc 1:1	1º	2º	3º	1º e 2º	2º e 3º	Nº DE GOLPES 10 20 30 40		
0,00			Solo orgânico, cor preto.		1						ST + TRÉP.
1,00			Argila siltosa, consistência mole, cor cinza.		2	2	1	2	3	3	SP + TRÉP.
2,00			Areia fina, compactidade fofa, de cor cinza.		3	1	1	1	2	2	SP + TRÉP.
3,00			Argila silto arenosa com pedregulho de fino a médio, consistência rija, cor variegada.		4	4	6	8	10	14	SP + TRÉP.
3,45			Areia fina, compactidade medianamente compacta, cor cinza.		5	4	5	9	9	14	SP + TRÉP.
4,45			Argila silto arenosa, consistência rija, de cor cinza.		6	3	3	10	6	13	SP + TRÉP.
5,00			Argila siltosa, consistência rija, de cor amarela.		7	3	2	9	5	11	SP + TRÉP.
6,00			Site argilo com presença de mica, consistência rijo, de cor amarelo.		8	4	4	9	8	13	SP + TRÉP.
7,00			Saprolito arenoso, oriundo de alteração de rocha granítica/gnáissica, compactidade variando de compacto à muito compacto.		9	6	8	17	14	25	SP + TRÉP.
7,45					10	9	8	17	17	25	SP + TRÉP.
10,00			Limite da sondagem = 10,40m (Cota:)		11	12	15	17/15	27	32/25	SP + TRÉP.
					12						
					13						
					18						
					19						
					20						
PROFUNDIDADE DO NÍVEL D'ÁGUA			LEGENDA		LAVAGEM POR TEMPO (30min)						
DATA/HORA	PROF.(m)	SPT 30 cm INICIAIS	SPT 30 cm FINAIS	Avanço a trado: 0,22 m	Avanço por lavagem: 10,18 m	Prof. Revestimento: 10,40 m	Tempo de Lavagem	Profundidade (cm)			
INICIAL: 11/03/2014	0,22			0 a 10 min	2,3						
FINAL: 12/03/2014	0,00			10 a 20 min	3						
Empresa:		LOGO DA EMPRESA		R.T.: João Silva - 000000/D-DF	Fiscal:	VALEC:	20 a 30 min	4,1			

MODELO

N.A. encontrado à 0,00m da "boca do furo" em 12/03/2014.

Tipo de Documento: ESPECIFICAÇÃO DE PROJETO	Unidade Responsável SUPRO/ DIPLAN	Aprovação DIREX	Processo: 51402.223454/2018-10	Código: 80-EG-000A-29-0000	Revisão: 08	Página 40 de 47
--	--------------------------------------	--------------------	-----------------------------------	-------------------------------	----------------	--------------------

15.5 MODELO DE BOLETIM DE SONDAGENS MISTA

RELATÓRIO DE SONDAGEM MISTA (SM)																				
VALEC Engenharia, Construções e Ferrovias S.A.				COORDENADAS - FUSO: 23L				Φ DO REVESTIMENTO: 0,00 mm BARRILHETE: Duplo Giratório Φ EXT.: 00,0 mm - Φ INT.: 00,0 mm												
FERROVIA: FERROVIA NORTE SUL - EXTENSÃO SUL				km: 100+100 (5,0 m LE)		TIPOLOGIA DO ESTUDO:		DATA INÍCIO: 23/03/2013		FOLHA										
TRECHO:				SM - XXX		CORTE		DATA TÉRMINO: 26/03/2013		1/1										
SUBTRECHO:				COTA: 836,520 m		ESCALA S/N		N.A. INICIAL: 26/03/2013		13:00h										
LOTE:								N.A. FINAL: 27/03/2013		14:00h										
PROFUNDIDADE	PERFIL GEOLÓGICO	CLASSIFICAÇÃO DAS CAMADAS	Nº DE GOLPES		MÉTODO	RECUPERAÇÃO (%)	ALTERAÇÃO	FRATURAMENTO	COERÊNCIA	INCLINAÇÃO	PREENCHIMENTO	RUGOSIDADE	OXIDAÇÃO	RESISTÊNCIA A PENETRAÇÃO		N.A. (m)				
			1ªe2ª	2ªe3ª										---	---					
														0	10	20	30	40	50	
														0	20	40	60	80	100	
1,00m		Argila arenosa vermelha (solo residual).	30	32	ST									1,0						
		Argila arenosa, dura, vermelha (solo de alteração).	33	35	ST + SP									2,0						
3,00m					TRÉP. + SP									3,0						
						92	A2	F2	C1	H	ARG.	S1	OX	4,5						
		Basalto, cinza esverdeado, com geodos.			SR	85	A2	F2	C1	I	GRAN.	S1	OX	6,0						
						99	A1	F1	C1	SV	MISTO	S1	NÃO OX	7,5						
7,50m		<p>Limite da Sondagem: 7,50m (COTA: 464,707).</p> <p>Motivo da paralisação: atingiu a profundidade programada</p> <p>Profundidade do revestimento = 3,00m</p> <p>LAVAGEM POR TEMPO</p> <p>0 - 10 min: 2,0 cm</p> <p>10 - 20 min: 2,5 cm</p> <p>20 - 30 min: 0</p>																		
LOGO DA EMPRESA		R.T.: João Silva - 000000/D-DF			FISCAL:			VALEC:												

MODELO

N.A. encontrado a 2,00m em 06/05/2013

12

Tipo de Documento:	Unidade Responsável	Aprovação	Processo:	Código:	Revisão:	Página
ESPECIFICAÇÃO DE PROJETO	SUPRO/ DIPLAN	DIREX	51402.223454/2018-10	80-EG-000A-29-0000	08	41 de 47

15.6 MODELO DE CADASTRAMENTO DE OCORRÊNCIAS DE SOLO MOLE OU COMPRESSÍVEL**SOLO MOLE – CADASTRO DE OCORRÊNCIA**

TRECHO:

INFORMAÇÕES GERAIS

Descrição:

Comprimento:

Largura:

Espessura:

Volume de remoção estimado:

Nível d'água:

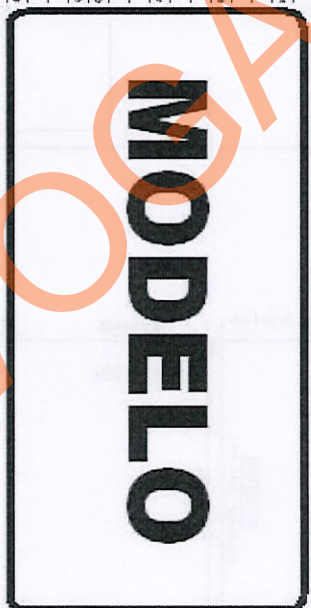
REGISTRO FOTOGRÁFICO

Tipo de Documento: ESPECIFICAÇÃO DE PROJETO	Unidade Responsável SUPRO/ DIPLAN	Aprovação DIREX	Processo: 51402.223454/2018-10	Código: 80-EG-000A-29-0000	Revisão: 08	Página 43 de 47
--	--------------------------------------	--------------------	-----------------------------------	-------------------------------	----------------	--------------------

15.8 MODELO DE PLANILHA RESUMO DE INVESTIGAÇÃO GEOTÉCNICA DO EIXO

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

km	REGISTRO	PROF. (m)	N.A.	Tipologia do estudo	Registro fotográfico	DESCRICAÇÃO	ADIBLISE GRANULOMÉTRICA (%)										Massa (g)	K _u (g/cm³)	ÍNDICES HÍDRICOS					CLASSIFICAÇÃO	COMPTAÇÃO ASSINTO (Provisória)	I.S.C.
							2°	1°	30°	40°	50°	60°	70°	80°	100°	LL (%)			LP (%)	IP (%)	Io (%)	MB	g/100g			
41+100	ST-01	020-020 020-200 200-400 400	600	Corre		Camada vegetal Argila de pedregalho, areia grossa e p/ areia média cor arenosa/brnha Argila de areia fina p/ areia média cor arenosa/brnha Linha de Sondagem	100	100	91	82	71	65	55	29	1317,3	-	54,9	37,3	17,6	11	A-7,6	A-7,6	1530,2	21,2	1	0,7
41+340	ST-02	020-020 020-130 130-130 130-400	600	Corre		Camada vegetal Silt e areia fina e areia média cor arenosa/brnha Silt e areia fina p/ areia média cor arenosa/brnha Linha de Sondagem	100	100	100	99	97	88	76	22,8	1311,4	-	HL	NP	NP	8	A-4	A-4	1596,6	22,6	7	0,8
46+520	ST-03	020-020 200-400 400	600	Corre		Silt e areia fina, meda e/ areia grossa pedregalho cor arenosa/brnha Silt e areia fina p/ areia média e areia grossa cor arenosa/brnha Linha de Sondagem	100	100	100	99	89	85	66	19,2	1320,1	-	HL	NP	NP	6	A-4	A-4	1521,9	23,6	5	1,0
46+780	ST-04	020-020 020-250 250	600	Corre		Camada vegetal Argila de areia fina p/ areia média e areia grossa Linha de Sondagem	100	100	100	99	97	86	76	22,8	1311,4	-	HL	NP	NP	8	A-4	A-4	1596,6	22,6	7	0,8
47+500	ST-05	020-020 020-250 250	600	Corre		Camada vegetal Argila de areia fina p/ areia média e areia grossa Linha de Sondagem	100	100	100	99	97	86	76	22,8	1311,4	-	HL	NP	NP	8	A-4	A-4	1596,6	22,6	7	0,8
49+200	ST-06	020-020 020-150 150	600	Corre		Camada vegetal Argila e pedregalho, areia fina, areia média e areia grossa Linha de Sondagem	100	100	100	99	97	86	76	22,8	1311,4	-	HL	NP	NP	8	A-4	A-4	1596,6	22,6	7	0,8
50+400	ST-07	020-020 020-130 130-250 250	600	Corre		Camada vegetal Silt e areia fina, areia média e/ areia grossa Argila de areia fina, pedregalho, areia média e areia grossa Linha de Sondagem	100	100	100	99	97	86	76	22,8	1311,4	-	HL	NP	NP	8	A-4	A-4	1596,6	22,6	7	0,8
51+700	ST-08	020-020 020-250 250	600	Corre		Camada vegetal Argila fina, areia média e/ areia grossa Linha de Sondagem	100	100	100	99	97	86	76	22,8	1311,4	-	HL	NP	NP	8	A-4	A-4	1596,6	22,6	7	0,8
51+200	ST-09	020-020 020-130 130	600	Corre		Camada vegetal Argila de areia fina p/ areia média, pedregalho e areia grossa cor arenosa/brnha Impermeável a Tido	100	100	99	96	94	87	58	14,7	1400,9	-	30,9	19,0	11,9	5	A-6	A-6	1622,4	19,5	7	0,1
50+150	ST-10	020-020 020-250 250	600	Corre		Camada vegetal Argila fina e areia média e/ areia grossa Linha de Sondagem	100	100	98	95	93	67	37	11,0	1445,9	-	HL	NP	NP	0	A-4	A-4	1371,0	13,9	10	0,2
57+500	ST-01	020-020 100-430 430	600	Corre		Camada vegetal Silt e areia fina p/ areia média e areia grossa e/ areia grossa cor arenosa/brnha Linha de Sondagem	100	100	97	89	84	61	48	28	1502,7	-	21,5	17,5	10,0	0	A-2,4	A-2,4	1638,1	12,5	28	0,0
55+600	ST-12	020-120 120-250 250	600	Corre		Camada vegetal Argila de areia fina, areia média e/ areia grossa cor arenosa/brnha Argila de areia fina, p/ areia média, pedregalho e areia grossa cor arenosa/brnha Linha de Sondagem	100	100	100	99	94	89	63	16,7	1266,2	-	46,6	32,7	13,9	8	A-3,6	A-3,6	1418,6	23,6	6	0,4
58+800	ST-02	020-020 020-400 400-140 140	600	Corre		Camada vegetal Argila silteosa e pedregalho grossos, de cor arenosa/brnha, consistência média Argila silteosa e pedregalho grossos, de cor arenosa/brnha, consistência média Argila arenosa de cor amarelada, consistência mo- Argila arenosa cor arenosa, consistência média Linha de Sondagem	100	100	99	94	87	78	60	18,5	-	-	47,8	30,1	17,7	9	A-7,6	A-7,6	1655,9	18,0	12	0,1



[Handwritten signature]

Tipo de Documento: ESPECIFICAÇÃO DE PROJETO	Unidade Responsável SUPRO/ DIPLAN	Aprovação DIREX	Processo: 51402.223454/2018-10	Código: 80-EG-000A-29-0000	Revisão: 08	Página 44 de 47
--	--------------------------------------	--------------------	-----------------------------------	-------------------------------	----------------	--------------------

15.9 MODELO DE APRESENTAÇÃO DE ESTUDOS PARA MATERIAL TERROSO

NOTAS

DESENHOS DE REFERENCIA

Espessura média: 0,63 m
Estimativa de volume: 8.000 m³
Vegetação: Arbustiva

ENSAIOS TECNOLÓGICOS

ESTADÍSTICO - CARACTERÍSTICAS GEOTECNICAS

Índice Plastico	Gradiente de 3 Passado					Compactação (Problema Intermediário)				
	LL (%)	PL (%)	U ₁	U ₂	U ₃	U ₁	U ₂	U ₃	U ₄	U ₅
10	204	124	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
15	204	124	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
20	204	124	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
25	204	124	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
30	204	124	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
35	204	124	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
40	204	124	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
45	204	124	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
50	204	124	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
55	204	124	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
60	204	124	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
65	204	124	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
70	204	124	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
75	204	124	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
80	204	124	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
85	204	124	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
90	204	124	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
95	204	124	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
100	204	124	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0

CROQUI DE LOCALIZAÇÃO
S/ Escala

LIBERADO PARA EXECUÇÃO DA OBRA

APROVAÇÃO ASSESSORIA [Assinatura]	APROVAÇÃO ASSESSORIA [Assinatura]	APROVAÇÃO ASSESSORIA [Assinatura]
---	---	---

NOTAS

DESENHOS DE REFERENCIA

Tipo de Documento: ESPECIFICAÇÃO DE PROJETO	Unidade Responsável SUPRO/ DIPLAN	Aprovação DIREX	Processo: 51402.223454/2018-10	Código: 80-EG-000A-29-0000	Revisão: 08	Página 45 de 47
--	--------------------------------------	--------------------	-----------------------------------	-------------------------------	----------------	--------------------

15.10 MODELO DE APRESENTAÇÃO DE ESTUDOS PARA MATERIAL PÉTREO

CARACTERIZAÇÃO GEOLÓGICO-GEOTÉCNICA

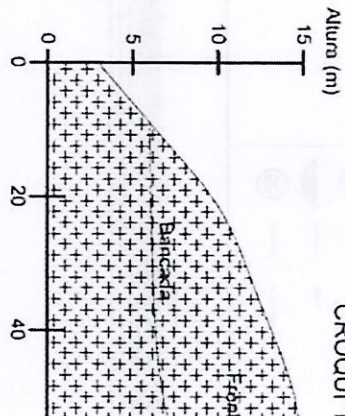
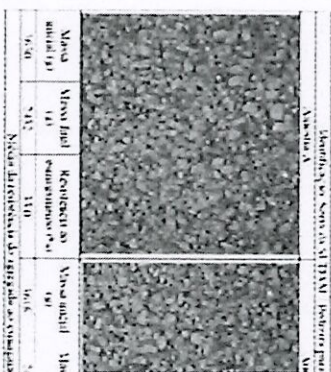
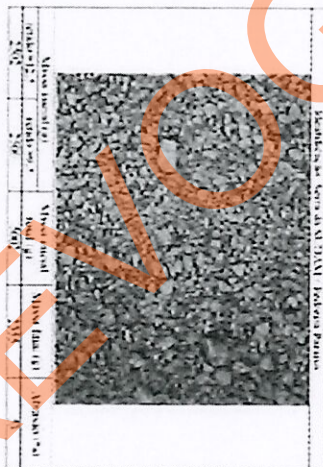
Classificação Petrográfica: _____
 Textura da rocha: _____
 Estrutura da rocha: _____
 Principais constituintes minerais (identificação macroscópica aproximada): _____
 Grau de alteração do maciço: _____
 Grau de fraturamento do maciço: _____

DADOS PARA EXPLORAÇÃO

Vegetação: _____
 Capçamento: _____
 Área a desapropriar: _____
 Estimativa de volume: _____

ENSAIOS TECNOLÓGICOS

Amostra	Massa Sólida (g)	Massa Saturada (g)	Massa Saturada (g)	$q^*(\%)$	ρ_l (g/cm ³)	ρ_{sat} (g/cm ³)	$w(\%)$
A	214,89	217,66	146,27	3,0	2,57	2,60	1,2
B	206,07	208,02	138,1	2,5	2,58	2,60	1,0
C	190,65	192,05	118,18	2,1	2,58	2,61	0,9
D	190,5	192,15	118,18	2,1	2,58	2,61	0,9
E	111,26	113,12	88,15	2,8	2,57	2,60	1,3
				Medida	2,8	2,58	2,61
				Deve Padrão	0,1	0,01	0,00
				Coef. de Variação (%)	18,8	0,28	0,17



NOTAS

DESENHOS DE REFERENCIA

LIBERADO PARA EXECUÇÃO DA OBRA

APROVAÇÃO

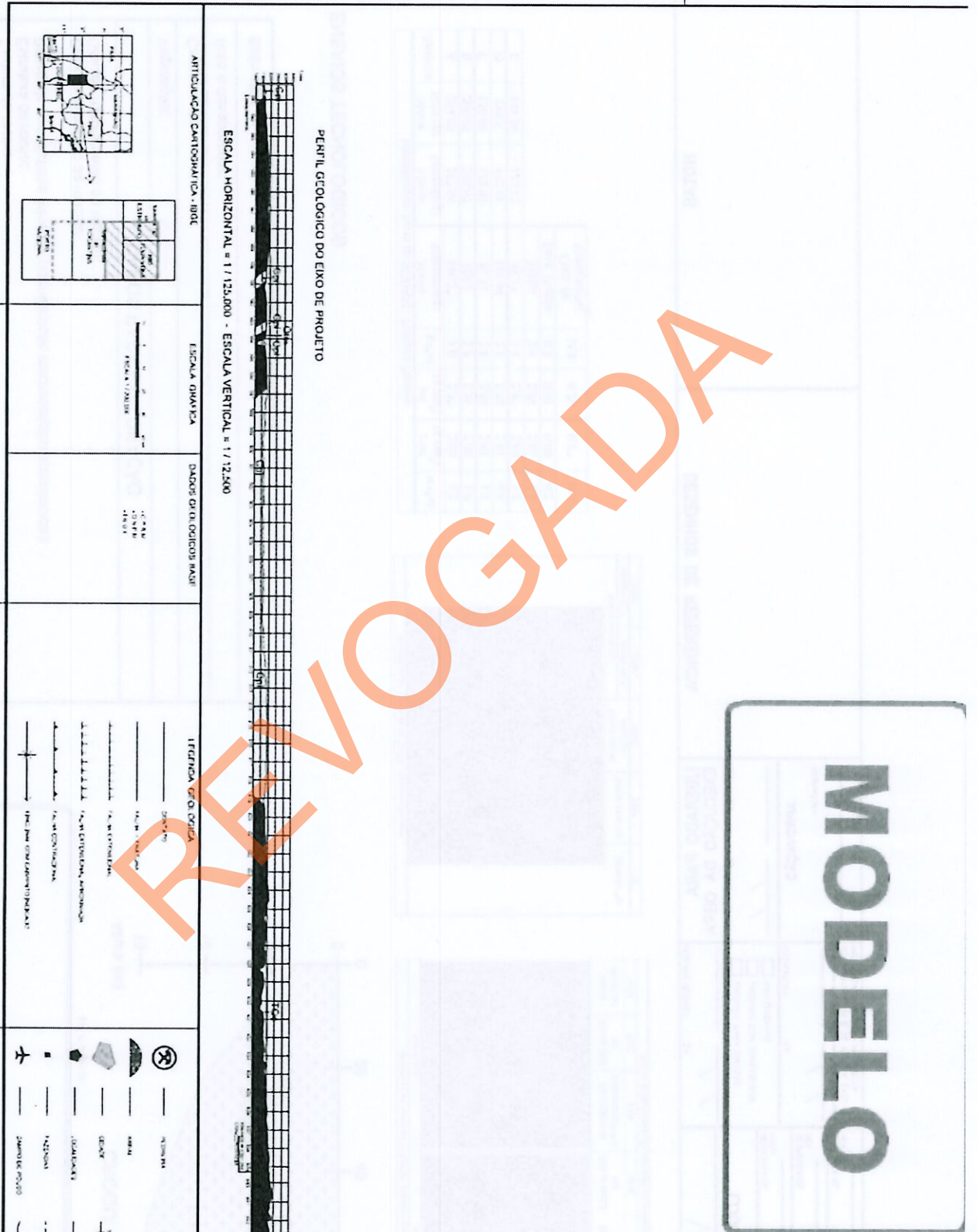
LOGO

MODELO

[Handwritten signature]

Tipo de Documento: ESPECIFICAÇÃO DE PROJETO	Unidade Responsável: SUPRO/ DIPLAN	Aprovação: DIREX	Processo: 51402.223454/2018-10	Código: 80-EG-000A-29-0000	Revisão: 08	Página: 46 de 47
--	---------------------------------------	---------------------	-----------------------------------	-------------------------------	----------------	---------------------

15.11 MODELO DE APRESENTAÇÃO DE CARTA GEOLÓGICA E PERFIL

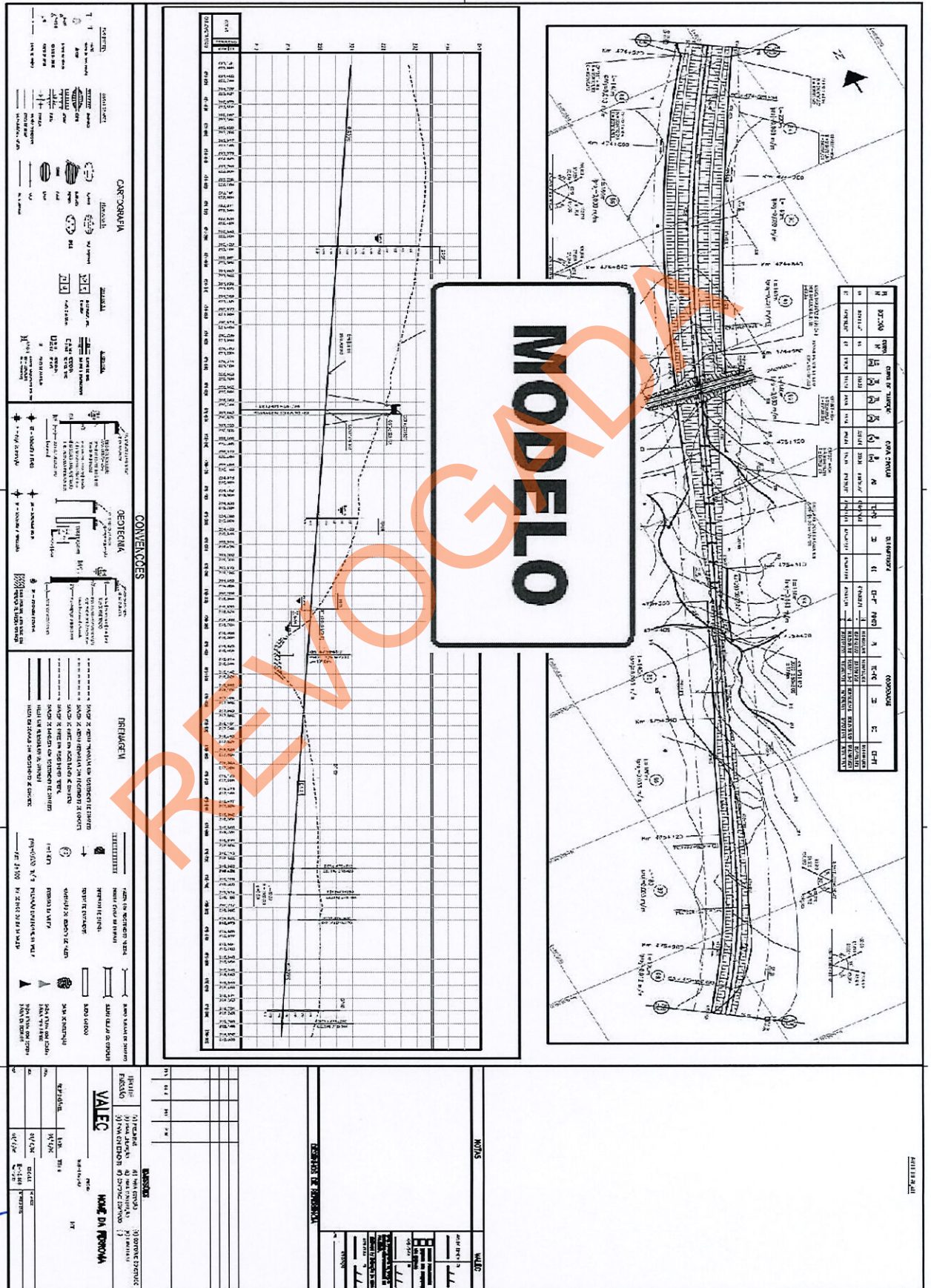


MODELO

Handwritten signature or initials in blue ink.

Tipo de Documento: ESPECIFICAÇÃO DE PROJETO	Unidade Responsável SUPRO/ DIPLAN	Aprovação DIREX	Processo: 51402.223454/2018-10	Código: 80-EG-000A-29-0000	Revisão: 08	Página 47 de 47
--	--------------------------------------	--------------------	-----------------------------------	-------------------------------	----------------	--------------------

15.12 MODELO DE CONVENÇÕES PARA PERFIL GEOTÉCNICO



<p>VALEC</p> <p>Engenharia, Construções e Ferrovias S.A.</p>	
<p>Endereço: Av. Paulista, 1568 - Bela Vista - São Paulo - SP</p> <p>Telefone: (11) 5046-1000</p> <p>Fax: (11) 5046-1001</p> <p>E-mail: valem@valem.com.br</p>	<p>Projeto: 51402.223454/2018-10</p> <p>Assinatura: [Assinatura]</p> <p>Data: 15/08/2018</p>