



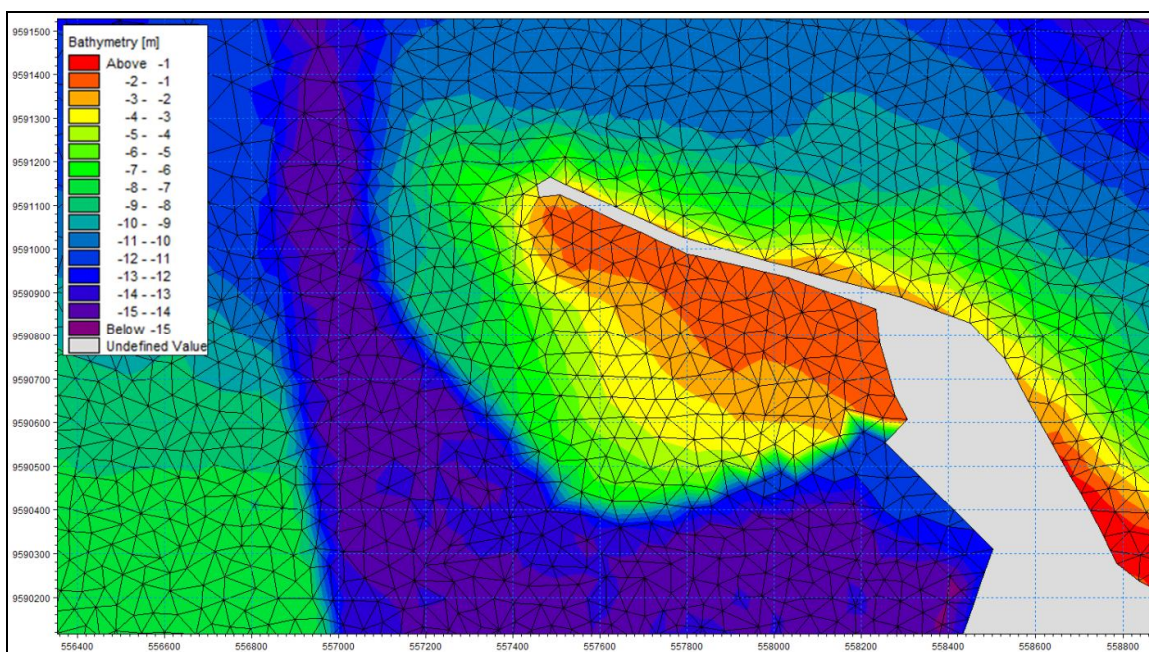
**PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA**  
**SECRETARIA DE PORTOS - SEP**  
**Instituto Nacional de Pesquisas Hidroviárias - INPH**



INPH : 054/2013 – Rev.05

CÓDIGO :Mucuripe-900/01

**ANTEPROJETO DE DRAGAGEM DE MANUTENÇÃO DO TERMINAL  
DE PASSAGEIROS E ADEQUAÇÃO DO ACESSO  
AQUAVIÁRIO AO PORTO DE FORTALEZA / CE.**



**INPH / SEP**

**Rio de Janeiro**  
**Fevereiro / 2014**



## EQUIPE TÉCNICA

### **Coordenação Geral**

Eng<sup>o</sup> Domenico Accetta

- Diretor do INPH

Eng<sup>o</sup> Paulo César da Silva Freire

- Coordenador de Pesquisas

### **Equipe**

Geol. Roberto Bianco

Eng<sup>o</sup> Luis Pedro Bicalho

Msc. Ocn. Rafael Paes Leme

Geol. Roberta da Silva Moreno

Eng<sup>o</sup> Wagner Scisinio

Msc. Mat. Suellem Deodoro

Msc. Adm. Alexandre Monteiro

Ocn. Reniel Dalbone

Msc. Ocn. Priscila Schilithz

Ocn. Jesuéilton Ribeiro

Eng<sup>o</sup> Octávio Hachiya

Eng<sup>o</sup> José Carlos Lomba

Des. Karla Valente Boim





## SUMARIO

<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>5</b>
<b>2. DADOS AMBIENTAIS.....</b>	<b>8</b>
2.1. Maré e Níveis d'água .....	8
2.2. Ventos .....	8
2.3. Correntes de marés .....	9
2.4. Ondas .....	11
2.5. Dinâmica sedimentar .....	14
2.6. Leito físico .....	14
<b>3. MODELAGEM MATEMÁTICA .....</b>	<b>17</b>
3.1. Alternativas.....	18
3.2. Modelo de Ondas .....	20
3.3. Modelo Hidrodinâmico e Morfodinâmico.....	26
<b>4. DESCRIÇÃO DOS MODELOS MATEMÁTICOS.....</b>	<b>29</b>
4.1. MIKE 21 Spectral Waves.....	29
4.2. MIKE 21 Flow Model.....	31
<b>5. DIMENSIONAMENTO DO CANAL DE ACESSO .....</b>	<b>37</b>
5.1. NAVIO TIPO DE PROJETO: Navio Porta-Contêiner .....	37
5.2. Características gerais .....	37
5.3. Determinação da Profundidade do Canal de Acesso .....	38
5.3.1. Movimentos Verticais.....	38
5.3.2. Folga sob a quilha devido à natureza do solo .....	40
5.3.3. Squat .....	40
5.3.4. Profundidade do Canal de Acesso Trecho Desabrigado .....	41
5.3.5. Profundidade do Canal de Acesso Trecho Abrigado .....	42
5.4. Determinação da Largura do Canal de Acesso .....	42
5.4.1. Largura necessária para Canal de acesso com via única .....	43
5.4.2. Cálculo da largura considerando Trecho Desabrigado .....	44
5.4.3. Cálculo da largura considerando Trecho Abrigado .....	44
5.5. Resultado do dimensionamento do canal de acesso em função do navio tipo considerando argumentação IALA .....	46
<b>6. ASPECTOS MORFOLÓGICOS, GEOLÓGICOS E GEOTÉCNICOS .....</b>	<b>47</b>



<b>6.1. Geologia regional e local.....</b>	<b>47</b>
<b>6.2. Organização dos dados analisados .....</b>	<b>49</b>
6.2.1. Perfilagem Sísmica (Tecnord Engenharia LTDA e PETCON – Planejamento em Transportes e Consultoria Ltda) .....	50
6.2.2. Sondagens.....	53
6.2.3. Batimetria .....	54
<b>6.3. Análise integrada dos dados geológico-geofísicos .....</b>	<b>56</b>
<b>6.4. Recomendações e considerações gerais.....</b>	<b>62</b>
<b>7. QUANTIFICAÇÃO DO VOLUME A SER DRAGADO .....</b>	<b>64</b>
<b>8. ÁREA DE DESPEJO .....</b>	<b>65</b>
<b>9. ESPECIFICAÇÃO DOS EQUIPAMENTOS A SEREM UTILIZADOS .....</b>	<b>66</b>
<b>10. CRONOGRAMA FÍSICO .....</b>	<b>68</b>
<b>11. BIBLIOGRAFIA .....</b>	<b>69</b>

#### **ANEXOS:**

**ANEXO A - Pranchas com as seções planejadas – Canal e Bacia de Evolução**

**ANEXO B - Desenho com as alturas de corte de dragagem no Terminal de Passageiros**

**ANEXO C - Perfis de sondagens realizadas pela empresa Geonorte – 1997**

**ANEXO D - Perfis de sondagens realizadas pela empresa Tecnord – 2006**

**ANEXO E - Perfis de sondagens realizadas pela empresa CINNOR – 2008**

#### **PLANTAS:**

**INPH-199-54 A – Arranjo Geométrico**

**INPH-199-54 B – Detalhe do Arranjo Geométrico do Terminal de Passageiros**

**INPH-199-54 C – Levantamento Batimétrico**

**INPH-199-55 – Planta de Integração de Dados Geofísico-Geológicos**

**INPH-199-56 – Localização da Área de Despejo**

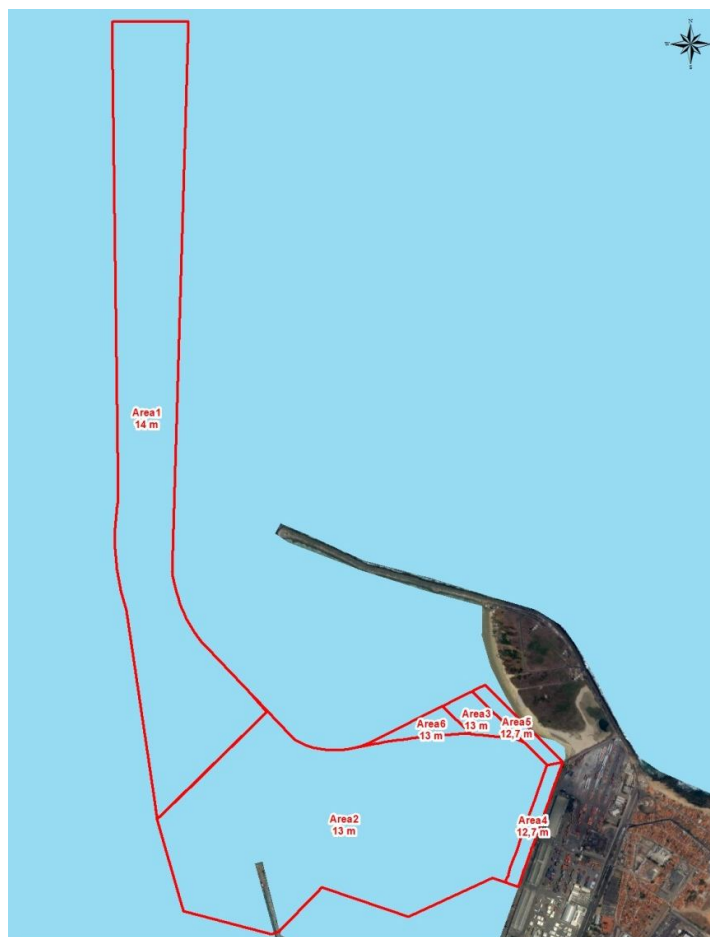
## 1. INTRODUÇÃO

Como parte do Programa de Aceleração do Crescimento para a Copa de 2014 (PAC-Copa), a cidade de Fortaleza receberá o mais novo e moderno Terminal Marítimo de Passageiros, situado junto ao Porto de Fortaleza. Por vários anos o Porto de Fortaleza foi a principal fonte de escoamento de produtos dos estados do Ceará, Piauí, Maranhão, Rio Grande do Norte, Pernambuco e Paraíba, devido a sua posição geográfica estratégica em relação aos principais portos internacionais (Europa e EUA). Com a construção do terminal de passageiros, o porto abre caminho para a expansão da atividade turística, possibilitando melhorias no perfil social e econômico no estado do Ceará. Visando oferecer melhores condições de navegabilidade e atracação aos navios que irão embarcar e desembarcar passageiros de cruzeiros marítimos, este relatório apresenta o Anteprojeto de Dragagem de manutenção do Terminal de Passageiros e de melhorias ao acesso aquaviário.

O Projeto de dragagem pode ser dividido em quatro estágios: Projeto Conceitual, Anteprojeto, Projeto Básico e Projeto Executivo. O Projeto conceitual abrange as informações preliminares e básicas do canal de acesso em estudo, como por exemplo, a profundidade, a largura e o alinhamento, visando à adequação e manutenção das condições de acessibilidade ao Porto. O Anteprojeto é um passo mais adiante que o conceitual, onde as características do canal deixam de ser preliminares e são determinadas a partir do uso de dados ambientais técnicos pretéritos. Já no Projeto Básico, além da necessidade dos dados técnicos pretéritos, é necessário um estudo complementar com o intuito de entender e representar de forma fiel os processos que ocorrem na região do empreendimento. O Executivo é a etapa mais elaborada e detalhada do projeto, onde o principal objetivo é fornecer suporte técnico através de levantamentos de dados ambientais adicionais ao desenvolvimento operacional da obra como um todo.

Atualmente, o canal de acesso ao Porto de Fortaleza apresenta profundidade de 14m, com largura de 160m na entrada do canal. Sendo assim, o projeto prevê a adequação da entrada do canal, visando à melhoria do acesso aquaviário ao Terminal Marítimo de Passageiros.

A Figura 1.1 ilustra as posições e as profundidades do canal, bacia de evolução e berço de atracação. O Projeto geométrico encontra-se em anexo, na planta INPH-199-54 A, em detalhe na planta INPH-199-54 B e o levantamento batimétrico na planta INPH-199-54 C.



**Figura 1.1.** Localização e profundidade do canal de acesso (1), bacia de evolução (2), acesso ao cais de passageiros (3), cais do porto (4) e cais de passageiros (5).

Para o planejamento da melhoria do acesso aquaviário ao Terminal de Passageiros do Porto de Fortaleza foram considerados certos requisitos básicos de modo a orientar o arranjo geral. Os cálculos aqui executados são resultados da consulta aos critérios apresentados nas seguintes publicações:

- Arranjo Geral e Requisitos Básicos (capítulo 5) do Comitê de Recomendações para Obras Portuárias - CROPOR da PORTOBRÁS;



- Waterway Design Considerations do NAVGUIDE (dezembro/93);
- Planejamento Portuário - Aspectos Náuticos da Comissão de Estudos e Planejamento Portuário do Comitê Brasileiro de Construção Civil da Associação Brasileira de Normas Técnicas - NBR 13246 ABNT (1995);
- Approach Channels - Preliminary Guidelines - First Report of the joint Permanent International Association of Navigation Congresses - PIANC and International Association of Ports and Harbors - IAPH (abril/1995);
- Hydraulic Design of Deep Draft Navigation Projects – US Army Corp of Engineers (EM 1110 - 2 - 1613 – 31 May 2006).

Quando ocorreram critérios diferentes, estes foram adotados de acordo com a situação específica da área de estudo.



## **2.DADOS AMBIENTAIS**

Na realização de uma obra de dragagem é essencial o conhecimento do comportamento e a caracterização da região de estudo. Dessa forma, segue abaixo uma breve descrição dos principais aspectos físico-oceanográficos observados na região.

### **2.1. Maré e Níveis d'água**

A maré na região é caracterizada como semidiurna, isto é, apresenta duas preamares e duas baixa-mares ao longo de um ciclo de 24 horas. A influência meteorológica na maré local possui pouca relevância.

As informações a seguir descrevem as principais características da maré na região e são referentes às medições obtidas pelo INPH em 1992 no Porto de Mucuripe referentes ao nível de redução estabelecido pela Diretoria de Hidrografia e Navegação (DHN).

As principais características da maré são:

- Preamar média de sizígia 3,02m.
- Preamar média de quadratura 0,92m.
- Baixamar média de sizígia 0,22m.
- Baixamar média de quadratura 0,52m.
- Nível médio 1,55m.

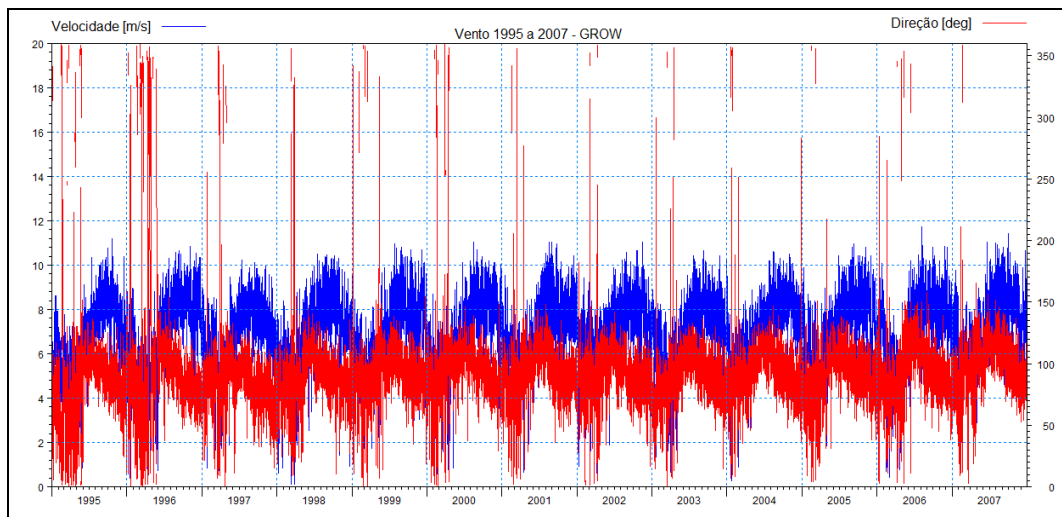
### **2.2. Ventos**

Decorrente de sua localização geográfica (Equatorial), o regime de ventos que atuam sobre o Estado do Ceará é bem diversificado e complexo, estando sujeito a diferentes situações em função da época do ano.

Nos períodos de inverno e primavera, entre agosto e dezembro, predomina os ventos locais. Já no verão e outono (entre janeiro e julho), os ventos locais tornam-se menos intensos, passando então a incidir sobre a costa algumas ondas resultantes de eventos meteorológicos que ocorrem no Atlântico Norte (LIMA, 2002).

Segundo AMARANTE *et al.*,2001, a ocorrência dos ventos são controladas principalmente pelos alísios de NE e SE e pelo regime de brisas terrestres e marinhas, que é fortemente atuante no ceará e alinhada aos alísios.

A Figura 2.1 é oriunda do modelo meteorológico GROW (Global Reanalysis of Ocean Waves) na localidade UTM 24S, 585341 E e 9656571N entre de 1995 e 2007, em frente a cidade de Fortaleza.



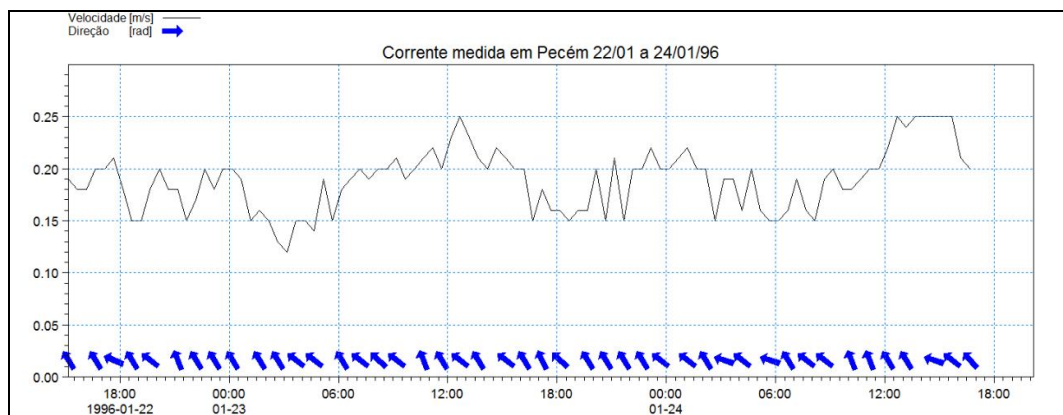
**Figura 2.1.** Dados de vento em alto mar resultantes do modelo GROW, entre 1995 a 2007.

A análise do registro acima permite descrever uma periodicidade bem definida, como já descrita por LIMA (2002) e FISCH (2008). Observa-se que os alísios de SE dominam durante os períodos de inverno e primavera, enquanto que nos meses de verão e outono, o predomínio é de ventos de E, com ocorrências de SE, NE e uma parcela reduzida de NW.

### 2.3. Correntes de marés

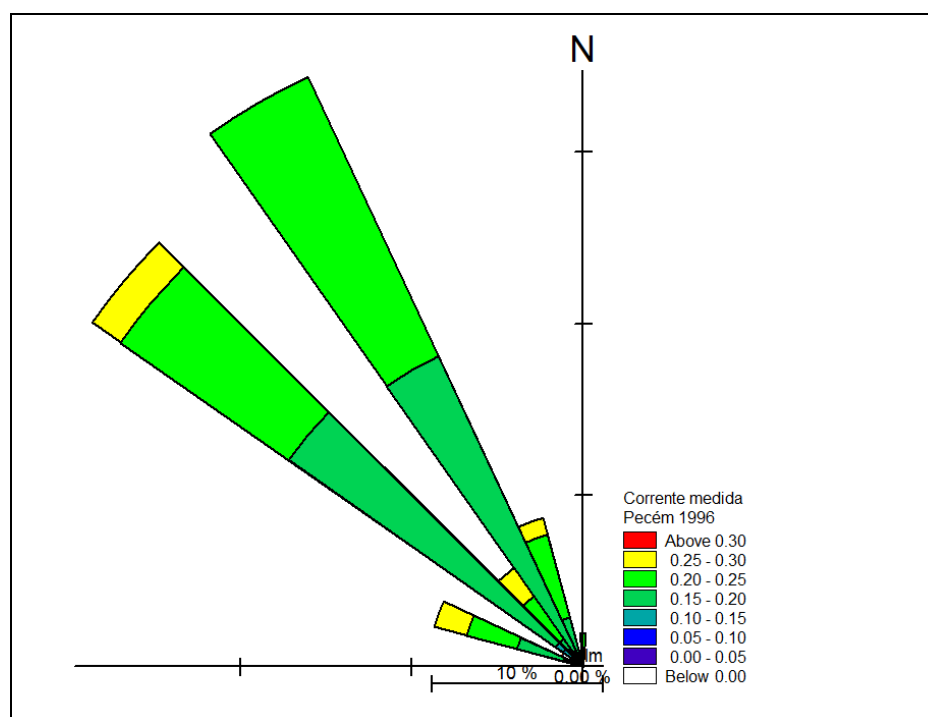
Em relação ao comportamento das correntes costeiras, as medições realizadas pelo INPH com o auxílio de uma bóia waverider, localizada a 16m do porto de Mucuripe, entre 1991 e 1994, mostram que as mesmas são paralelas à costa, com valores de velocidade variando entre 0,24 e 0,31m/s, e normal à costa, com velocidades entre 0,23 e 0,58m/s.

Como complemento das informações sobre a dinâmica das correntes na região, utilizou-se um registro (Figura2.2) medido nas proximidades do Porto Pecém (INPH,1996) de 2 dias na profundidade de 14m.



**Figura 2.2 .** Velocidades de correntes medidas nas proximidades do Porto de Pecém, entre 22/01 a 24/01/1996, em período de maré de sizígia.

A proximidade dos dois portos revela que ambos podem apresentar características físicas semelhantes. Nota-se no gráfico da Figura 2.3 que mesmo com a variação da direção das marés decorrente dos ciclos de enchente e vazante, a direção das correntes é orientada pela ação dos ventos.

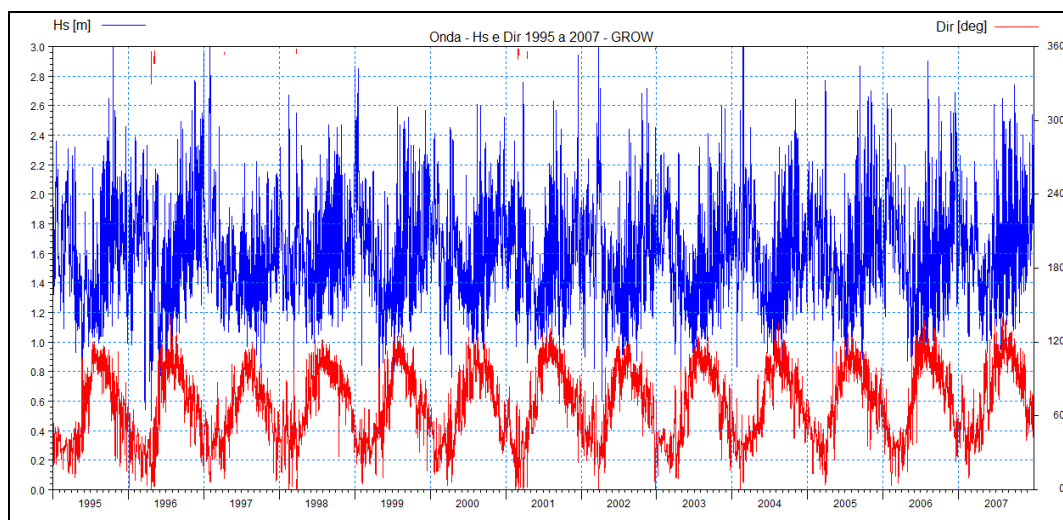


**Figura 2.3.**Rosa de correntes de medições realizadas nas proximidades do Porto de Pecém, entre 22/01 a 24/01/1996, em período de maré de sizígia.

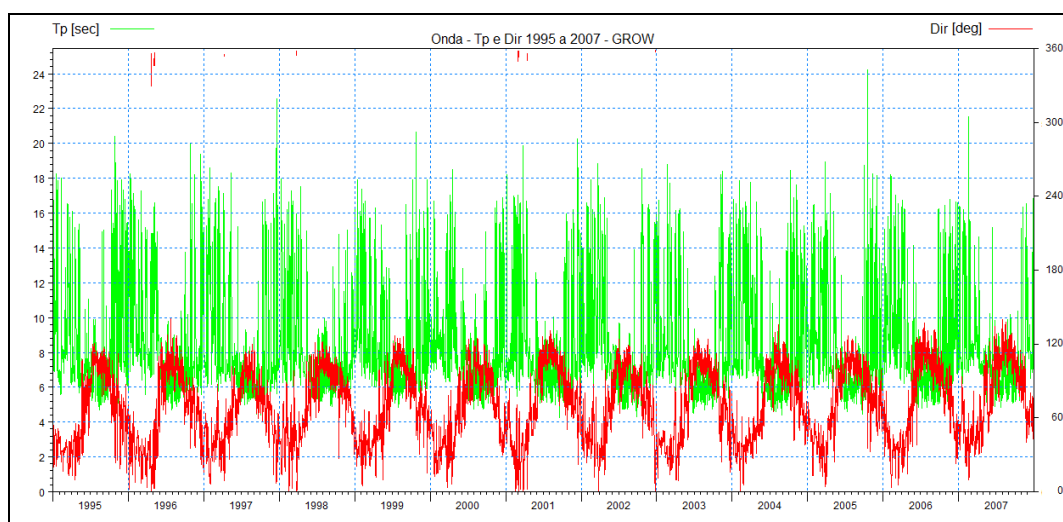
## 2.4. Ondas

As medições referentes ao período mencionado anteriormente para descrição das correntes abrangem também as medições de ondas, e o seu comportamento indica que essas apresentam uma tendência de distribuição nas direções: E, NE e E-SE.

As Figuras 2.4 e 2.5 a seguir são resultados do modelo GROW na localidade UTM 24S, 585341 E e 9656571N entre de 1995 e 2007.



**Figura 2.4.**Hs e Direção dos dados de ondas do modelo GROW entre 1995 a 2007.

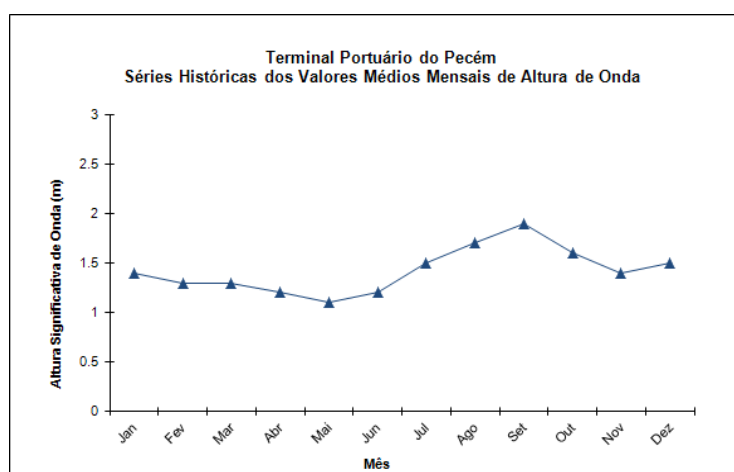


**Figura 2.5.**Tp e Direção dos dados de ondas do modelo GROW entre 1995 a 2007.

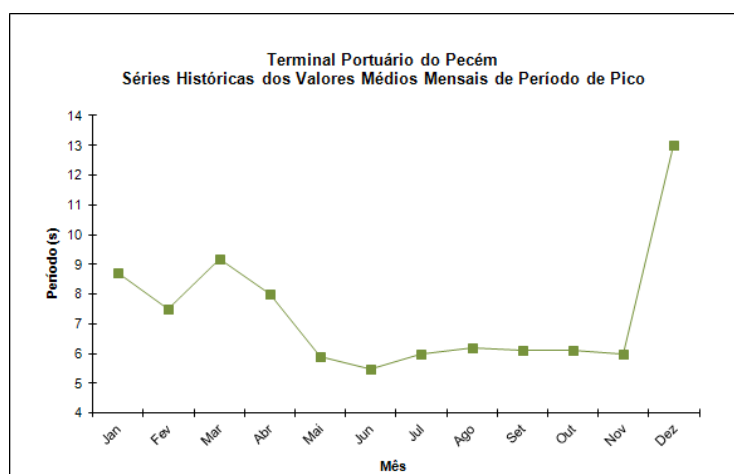
Os gráficos acima possibilitam dizer que as ondas de maior energia ocorrem nos meses de inverno e primavera, nas direções E e SE, associados aos alísios de SE. Nas estações de verão e outono, as ondas de NE predominam, no entanto nota-se a

ocorrências de ondas de E, SE, NE e alguns casos NW. Dessa forma, pode-se afirmar que ao longo do ano ocorrem ondas de E e SE, e que nos meses de inverno não ocorrem as ondas de NE.

As Figuras 2.6 a 2.8 apresentam valores mensais de altura significativa, período de pico e direção de onda, a partir de medições realizadas pelo INPH (2005) em Pecém. A partir desses gráficos, fica evidente o predomínio de ondas de E-SE, favorecendo a direção preferencial do transporte sedimentar no sentido Leste para Oeste.

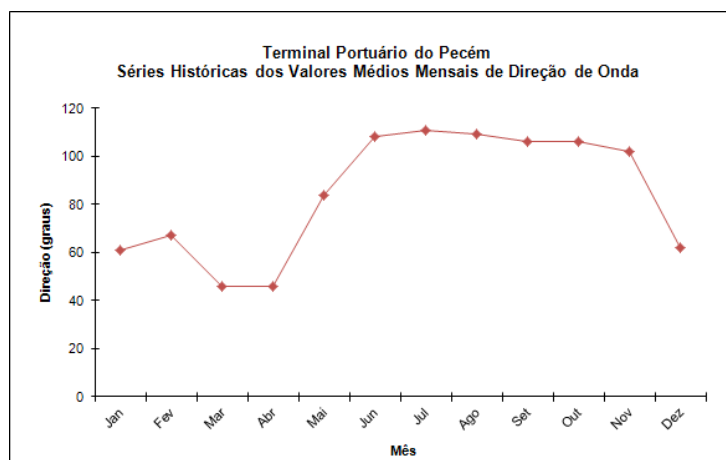


**Figura 2.6.** Médias mensais de Hs próximo ao Porto do Pecém (1997-2005).



**Figura 2.7.** Médias mensais de Tp próximo ao Porto do Pecém (1997-2005).





**Figura 2.8.** Médias mensais de Direção de onda próximo ao Porto do Pecém (1997-2005).

Segundo FISCH (2008), a costa do Ceará apresenta 3 principais estados de mar: mar associado a ventos locais, mar associado ao regime de ventos alísios e mar associado a tempestades distantes. Sua proposta de classificação (Tabela 2.1) consiste na divisão dos estados do mar a partir da caracterização dos principais parâmetros: altura significativa ( $H_s$ ), período de pico ( $T_p$ ) e direções principais.

Tabela 2.1- Estados de mar na Costa do Ceará. (Fonte: FISCH, 2008)

ESTADO DE MAR	$H_{s_{máx}}$ (m)	$T_p$ (s)	Dir( $^{\circ}$ )
Mar Local	1,1	2,0 – 5,0	NW a ESE
Alísios de SE	2,0	5,0 – 8,03	E a SE
Alísios de NE	1,1	8,03 – 11,2	N a NE
Chegadas Dispersivas do H.N.	2,8	11,2 – 20,00	NW a NE

## 2.5. Dinâmica sedimentar

O baixo aporte sedimentar do Rio Ceará e o caráter cíclico do transporte transversal possibilitam dizer que os principais agentes responsáveis pela entrada e saída de sedimentos nas praias do litoral cearense são a deriva litorânea e o transporte eólico.

MAIA (1998) estimou taxas potenciais de transporte eólico da ordem de  $79\text{m}^3/\text{m}/\text{ano}$ . Já VALENTINI *et al.*, (1992) encontrou valores médios anuais entre 14,4 e  $18\text{m}^3/\text{m}/\text{ano}$ .

Segundo LIMA (2002), aproximadamente 2/3 dos 20 km de costa apresentam boas áreas de exposição de praias para o transporte de sedimentos, dessa forma a estimativa do transporte seria da ordem de  $240.000\text{m}^3/\text{ano}$  para uma taxa de  $18\text{m}^3/\text{m}/\text{ano}$ .

O estudo do transporte de sedimentos ao longo do litoral cearense vem sendo discutido largamente por diversos autores a partir das estimativas do transporte longitudinal. VALENTINI (1994) determinou o transporte anual total de aproximadamente  $600.000\text{m}^3/\text{ano}$ , com resultante de  $400.000\text{m}^3/\text{ano}$  para Oeste da Praia do Futuro. LIMA (2002) propõe valores entre  $400.000\text{m}^3/\text{ano}$  a  $1.000.000\text{m}^3/\text{ano}$  para diferentes trechos do litoral.

A partir do volume de sedimentos retido próximo ao molhe do porto, SALIM (1998) calculou valores de deriva da ordem de  $915.000\text{m}^3/\text{ano}$ . Próximo a região do Pecém, um estudo feito, SALIM (1998) através de modelagem numérica, revela uma estimativa da ordem de  $350.000\text{m}^3/\text{ano}$  de transporte resultante para Oeste.

## 2.6. Leito físico

A caracterização do leito físico da região pode ser descrita a partir dos resultados de uma campanha de medição granulométrica realizada pelo INPH (1999). A Tabela 2.2 mostra as coordenadas dos pontos de coleta, a granulometria e a classificação do tipo de material. Na Figura 2.9 é possível visualizar a localização dessas amostras sobre o mapa. A Carta Náutica DHN 701 também traz algumas informações sobre a classificação granulométrica no local, conforme mostra a Figura 2.10.

Tabela 2.2- Coordenadas das amostras coletadas por INPH (1999).

Amostra	UTM N	UTM E	Dm (mm)	Classificação
1	9593433	553783	1.83	Areia muito grossa
2	9592964	554725	0.72	Areia grossa
3	9592352	555659	0.64	Areia grossa
4	9592124	556612	0.62	Areia grossa
5	9591848	555907	0.5	Areia grossa
6	9592291	554961	0.45	Areia média
7	9592765	554043	0.59	Areia grossa
8	9592310	553432	0.14	Areia fina
9	9592042	554308	0.33	Areia média
10	9591621	555218	0.27	Areia média
11	9591163	556172	0.13	Areia fina
12	9590931	555501	0.12	Areia muito fina
13	9591377	554545	0.13	Areia fina
14	9591800	553616	0.09	Areia muito fina
15	9591545	552929	0.09	Areia muito fina
16	9591097	553841	Rocha	Rocha
17	9590672	554798	0.09	Areia muito fina
18	9590205	555714	0.08	Areia muito fina

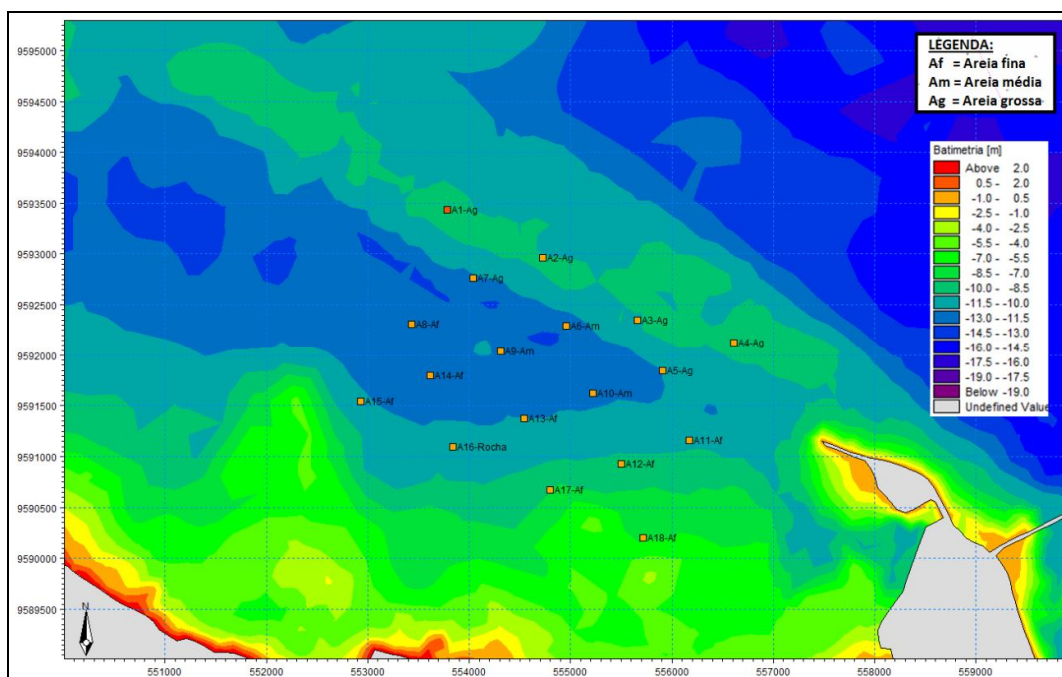
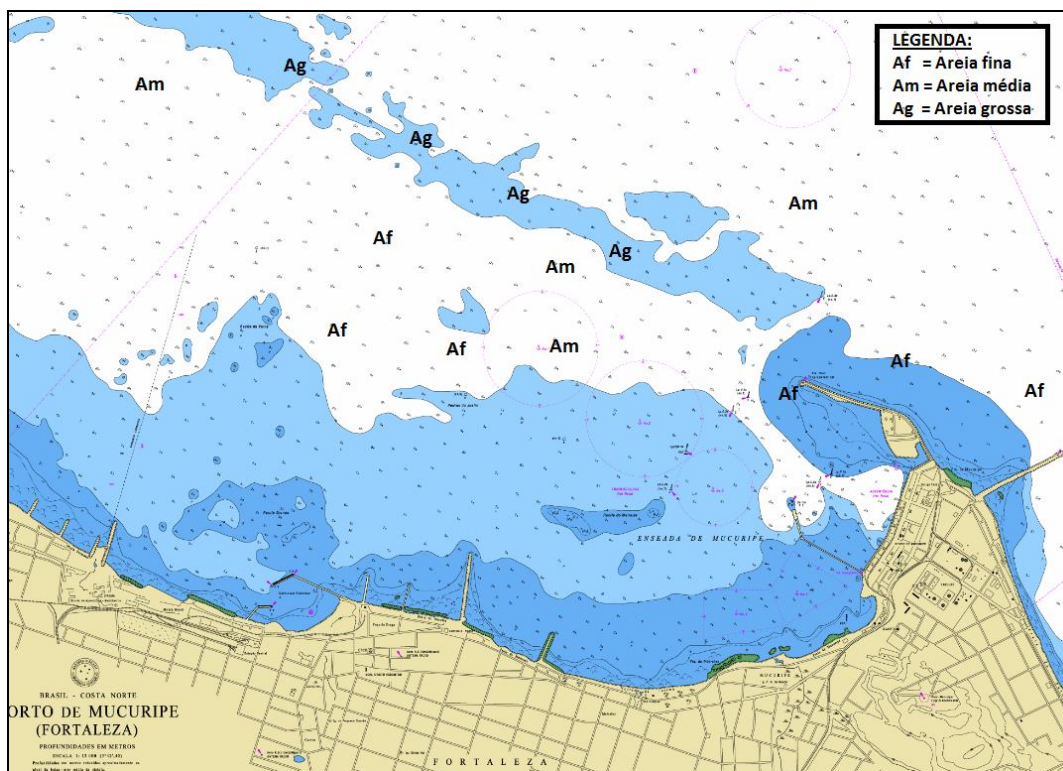


Figura 2.9.Localização das amostras coletadas por INPH (1999).



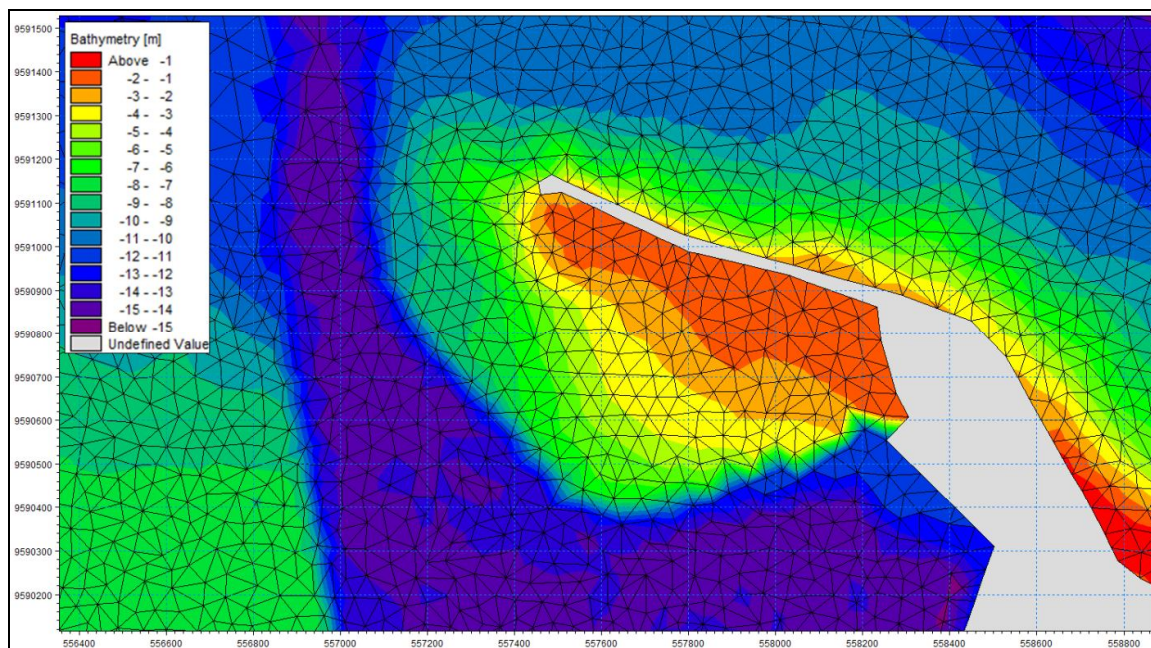
**Figura2.10.** Localização das informações de classificação granulométrica na Carta Náutica DHN 710.

### 3. MODELAGEM MATEMÁTICA

Diante da observação do rápido assoreamento no terminal de passageiros, atualmente em fase de construção, decidiu-se incluir nesta publicação um estudo sobre possíveis formas de mitigação para este problema, visto que o assoreamento do berço do terminal inviabilizaria toda a infraestrutura instalada para sua operação.

Diversas alternativas foram testadas e analisadas através de modelagem matemática. As simulações foram realizadas através de 3 módulos do sistema de modelagem matemática costeira *MIKE 21*, desenvolvido pelo *DHI*, da Dinamarca. O módulo *MIKE 21 SW*, para simulação de ondas, o módulo *MIKE 21 FM HD*, para solução do campo hidrodinâmico, e o *MIKE 21 FM ST*, para o transporte de sedimentos não coesivos e alterações morfodinâmicas.

A Figura 3.1 representa a malha numérica utilizada, a batimetria da situação de controle, onde já está representada a presença do berço do terminal de passageiros, com a inclusão do projeto de dragagem a -13m apresentado neste relatório.



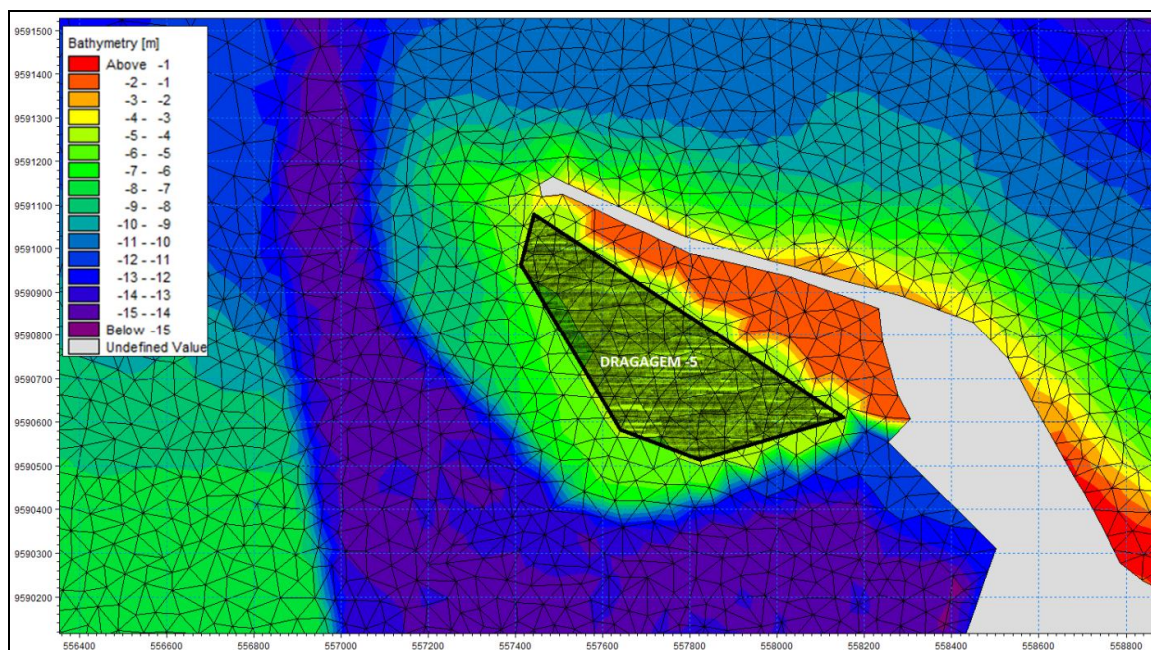
**Figura 3.1.** Batimetria na condição inicial, após dragagem no acesso e berço do Terminal de passageiros.



### 3.1. Alternativas

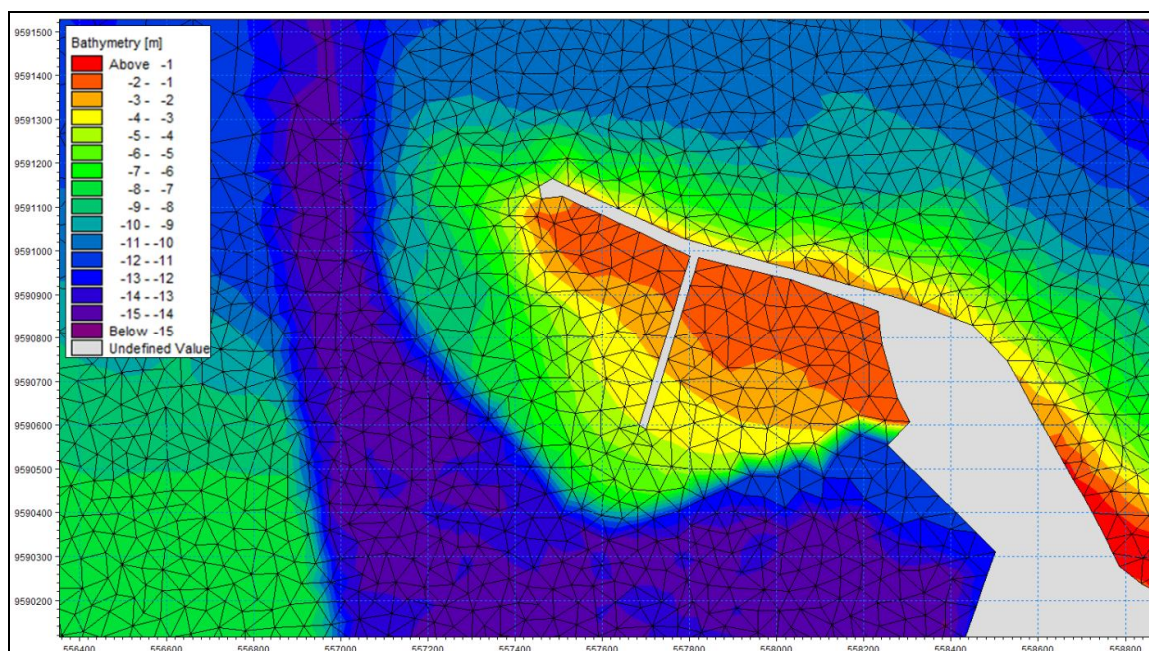
A seguir serão apresentadas 4 alternativas estudadas para buscar a mitigação do assoreamento no terminal:

- 1) a primeira alternativa estudada, apresentada na Figura 3.2, foi composta apenas por uma dragagem na região rasa abrigada pelo molhe do porto, adjacente ao canal de acesso e à bacia de evolução;
- 2) a segunda alternativa, apresentada na Figura 3.3, compreende a construção de um molhe perpendicular ao molhe do porto, com extensão de 500 m;
- 3) a terceira alternativa, apresentada na Figura 3.4, compreende a construção de um molhe de 400 m de extensão, paralelo ao traçado geométrico da dragagem do Terminal de Passageiros;
- 4) a alternativa quatro, conforme a Figura 3.5, é semelhante à alternativa três, porém com um molhe de 350 m de extensão.

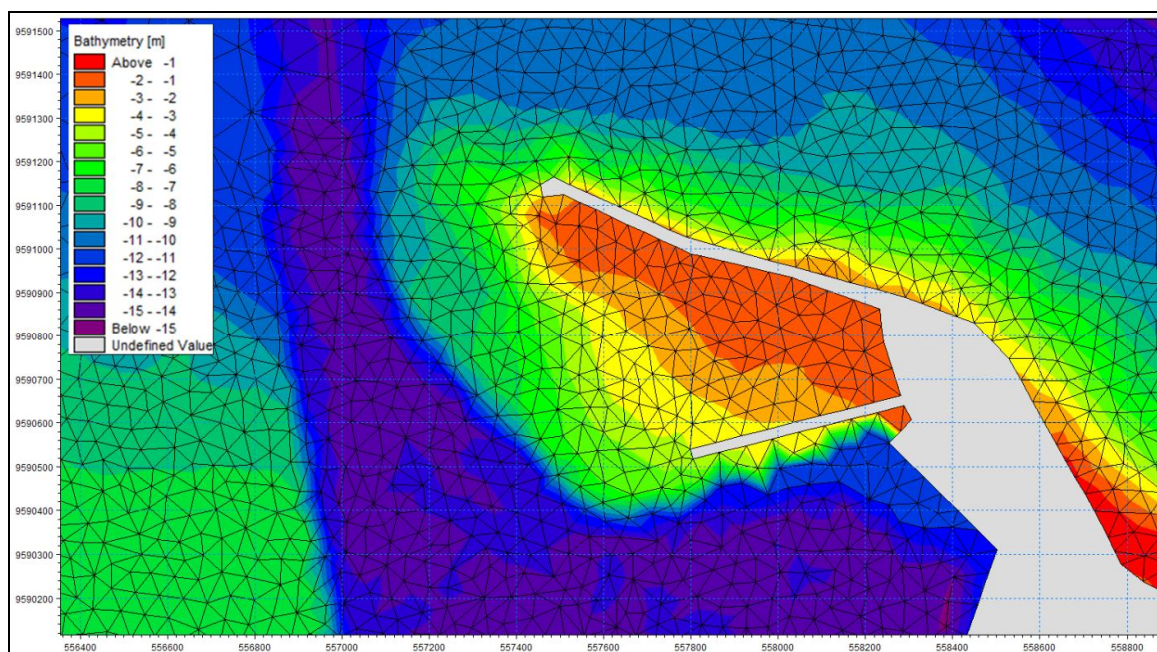


**Figura 3.2.** Batimetria da Alternativa 1, com trecho dragado a -5 m.



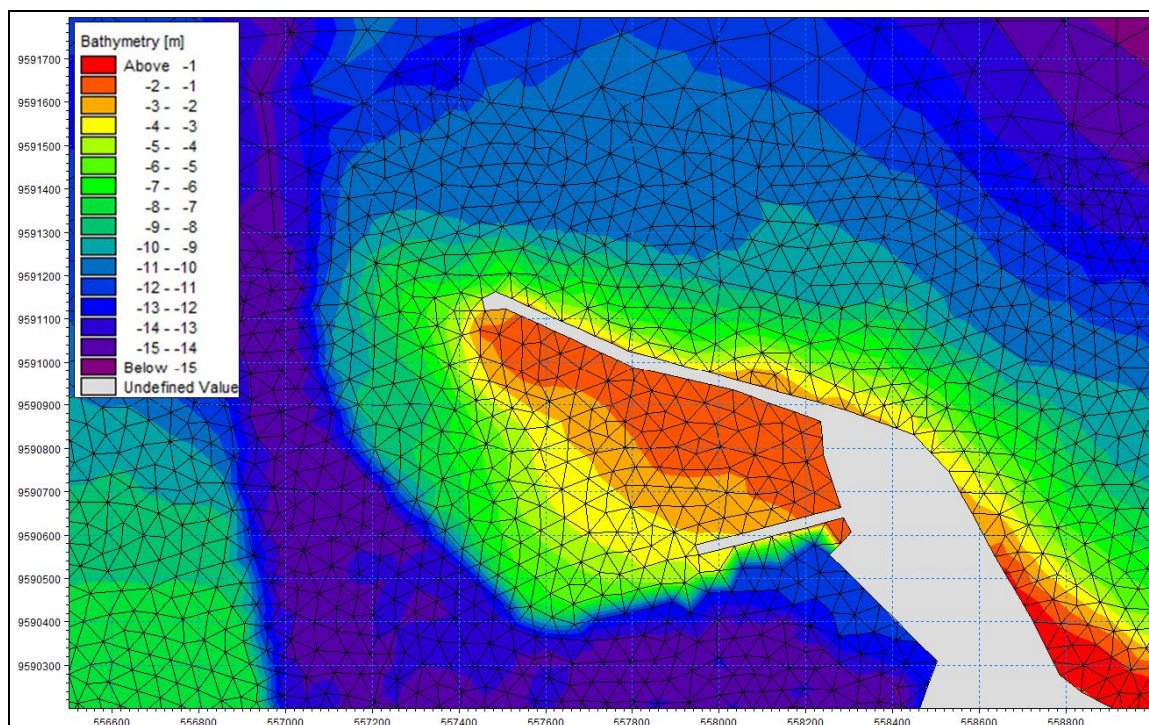


**Figura 3.3.** Batimetria da Alternativa 2, com molhe perpendicular de 400 m.



**Figura3.4.** Batimetria da Alternativa 3, com molhe paralelo ao projeto geométrico, com extensão de 500 m.





**Figura 3.5.** Batimetria da Alternativa 4, com molhe paralelo ao projeto geométrico, com extensão de 350m.

### 3.2.Modelo de Ondas

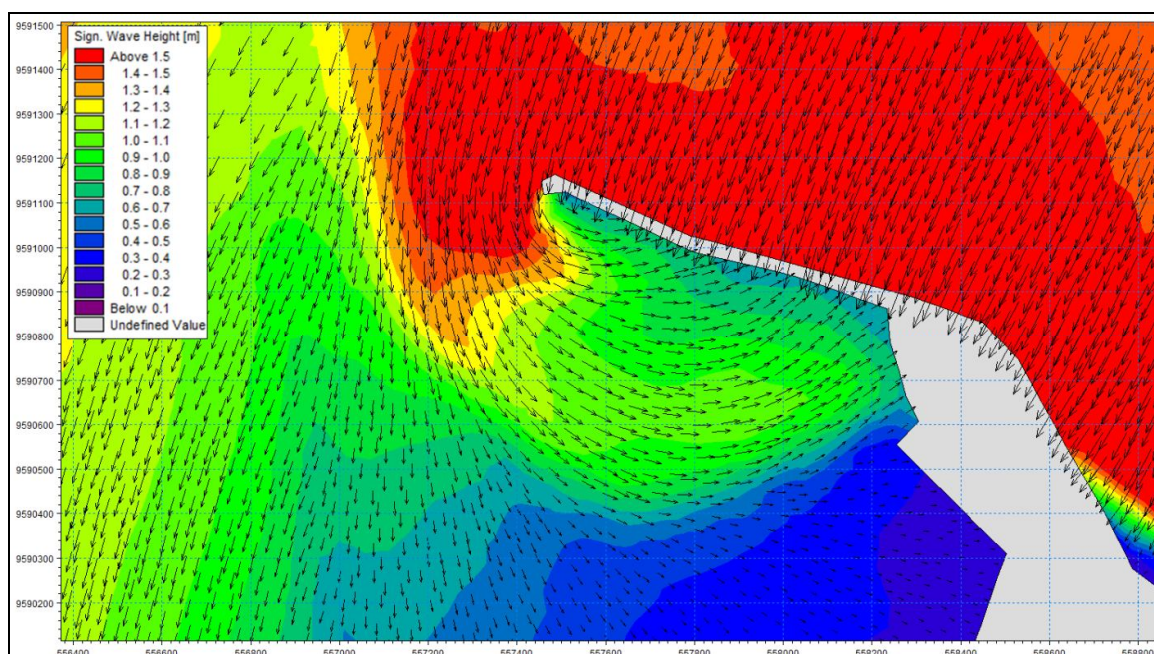
A partir da análise dos dados de ondas apresentados no Capítulo 2, observou-se que a direção de ondas mais crítica que penetra no interior da bacia portuária é a direção NNE, relacionada a ondas de longo período, do tipo *swell*. Assim, optou-se por utilizar nas simulações uma onda com direção média NNE, altura significativa de 1,5 m e período de pico de 20s.

Os resultados da modelagem de ondas estão apresentados nas Figuras 3.6 a 3.10 em forma de mapas onde as cores representam as alturas significativas para cada cenário estudado.

No cenário inicial (Figura 3.2), a maior energia de ondas chega à Praia Mansa, devido às baixas profundidades na área abrigada pelo molhe, o que favorece a refração das ondas. Baixos valores de  $H_s$  são encontrados junto ao Terminal de Passageiros. Com a dragagem a -5 m, a refração das ondas em direção à Praia Mansa

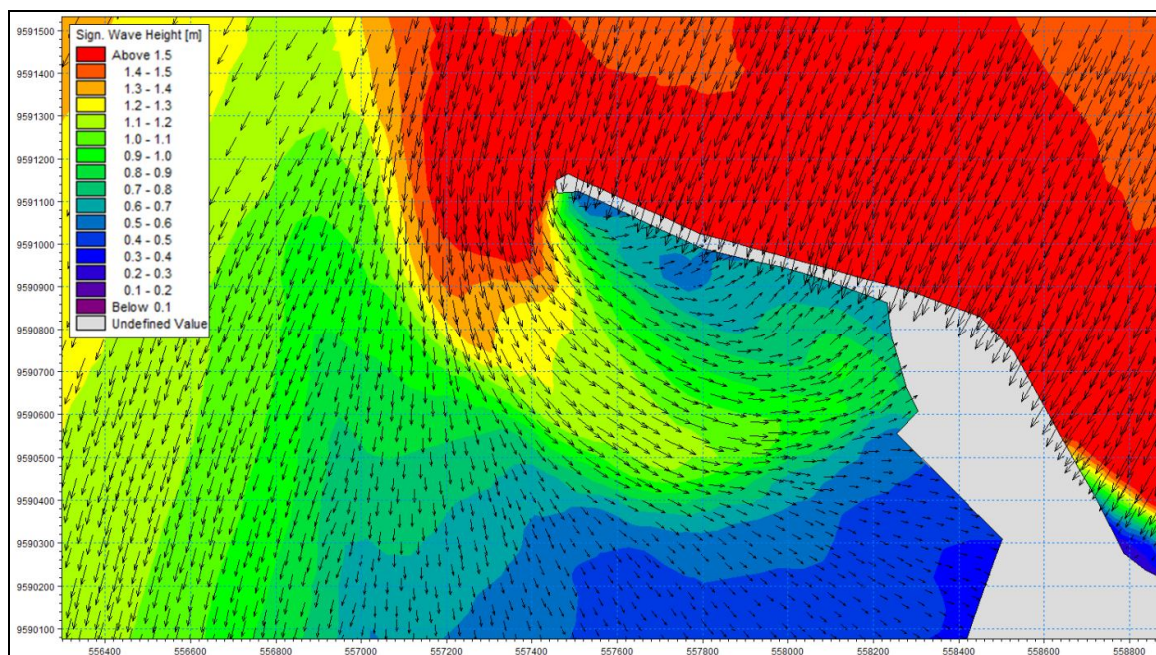
diminui, e a energia de ondas deixa de se concentrar nesta direção e passa a ter maior espalhamento, gerando ligeiro aumento de Hs no Terminal de Passageiros (Figura 3.6). Em ambos os casos, devido à grande energia com que as ondas chegam à Praia Mansa, é gerada uma corrente com capacidade de transportar sedimentos na direção do Terminal de Passageiros.

Na alternativa 2 (Figura 3.3), o Hs junto ao Terminal de Passageiros é baixo, porém grande energia de ondas ainda alcança a Praia Mansa. Neste cenário, a deposição de sedimentos a Oeste do molhe estudado, futuramente, favoreceria o assoreamento no canal e na bacia portuária.

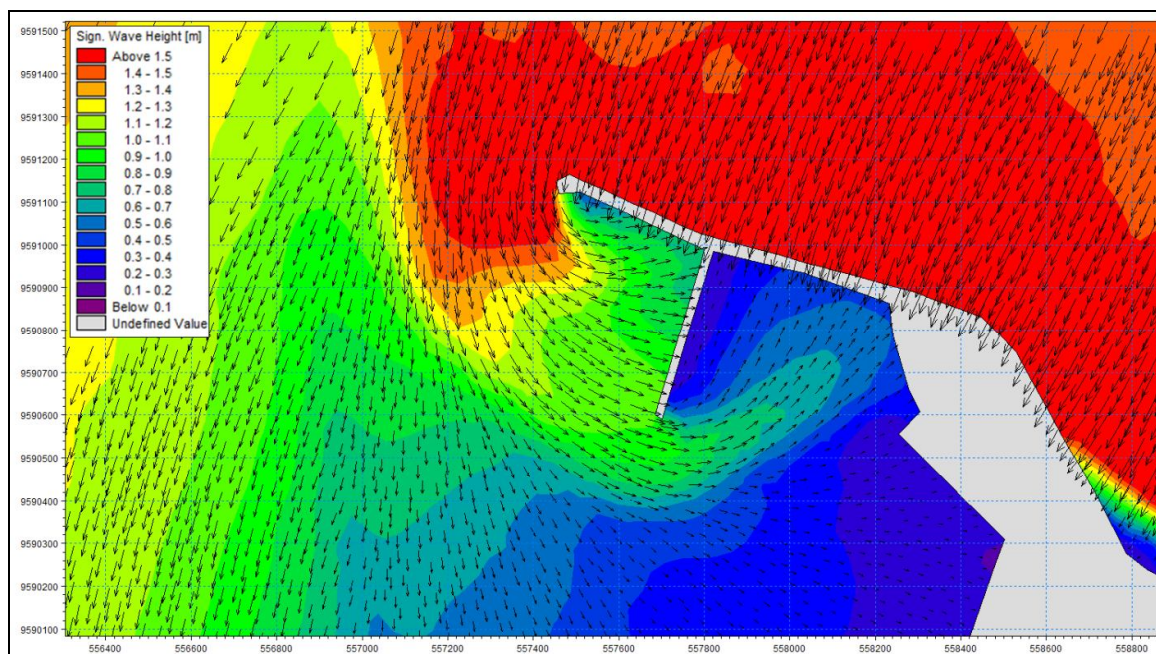


**Figura 3.6.** Resultado do modelo de ondas para a condição inicial, com dragagem no acesso e no Terminal de Passageiros.



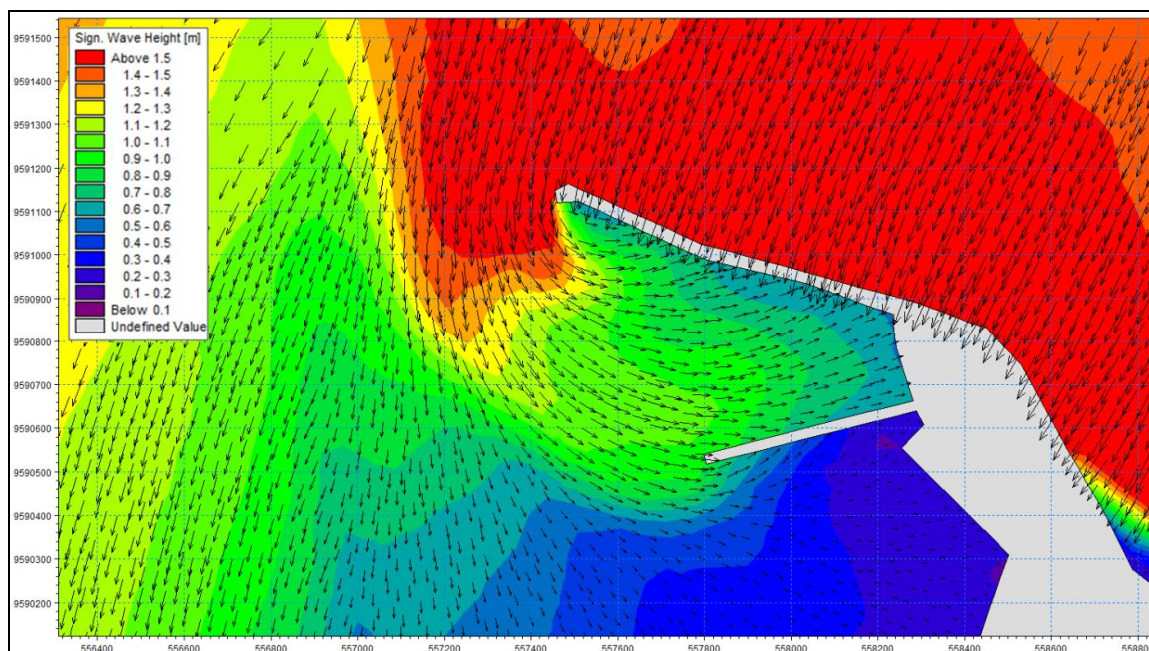


**Figura 3.7.** Resultado do modelo de ondas para a Alternativa 1, com inclusão de trecho dragado a -5 m.

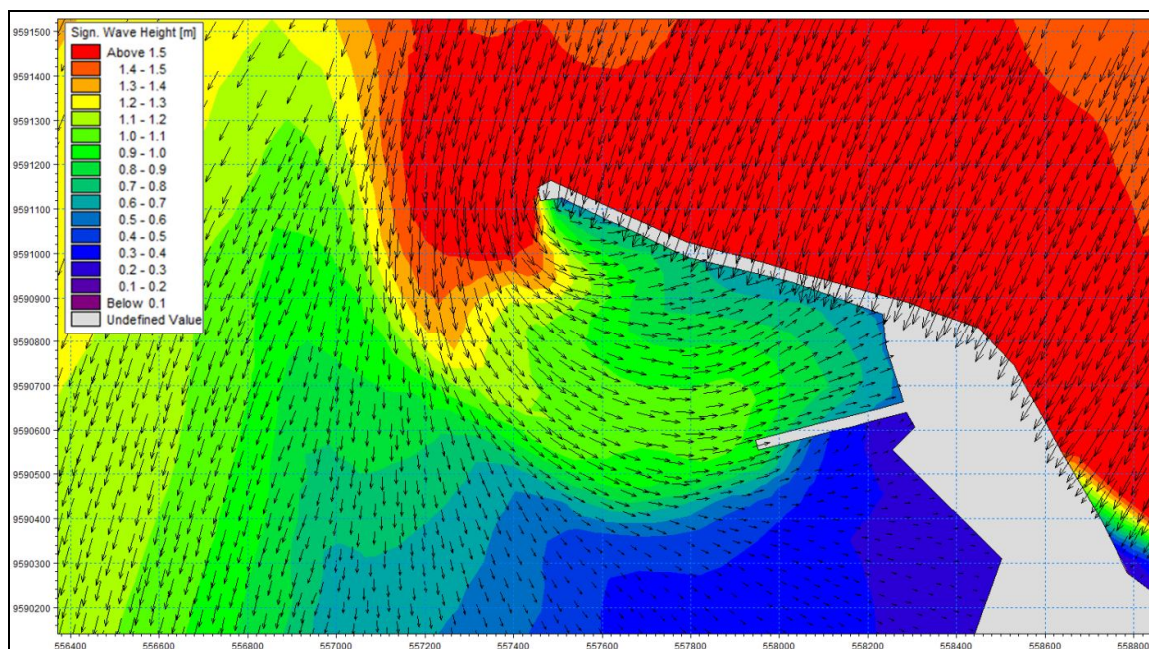


**Figura 3.8.** Resultado do modelo de ondas para a Alternativa 2, com molhe perpendicular ao molhe existente, com 400 m de extensão.





**Figura 3.9.** Resultado do modelo de ondas para a Alternativa 3, com molhe paralelo ao projeto de dragagem, com 500 m de extensão.



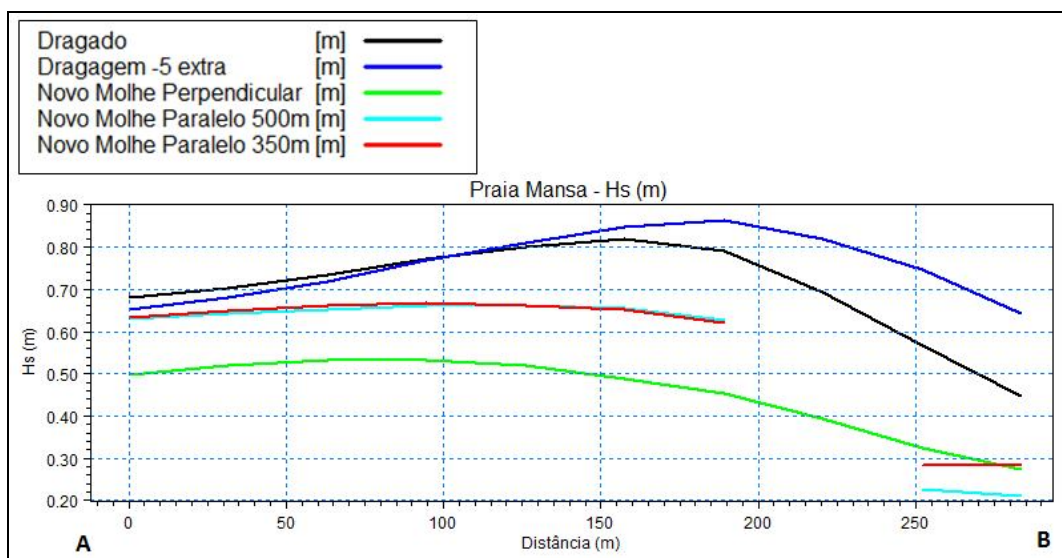
**Figura 3.10.** Resultado do modelo de ondas para a Alternativa 4, com molhe paralelo ao projeto de dragagem, com 350 m de extensão.

As alternativas 3 e 4, apresentadas nas Figuras 3.4 e 3.5, respectivamente, apresentam as melhores soluções. Em ambas, as alturas de ondas no terminal de Passageiros são baixas. Embora grande energia de ondas possa alcançar a Praia Mansa, os sedimentos carreados para esse local ficariam aprisionados entre os dois molhes.

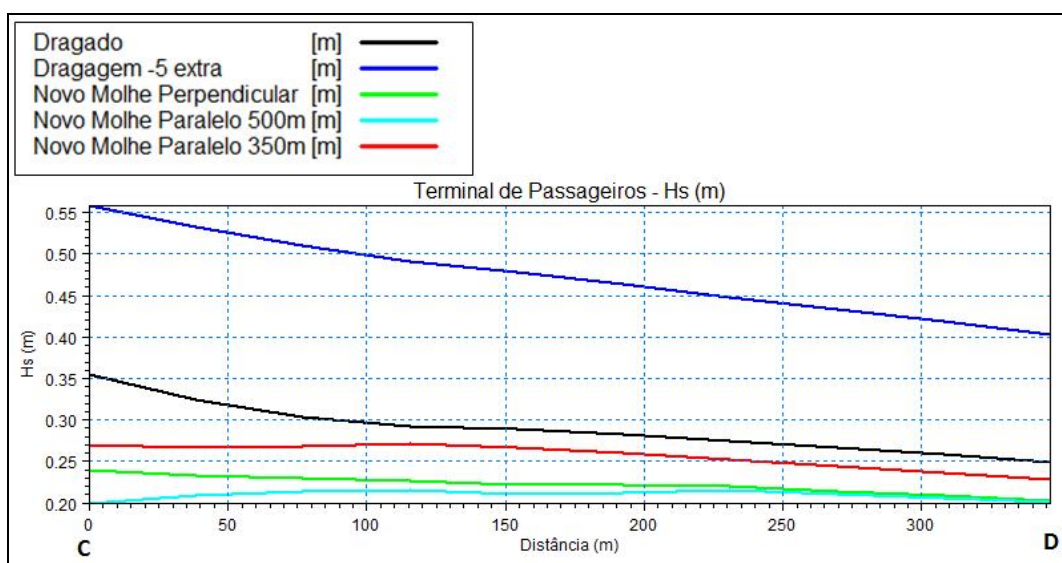
Para facilitar a comparação entre os resultados do modelo de ondas, os valores de  $H_s$  foram extraídos nas linhas AB e CD (Figura 3.11), representando respectivamente a Praia Mansa e o Terminal de Passageiros. Nas Figuras 3.12 e 3.13 estão plotadas as comparações.



**Figura 3.11.** Local de extração dos resultados para comparação.



**Figura 3.12.** Comparação entre os resultados do modelo de ondas na Praia Mansa.



**Figura 3.13.** Comparação entre os resultados do modelo de ondas no local do Terminal de Passageiros.



### **3.3. Modelo Hidrodinâmico e Morfodinâmico**

Como se verificou que as alternativas 3 e 4 foram as que demonstraram melhores resultados no modelo de ondas, e que a diferença entre as duas foram ínfimas, pode-se julgar que, pelo menor custo de construção entre as duas, a alternativa 4 seria a melhor opção, com a construção do molhe de 350 m.

Diante desta conclusão, após os resultados de ondas, optou-se por dar prosseguimento aos estudos com a alternativa 4. As próximas etapas foram as simulações em modelo hidrodinâmico e em modelo morfodinâmico.

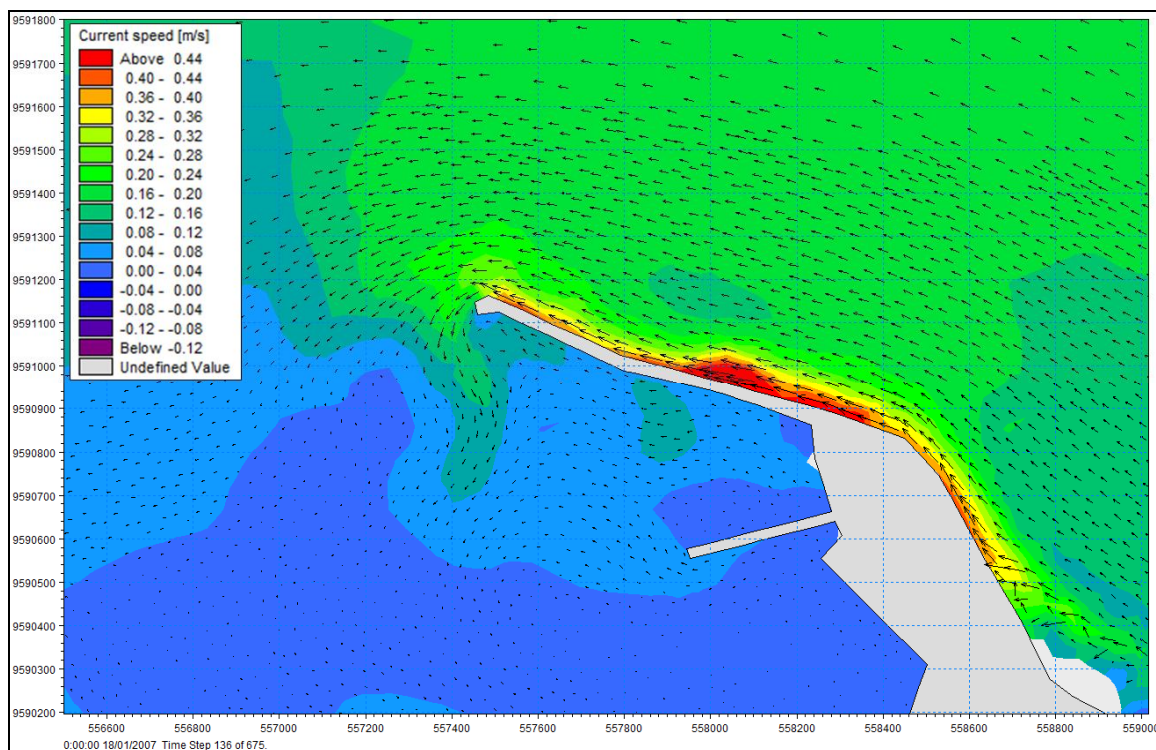
Nesta etapa, as simulações tiveram tempo total de 3 meses de duração, de Janeiro a Março de 2007, ano com disponibilidade dos dados de ondas.

Como condição de contorno para o modelo hidrodinâmico foram utilizados dados de maré, vento e das tensões de radiação geradas pelas ondas, simulado no modelo MIKE 21 SW.

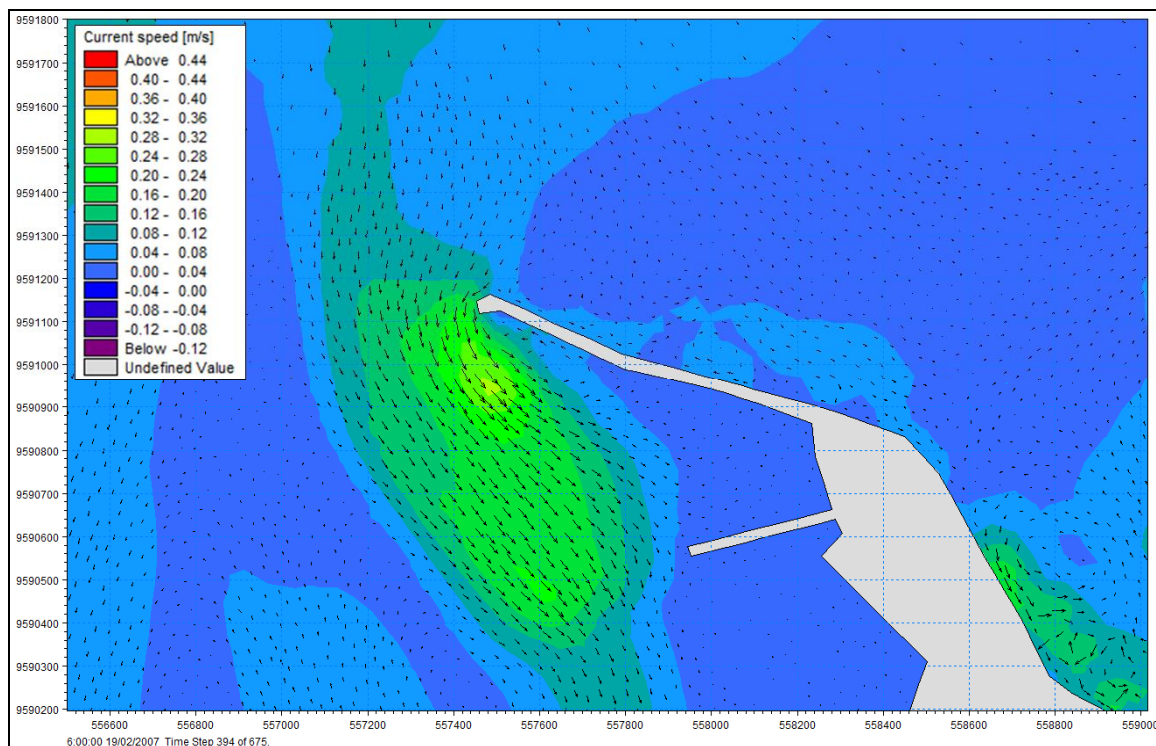
Na Figura 3.14 observa-se um exemplo do resultado do modelo hidrodinâmico, em uma imagem instantânea para um momento de estufa de maré, com dados de vento e de onda vindos de Leste, condição que pode ser verificada na maior parte do ano. Observa-se que no local as correntes são principalmente direcionadas pela ação dos ventos e ondas, e os fluxos gerados pela maré não são suficientes para gerar a inversão das correntes.

Na Figura 3.15 observa-se um exemplo do resultado do modelo hidrodinâmico, em uma imagem instantânea para um momento de maré enchente, com dados de vento de NE e ondas vindas de NNE, geradas em tempestades no Hemisfério Norte.

Estas duas condições de ondas apresentadas anteriormente representam as principais ocorrências no local, e observa-se que em ambas, há um direcionamento das correntes para a área abrigada do recinto portuário, o que deve favorecer o transporte de sedimentos para essa região. Essa hipótese pode ser confirmada pela própria formação da Praia Mansa.



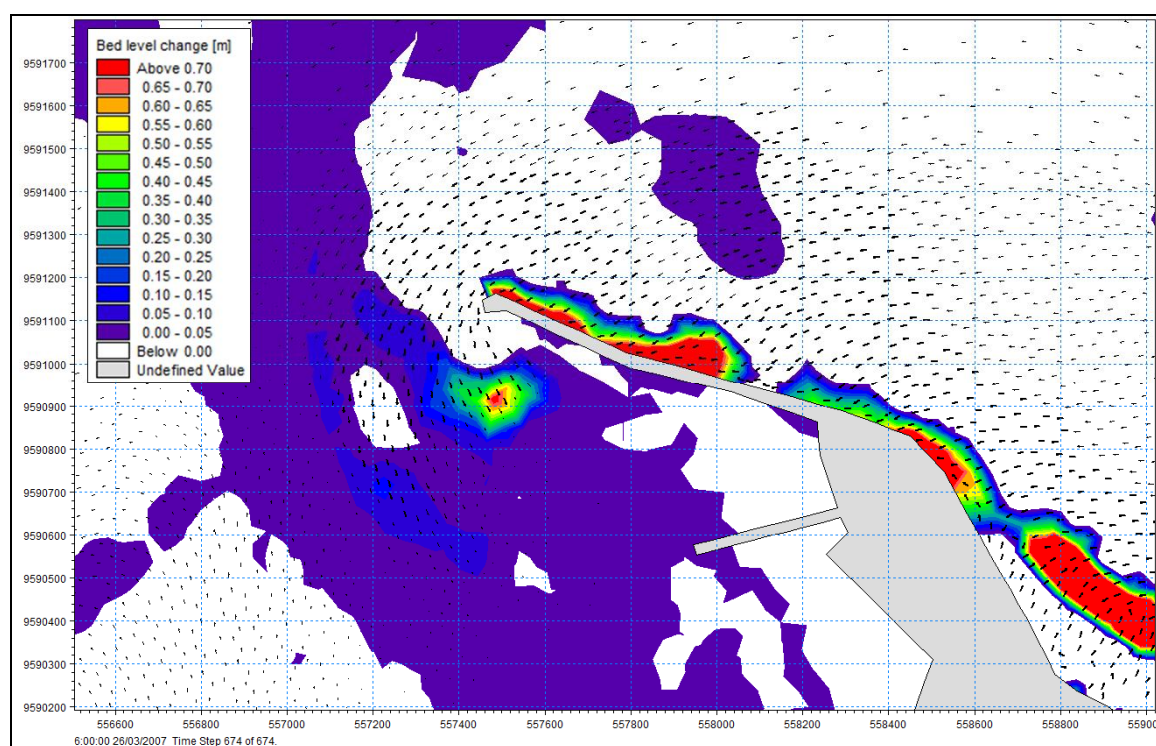
**Figura 3.14.** Resultado do modelo hidrodinâmico para um instante de estufa de maré, com ondas e ventos vindos de E.



**Figura 3.15.** Resultado do modelo hidrodinâmico para um instante de maré enchente, com ondas e ventos vindos de NNE.

Na Figura 3.16 mostra-se o resultado de alteração batimetria após os 3 meses de simulação com o modelo morfodinâmico. Como não foram feitas coletas de material em suspensão no local, o modelo deve ser analisado de forma qualitativa, observando os locais com tendências de erosão ou assoreamento. É possível notar a tendência de deposição de grande quantidade de sedimentos na área abrigada. O novo molhe funcionaria como uma armadilha para esses sedimentos impedindo o assoreamento no Terminal de passageiros e acelerando o processo de assoreamento na região da Praia Mansa, entre os dois molhes.

Com a intensificação deste assoreamento, pode-se pensar em ganho de terreno para o porto e de uma futura criação de pátio de estocagem entre os dois molhes. Algo que deve ser avaliado, já que haveria possibilidade de utilizar os esforços naturais do meio ambiente em favor do avanço econômico do Porto de Mucuripe.



**Figura 3.16.** Resultado qualitativo do modelo morfodinâmico. Altura de sedimentação, demonstrando tendências de assoreamento após 3 meses de simulação.

## 4. DESCRIÇÃO DOS MODELOS MATEMÁTICOS

### 4.1. MIKE 21 SpectralWaves

O MIKE 21 SW simula o crescimento, decaimento e transformação de ondas geradas pelo vento (sea) e ondas de longo período (swell) em áreas oceânicas e costeiras. O modelo inclui uma formulação direcional paramétrica e uma formulação totalmente espectral (modelo de onda de terceira geração).

Para a formulação totalmente espectral o modelo inclui os seguintes fenômenos físicos: refração e empinamento devido a variações de profundidade, crescimento da onda pela ação de vento, interação não linear onda-onda (quádruplas e triplas), dissipação por “whitecapping”, dissipação devido ao atrito de fundo, dissipação devido à arrebentação da onda induzida pela profundidade, interação onda-corrente e efeito de variação dos níveis de água.

A discretização espacial é executada através do método de volumes finitos, centrado na célula, através de uma malha triangular não estruturada. As equações são resolvidas usando-se um método modificado de iterações de Newton-Raphson.

Os resultados fornecidos pelo modelo incluem os seguintes parâmetros de ondas:

- altura de onda (altura significativa e altura máxima);
- período de onda (de pico, médio, zero ascendente, de energia da onda);
- direção de onda (direção de pico e direção média);
- desvio padrão direcional;
- componentes vetoriais mostrando a altura significativa e a direção média da onda;
- tensões de radiação.

Usando a formulação totalmente espectral os parâmetros de onda podem ser obtidos para o espectro total, para a parte de vagas do espectro e a para a parte de ondulações do espectro.

Adicionalmente, informações espectrais podem ser obtidas sob a forma de espectros direcional-frequência em pontos selecionados, assim como espectros direcionais e espectros de frequência. Também podem ser obtidas informações

espectrais em linhas ou em áreas selecionadas, para serem usadas em conexão com transferência de condições de contorno e condições iniciais (hot start), respectivamente.

A formulação direcional paramétrica está baseada em uma parametrização da equação de conservação da ação da onda. A parametrização é feita no domínio da frequência, introduzindo-se os momentos de ordem zero e de primeira ordem do espectro de ação da onda como variáveis dependentes, seguindo HOLTHUIJSEN et al. (1989).

A formulação totalmente espectral está baseada na equação de conservação da ação da onda, como descrito em KOMEN et al. (1994) e YOUNG (1999), onde o espectro direcional-frequência de ação da onda é a variável dependente:

$$\frac{\partial N}{\partial t} + \nabla \cdot (\vec{v}N) = \frac{S}{\sigma} \quad (1)$$

Onde:

N = densidade de ação

$\nabla$  = densidade de energia

$\sigma$  = frequência angular

t = tempo

v = velocidade de grupo das ondas

S = termo fonte

Onde S pode ser dado por:

$$S = S_{in} + S_{n1} + S_{ds} + S_{bat} + S_{surf} \quad (2)$$

Onde:

$S_{in}$  = geração de energia pelo vento

$S_{n1}$  = transferência de energia por interações não lineares entre ondas

$S_{ds}$  = dissipação de energia por whitecapping

$S_{bat}$  = dissipação por fricção com o fundo

$S_{surf}$  = dissipação de energia pela quebra de onda



O crescimento da onda pelo vento é dominado pela equação:

$$S_{in}(f, \theta) = \max(\alpha, \gamma E(f, \theta)) \quad (3)$$

Onde:

f= frequência

$\gamma$ = taxa de crescimento não linear

#### 4.2. MIKE 21 FlowModel

O modelo MIKE 21 FM resolve a variação dos níveis d'água e os fluxos instantâneos a partir da solução das Equações de Navier-Stokes, integradas na vertical (equação da conservação da quantidade de movimento nas duas dimensões horizontais e equação da continuidade), através do esquema de volumes finitos.

- Continuidade:

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial hu}{\partial x} + \frac{\partial hv}{\partial y} = hS \quad (4)$$

- Conservação da Quantidade de Movimento em x:

$$\frac{\partial h\bar{u}}{\partial t} + \frac{\partial h\bar{u}^2}{\partial x} + \frac{\partial h\bar{v}\bar{u}}{\partial y} = f\bar{v}h - gh\frac{\partial \eta}{\partial x} - \frac{h}{\rho_0}\frac{\partial p_a}{\partial x} - \frac{gh^2}{2\rho_0}\frac{\partial \rho}{\partial x} + \frac{\tau_{sx}}{\rho_0} - \frac{\tau_{bx}}{\rho_0} - \frac{1}{\rho_0}\left(\frac{\partial S_{xx}}{\partial x} + \frac{\partial S_{xy}}{\partial y}\right) + \frac{\partial}{\partial x}(hT_{xx}) + \frac{\partial}{\partial y}(hT_{xy}) + hu_sS \quad (5)$$

- Conservação da Quantidade de Movimento em y:

$$\frac{\partial k \bar{v}}{\partial t} + \frac{\partial k \bar{v}^2}{\partial y} + \frac{\partial k \bar{v} \bar{u}}{\partial x} = -f \bar{u} h - g h \frac{\partial \eta}{\partial y} - \frac{h}{\rho_0} \frac{\partial p_a}{\partial y} - \frac{g h^2}{2 \rho_0} \frac{\partial \rho}{\partial y} + \frac{\tau_{sy}}{\rho_0} - \frac{\tau_{by}}{\rho_0} - \frac{1}{\rho_0} \left( \frac{\partial S_{yx}}{\partial x} + \frac{\partial S_{yy}}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial x} (h T_{xy}) + \frac{\partial}{\partial y} (h T_{yy}) + h v_s S$$

(6)

Onde:

$t$  é o tempo, s;

$x, y, z$  são as coordenadas cartesianas

$\eta$  é a elevação da superfície;

$d$  é a profundidade;

$h = d + \eta$  é a profundidade total;

$f = 2\Omega \sin \phi$  é o parâmetro de Coriolis;

$\Omega$  é a taxa de revolução angular;

$\phi$  é a latitude geográfica;

$g$  é a aceleração da gravidade;

$\rho$  é a densidade da água;

$\rho_0$  é a densidade de referência da água;

$p_a$  é a pressão atmosférica;

$S_{xx}, S_{xy}, S_{yx}$  e  $S_{yy}$  são componentes do tensor de radiação;

$S$  é a magnitude da descarga devido às fontes pontuais;

$\tau_{sx}$  e  $\tau_{sy}$  são as componentes da tensão de superfície do vento;

$\tau_{bx}$  e  $\tau_{by}$  são as componentes da tensão do fundo;

$T_{xx}, T_{xy}$  e  $T_{yy}$  são as tensões laterais; e

$\bar{u}$  e  $\bar{v}$  são as velocidades médias na profundidade.

Os efeitos citados abaixo são assimilados no modelo:

- Termo convectivo e transversal da quantidade de movimento;
- Tensão de cisalhamento sobre o fundo;
- Tensão de cisalhamento do vento sobre a superfície da água;
- Gradientes de pressão barométrica;
- Tensões de radiação provenientes de campos de ondas;
- Força de Coriolis;
- Dispersão da quantidade de movimento (viscosidade turbulenta);

- Fontes e sumidouros (de massa e de quantidade de movimento);
- Evaporação / precipitação;
- Áreas que tanto podem ficar alagadas, quanto secas, durante a simulação.

Variáveis tais como a elevação da superfície, a velocidade e a direção das correntes e as componentes da velocidade nos eixos x e y podem ser obtidas a partir dos dados de saída básicos do programa.

Ao longo de contornos fechados (fronteiras terrestres) fluxos normais são forçados a zero para todas as variáveis. Para as equações de momentum isso leva à condição de contorno de total deslizamento nestas fronteiras.

As condições dos contornos abertos podem ser especificadas tanto em forma de descarga quanto de elevação da superfície para as equações hidrodinâmicas.

A integração no tempo é feita considerando a forma geral das equações:

$$\frac{\partial \mathbf{U}}{\partial t} = \mathbf{G}(\mathbf{U}) \quad (7)$$

Para as simulações 2D, existem dois métodos de integrações no tempo, tanto para as equações de águas rasas quanto para as equações de transporte: um método de baixa ordem e um método de alta ordem. O método utilizado foi o de baixa ordem, que é um método explícito de Euler de primeira ordem:

$$\mathbf{U}_{n+1} = \mathbf{U}_n + \Delta t \mathbf{G}(\mathbf{U}_n) \quad (8)$$

Onde  $\Delta t$  é o intervalo do passo de tempo.

O transporte de sedimentos é calculado como:

$$Q_t = q_b + q_s \quad (9)$$

Onde  $Q_t$  é o total do transporte de sedimentos,  $q_b$  o transporte junto ao fundo e  $q_s$  o transporte do sedimento em suspensão.

O transporte do sedimento em suspensão é calculado como o produto do fluxo de velocidades instantâneas pela concentração de sedimento instantânea:

$$q_s = \frac{1}{T} \int_0^T \int_{2d}^D (uc) dz dt \quad (10)$$

O cálculo do transporte junto ao fundo é feito pelo modelo de transporte de ENGELUND E FREDSOE (1976), onde o transporte junto ao fundo é calculado a partir do parâmetro de Shields. O transporte médio junto ao fundo  $q_b$  é dividido em  $q_{b1}$  e  $q_{b2}$ , da seguinte forma:

$$q_{b1} = \Phi_{b1} \cdot \sqrt{(s-1)gd_{50}^3} \quad (11)$$

$$q_{b2} = \Phi_{b2} \cdot \sqrt{(s-1)gd_{50}^3} \quad (12)$$

Em que  $\Phi_{b1}$  e  $\Phi_{b2}$  são dados por:

$$\Phi_{b1} = \frac{1}{T} \int_0^T \Phi_b(t) \cos(\phi(t)) dt \quad (13)$$

$$\Phi_{b2} = \frac{1}{T} \int_0^T \Phi_b(t) \sin(\phi(t)) dt \quad (14)$$

Sendo  $\Phi_b$  igual a:

$$\Phi_b = 5p(\sqrt{\theta'} - 0.7\sqrt{\theta_c}) \quad (15)$$

Onde a concentração de fundo  $p$  é encontrada pela equação:

$$p = \left[ 1 + \left( \frac{\frac{\pi}{6}\beta}{\theta' - \theta_c} \right)^4 \right]^{-0.25} \quad (16)$$

O parâmetro de Shields  $\theta'$  e o parâmetro crítico de Shields  $\theta_c$ , para o caso geral em que o fluxo está num ângulo  $\psi$  para o declive  $\beta$ , são dados por:

$$\theta' = \frac{u_f^2}{(s-1)gd_{s0}} \quad (17)$$

$$\theta_c = \theta_{c,0} \cdot \left( \frac{-\cos\Psi \sin\beta + \sqrt{\mu_s^2 \cos^2\beta - \sin^2\Psi \sin^2\beta}}{\mu_s} \right) \quad (18)$$

Onde:

- $\alpha(t)$  é a direção do fluxo instantâneo, graus
- $\Phi_{b1}$  é a carga de fundo adimensional na direção média da corrente
- $\Phi_{b2}$  é a carga de fundo adimensional normal à direção média da corrente
- $q_{b1}$  é a carga de fundo na direção média da corrente, m<sup>3</sup>
- $q_{b2}$  é a carga de fundo normal à direção média da corrente, m<sup>3</sup>
- $\mu_s$  é um coeficiente de fricção estático ( $\mu_s = \tan\alpha_s$ ,  $\alpha_s$  = ângulo de repouso)

O parâmetro chave para determinação das alterações no fundo é a taxa de alteração do fundo  $\frac{\partial z}{\partial t}$  no centro da célula computacional. Esse parâmetro pode ser obtido de várias formas, mas em geral todos os métodos são baseados na equação de Exner (equação da continuidade do sedimento), que pode se escrita como:

$$-(1-n) \frac{\partial z}{\partial t} = \frac{\partial S_x}{\partial x} + \frac{\partial S_y}{\partial y} - \Delta S \quad (19)$$

Onde:

- $n$  porosidade do fundo, m
- $z$  profundidade, m
- $t$  tempo, s
- $S_x$  carga total de transporte na direção x, m<sup>3</sup>
- $S_y$  carga total de transporte na direção y, m<sup>3</sup>
- $x, y$  coordenadas cartesianas horizontais ortogonais
- $\Delta S$  Taxa fonte ou sumidouro de sedimento, em equilíbrio é zero, m<sup>3</sup>/s



Para a descrição de um transporte de sedimento em equilíbrio, o termo fonte/sumidouro deve ser zero. A descrição das taxas de transporte de sedimento para um modelo combinado de onda e corrente é sempre uma descrição em equilíbrio.

## 5. ADEQUAÇÃO DO CANAL DE ACESSO

Para fins deste anteprojeto considera-se adequação de obra para melhor ajustar uma benfeitoria ou instalação à sua destinação.

### 5.1. NAVIO TIPO DE PROJETO: Navio Porta-Contêiner

As características (porte, loa, boca e calado) do “Navio Tipo” encontram-se na Tabela 5.1.

O Coeficiente do bloco ( $C_b$ ) foi obtido com base em navios de porte similar, contidos no appendix B (TypicalShipDimensions) do ReportofWorkingGroup II – 30 PIANC/IAPH.

Tabela 5.1- Principais dimensões do “Navio Tipo”.

Navio Post- Panamax	Comprimento (m)		Boca (m)	Calado (m)	$C_b$
	LOA (m)	Lpp (m)			
Contêiner	300	285	40	12,0	0,65

### 5.2.Características gerais

A Tabela 5.2 apresenta um resumo dos valores dos dados ambientais que serão utilizados para a adequação do canal de acesso marítimo, área abrigada e área desabrigada ao porto de Fortaleza.

Tabela 5.2-Resumo dos valores dos dados ambientais.

Tipo de Dado	Resultado para área desabrigada	Resultado para a área abrigada
Baixa Maré (Bm) (m)	0	0
Onda (m)	$H_s \leq 3$	$H_s \leq 1$
Fundo	Arenoso	Arenoso
Forma	Laterais taludadas e com banco de areia	Laterais taludadas e com banco de areia
Vento Transversal (nós)	$\leq 20$	$\leq 20$
Corrente Transversal (nós)	$> 0,2 \leq 0,5$	$> 0,2 \leq 0,5$
Corrente Longitudinal	$\leq 1,5$	$\leq 1,5$



(nós)		
-------	--	--

### 5.3. Determinação da Profundidade do Canal de Acesso

Segundo PIANC/IAPH o valor da profundidade requerida por um navio de projeto deve ser determinada pela adição ao calado do navio de projeto, de parcelas características, representativas da influência dos movimentos verticais das embarcações, do efeito squat, da natureza do fundo e tolerâncias.

Cabe destacar que o calado do navio de projeto deve ser considerado com seu valor máximo.

#### 5.3.1. Movimentos Verticais

Considerando que em águas rasas os navios provocam uma superfície de abatimento sobre a água ao longo de seu perfil, acarretando aumento em sua imersão (squat) e que sob a ação das ondas movem-se também no plano vertical, tolerâncias devem ser observadas.

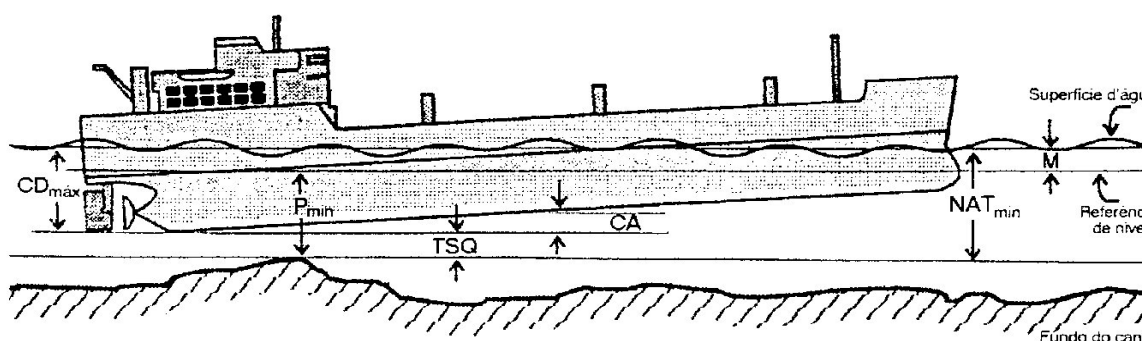
A tolerância sob a quilha (TSQ) se torna um fator crítico na navegação segura e eficiente, uma vez que a sua determinação imprecisa para navios de grande calado, entrando ou saindo de portos com profundidade limitada, pode ter sérias conseqüências econômicas e ambientais. Muitas empresas de navegação possuem normas claras regulando esta questão, podendo o comandante “gerenciar” a TSQ de seu navio de duas formas:

- (1) tomando ações que afetam o calado dinâmico (ex.: mudando a velocidade do navio), e
- (2) programando o horário da rota planejada de modo a assegurar que haverá lâmina d’ água suficiente para uma passagem segura nos locais de profundidade restrita.

Ao fazer isto, o comandante deve dispor de informações precisas em tempo real e de previsão, o que justifica a implantação de sistema maregráfico no Porto, com moderna tecnologia de obtenção de dados na forma digital, ligado on-line com a área de programação/operação.



A tolerância sob a quilha tem dois componentes principais, e a diferença entre eles, é igual ao nível d' água total mínimo ( $NAT_{min}$ ) no local menos no calado dinâmico máximo ( $CD_{max}$ ) do navio. O calado dinâmico é a distância da superfície da água até o ponto mais baixo do navio (quilha ou hélice) quando em movimento. Cada um destes componentes tem vários elementos (Figura 5.2).



**Figura 5.2.**Elementos da tolerância sob a quilha

$$TSQ = \text{Nível d' água total mínimo (NAT}_{min}) - \text{Calado dinâmico máximo (Cd}_{max})$$

$$TSQ = \{ P_{min} + M \} - \{ CE + S + CA \}$$

Onde:

- $P_{min}$  : profundidade mínima da carta
- $M$  : altura da maré sobre o nível de referência (maré astronômica + maré meteorológica)
- $CE$  : calado estático (devido à carga e densidade da água)
- $S$  :squat (devido à velocidade do navio)
- $CA$ : calado adicional (devido à mudanças no trim/adernamento por curvas e/ou efeitos de ondas.

### 5.3.2. Folga sob a quilha devido à natureza do solo

Quando o leito for constituído de material mole, como lama ou areia, de tal forma que um leve toque do navio não provoque avarias, a tolerância deve situar-se em valores inferiores aos de fundos rochosos, pois estes podem provocar avarias perigosas.

De acordo com a NBR nº 13.246/95 recomenda-se: até 0,3m para solo lodoso, de 0,3 a 0,5m para solo Arenoso, e no mínimo 1 m para solo rochoso.

### 5.3.3.Squat

O Squat é a tendência de imersão do navio à velocidade, acompanhado por um trim seja pela proa ou pela popa. Este é um efeito que é mais pronunciado quando a profundidade da água é menor que 1,5 vezes o calado estático, resultando numa folga menor que a esperada.

Deverá ser acrescentado ao calado mais 1,0 m, nos projetos preliminares. Para os projetos definitivos, o acréscimo deverá ser calculado de acordo com o navio de projeto. O valor do squat aumenta aproximadamente com o quadrado da velocidade, de modo ser este um fator importante em sua determinação. Outros fatores que vão afetar o valor do squat incluem: o coeficiente de bloco do navio, a razão profundidade de água/calado do navio, e o trim estático.

Apesar de existirem inúmeras formulações teóricas e empíricas sobre a determinação do Squat, utilizaremos a recomendada por PIANC/IAPH (Equação 5.1)

$$Squat (m) = 2,4 \times \frac{\Delta}{Lpp^2} \times \frac{Fr^2}{\sqrt{(1 - Fr^2)}} \quad (5.1)$$

Onde:

$\Delta$  :  $C_b \times Lpp \times B \times T$  : Volume de deslocamento

Lpp: Comprimento da embarcação entre perpendiculares

B: Boca

T: Calado estático

$C_b$ : Coeficiente de Bloco



$$Fr = \frac{V}{\sqrt{g \times h}}$$

Onde:

V: Velocidade da embarcação (m/s)

h: Profundidade do canal (10%T)

g: Aceleração da gravidade local (9,81 m/s<sup>2</sup>)

#### 5.3.4. Profundidade do Canal de Acesso Trecho Desabrigado

De acordo com PIANC o cálculo da profundidade do canal é obtido a partir da equação 5.2

$$P = Bm + T + Squat + \text{efeito onda} + \text{folga quilha} \quad (5.2)$$

Onde:

P = Profundidade

Bm (baixamar) = 0,0 m, de acordo com a Tabela 5.2

Squat = Equação 5.1

Efeito onda = Se o comprimento do navio for menor que o comprimento da onda (L) então efeito onda = (altura da onda (Hs))/2 caso contrário será zero.

Folga quilha = de acordo com a natureza do solo, no caso de solo arenoso o valor varia de 0,3 a 0,5 m. Como queremos a pior situação utilizaremos o valor de 0,5 m

Com base nas premissas apresentadas no item 5.1 chegou-se ao seguinte cálculo para a profundidade do canal de acesso trecho desabrigado.

$$\Delta = C_b \times L_{pp} \times B \times T = 0,65 \times 285 \times 40 \times 12 = 88.920 \text{ m}$$

$$Fr = \frac{V}{\sqrt{g \times h}} = \frac{6,18}{\sqrt{9,81 \times (14 \times 1,1)}} = \frac{6,18}{\sqrt{151,074}} = \frac{6,18}{12,29122} = 0,502798$$

$$Squat = 2,4 \times \frac{\Delta}{L_{pp}^2} \times \frac{Fr^2}{\sqrt{(1 - Fr^2)}} = 2,4 \times \frac{88.920}{285^2} \times \frac{0,502798^2}{\sqrt{(1 - 0,502798^2)}}$$

$$\cong 0,77$$

Substituindo os valores encontrados na equação 5.2 temos:

$$P = 0 + 12,0 + 0,77 + 0 + 0,5 = 13,27 \text{ m} \cong 13,5 \text{ m}$$

### 5.3.5. Profundidade do Canal de Acesso Trecho Abrigado

Com base nas premissas apresentadas no item 5.1 chegou-se ao seguinte cálculo para a profundidade do canal de acesso trecho desabrigado

$$\Delta = C_b \times L_{pp} \times B \times T = 0,65 \times 285 \times 40 \times 12 = 88.920 \text{ m}$$

$$Fr = \frac{V}{\sqrt{g \times h}} = \frac{6,18}{\sqrt{9,81 \times (14 \times 1,1)}} = \frac{6,18}{\sqrt{151,074}} = \frac{6,18}{12,29122} = 0,502798$$

$$Squat = 2,4 \times \frac{\Delta}{L_{pp}^2} \times \frac{Fr^2}{\sqrt{(1 - Fr^2)}} = 2,4 \times \frac{88920}{285^2} \times \frac{0,502798^2}{\sqrt{(1 - 0,502798^2)}}$$

$$\cong 0,77$$

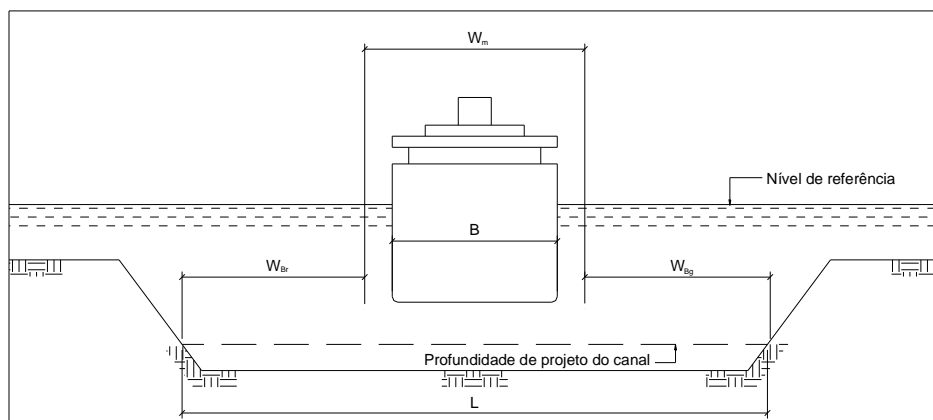
Substituindo os valores encontrados na equação 5.2 temos:

$$P = 0 + 12,0 + 0,77 + 0 + 0,5 = 13,27 \text{ m} \cong 13,5 \text{ m}$$

### 5.4. Determinação da Largura do Canal de Acesso

A publicação do PIANC/IAPH define a largura dos canais de acesso nos trechos retilíneos como um somatório da largura da faixa de navegação, mais as diversas larguras adicionais que dependem dos fatores que serão mencionados adiante. O valor da largura, então, varia em função de cada caso. A Figura 5.3 ilustra

os elementos que determinam a largura de um canal de acesso em única via em função de um navio tipo de projeto.



**Figura 5.3.** Canal de via única com talude normal.

#### 5.4.1. Largura necessária para Canal de acesso com via única

A Equação 5.3 determina o valor da largura do canal de acesso com via única:

$$\text{Largura do canal : } W = W_{BM} + \sum_{i=1} W_i + W_{BR} + W_{BG}$$

Onde:

$W_{BM}$ : pista de manobra básica

$W_{BR} = W_{BG}$  : larguras adicionais por efeito dos taludes laterais, para uma velocidade da embarcação.

$W_i$  : influências nas larguras dos trechos retos de canal, conforme a seguir:

- ação da velocidade
- ventos transversais
- correntes transversais
- correntes longitudinais
- alturas de ondas
- auxílios à navegação
- superfície de fundo



- profundidade da via navegável
- periculosidade da carga

#### 5.4.2. Cálculo da largura considerando Trecho Desabrigado

$W_{BM}$  : pista de manobra básica, considerada moderada **:1,5 B**

$W_{BR} = W_{BG}$  : larguras adicionais por efeito das margens íngremes e rígidas estruturas, para uma velocidade da embarcação lenta (6 nós) **=0,5 B**

$W_i$  : influências nas larguras dos trechos retos de canal, conforme a seguir:

- ação da velocidade da embarcação (V moderada, de 8 a 12 nós)	=	0,0 B
- ventos transversais fracos e velocidade da embarcação moderada	=	0,0 B
- correntes transversais fraca e velocidade da embarcação moderada	=	0,2 B
- correntes longitudinais fraca e velocidade da embarcação moderada	=	0,0 B
- alturas de ondas $H_s$ e comprimento da onda L	=	1,0 B
- auxílios à navegação (bons)	=	0,1 B
- superfície do canal (lisa ou taludada e rígida)	=	0,1 B
- profundidade do canal $< 1,25 T$	=	0,2 B
- periculosidade da carga (baixa - contêiner)	=	<u>0,0 B</u>
		<b>1,6B</b>

Substituindo-se os valores na Equação 2.3, teremos:

$$W = 1,5(40,0) + 1,6(40,0) + 0,5(40,0) + 0,5(40,0) = 164 \text{ m}$$

#### 5.4.3. Cálculo da largura considerando Trecho Abrigado

$W_{BM}$  : pista de manobra básica, considerada moderada **=1,5 B**



$W_{BR} = W_{BG}$  : larguras adicionais por efeito das laterais taludadas,

para uma velocidade da embarcação moderada (12 nós) **= 0,5 B**

$W_i$  : influências nas larguras dos trechos retos de canal, conforme a seguir:

- ação da velocidade da embarcação (V moderada, de 8 a 12 nós)	=	0,0 B
- ventos transversais fracos e velocidade da embarcação moderada	=	0,0 B
- correntes transversais fraca e velocidade da embarcação moderada	=	0,1 B
- correntes longitudinais fraca e velocidade da embarcação moderada	=	0,0 B
- alturas de ondas $H_s$ e comprimento da onda L	=	0,0 B
- auxílios à navegação (bons)	=	0,1 B
- superfície do canal (lisa ou taludada e rígida)	=	0,1 B
- profundidade do canal $< 1,25 T$	=	0,2 B
- periculosidade da carga (baixa - contêiner)	=	<u>0,0 B</u>
		<b>0,5 B</b>

Substituindo-se os valores na Equação 2.3, teremos:

$$W = 1,5(40,0) + 0,5(40,0) + 0,5(40,0) + 0,5(40,0) = 120,0 \text{ m}$$

Sendo assim a Tabela 5.3 apresenta os resultados obtidos.

Tabela 5.3- Resultados obtidos.

Trecho do Canal	Largura (m)	Profundidade (m)
Desabrigado	164	13.5
Abrigado	120	13.5

### 5.5. Resultado da adequação do canal de acesso em função da segurança da navegação

A Tabela 5.4 apresenta os resultados obtidos para a adequação do canal de acesso em via única para os navios tipo POST PANAMAX, SUPER POST PANAMAX, CARGA GERAL e CRUZEIRO, com bóias com raio de giro de 18m seguindo a orientação IALA de mínimo 10m, e incluindo 8m favorecendo a segurança:

Argumentação IALA (Guideline 1078) para raio de giro.

The AtoN should be surveyed and positioned with at least the same accuracy as the nautical chart. This is determined in the IHO Standards for Hydrographic Surveys (S-44) 5<sup>th</sup> Edition February 2008 with accuracies of:

- 2 m for fixed aids (5 m when depth more than 100m);
- 10 m for floating aids (20 m when depth more than 100m).

Tabela 5.4-Resultados obtidos.

Trecho do Canal	Largura (m)	Profundidade (m)	Giro da Boia(m)	Largura Mínima (m)
//Desabrigado	164	13.5	36,0	200,0
Abrigado	120	13.5	20,0	140,0

Embora a largura mínima calculada para o canal desabrigado seja de 200 m, observa-se que a largura máxima do canal chega a 280 m. Essa adequação na porção mais externa foi incluída para atender solicitação da Autoridade Portuária do Ceará, em conformidade com avaliação da praticagem, a fim de melhorar a segurança da navegação, considerando-se que a sobre largura, a partir da entrada do canal, garantirá maior área e tempo de manobra para que os navios, que demandem o porto de Fortaleza, possam assumir e manter a navegação adequada ao alinhamento do canal, reduzindo o risco de encalhe devido às condições adversas de ventos, corrente e baixios próximos à entrada do canal.



## 6. ASPECTOS MORFOLÓGICOS, GEOLÓGICOS E GEOTÉCNICOS

### 6.1. Geologia regional e local

O Complexo Portuário de Mucuripe está situado na costa leste do município de Fortaleza, porção nordeste do estado do Ceará e está inserido no contexto da Bacia Metropolitana, que apresenta uma diversidade morfológica e alta vulnerabilidade aos processos erosivos. Segundo GOMES *et al*, em termos de feições geológicas, são encontradas na região, as seguintes:

- **Formação Barreiras**

Representada na área por exposições na Ponta do Mucuripe e dentro do Complexo Industrial, é composta por litotipos areníticos com níveis conglomeráticos, se mostra dominante em subsuperfície, representando uma deposição de caráter continental, assentada em discordância erosiva e angular sobre o paleorelevo irregular do embasamento cristalino (não aflorante), cuja espessura se mostra bem variável, podendo atingir até 40 m, segundo dados de poços existentes. Esta unidade litoestratigráfica apresenta-se na área com forte diagênese e alto grau de coesão.

- **Dunas Recentes**

Capeiam, através de discordância, os depósitos da Formação Barreiras. São litologicamente constituídas por areias não consolidadas, de cor branca a amarelada, bem clara, sendo bem selecionadas e com granulometria variando entre areia fina a média, às vezes siltosa, de composição quartzosa e/ou quartzo-feldspáticas. Estas dunas bordejam paralelamente a linha de costa em uma faixa que vai de dezenas de metros a 3 km, concentrando-se em maior escala no litoral leste de Fortaleza.

- **Depósitos de Praia e Beach-Rocks**

Esses depósitos se estendem desde a maré baixa até o campo dunar, sendo constituídos por uma areia de cor clara com tons amarelados e esbranquiçados, de granulação fina a média e composta por quartzo, minerais pesados e conchas. Já os arenitos de praia, ou *beach-rocks*, ocorrem na Praia do Titã e na Beira-Mar, correspondendo a um arenito conglomerático de cor vermelho-escura, cimentada por

$\text{CaCO}_3$ , composto basicamente por quartzo, fragmentos biológicos (bioclastos) e litoclásticos e caracterizado pela presença de concreções ferruginosas e por um alto grau diagenético. As rochas de praia estão localizadas nas embocaduras dos rios Pacoti, Cocó e Ceará, sempre a jusante da corrente litorânea, e nas enseadas das praias da COFECO, Volta da Jurema, Praia do Mucuripe Praia dos Dois Coqueiros em Iparana – Caucaia/CE, nas proximidades do rio Ceará.

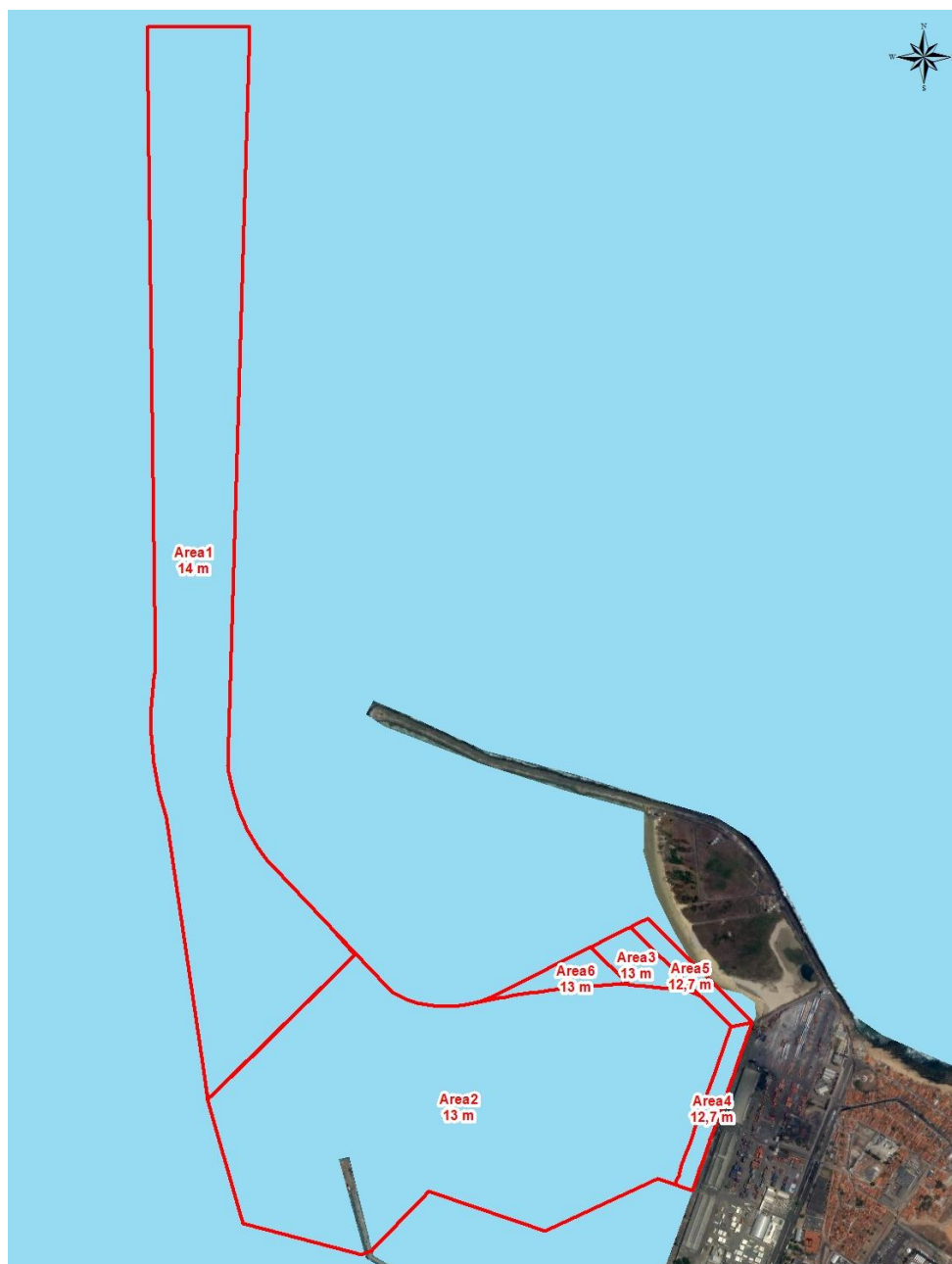
O ambiente submerso em frente à cidade de Fortaleza caracteriza-se pela ocorrência de sedimentos terrígenos que se estendem da linha de baixa-mar até a profundidade de 10 a 20 metros, em uma faixa bastante estreita. Em seguida, estão as algas calcárias que ocorrem em manchas esparsas na profundidade de 10 a 20 metros e, daí em diante, em bancos contínuos até a borda da plataforma continental.

MORAIS (1972) distinguiu seis tipos principais de fácies sedimentológicas, distribuídas na bacia de evolução do Porto e Enseada de Mucuripe, comentadas a seguir:

- Fácies de substrato rochoso – inclui arenitos calcíferos e ferruginosos submersos na área de estudo.
- Fácies arenosas – 100 a 75% de areia e restante de silte e argila; distribui-se na zona interna da bacia do porto (domínio das areias grossas) até extremo leste dos armazéns do cais, perto das praias adjacentes ao porto (domínio das areias finas).
- Fácies mistas – Sedimentos em que os componentes texturais se equivalem percentualmente. Ocorre nas zonas de transição de fácies, na parte central da área do porto.
- Fácies Argilo-Síltica – ocupa parte central da bacia de evolução, em frente ao cais. Formada, em média, por 60% de argila e 28% de silte e a fração de areia é sempre menor que 10%.
- Fácies Argilo-Arenosa – A argila e areia se equivalem percentualmente na composição desta fácies, dominantes sobre o silte que atinge no máximo 12%.
- Fácies Síltica-Arenosa – Constituída por areia fina e silte e situa-se na área adjacente à fácies arenosa e próxima ao cais.

## 6.2. Organização dos dados analisados

A área objeto de dragagem e melhorias deste anteprojeto corresponde ao canal de acesso, bacia de evolução, cais comercial e ao novo terminal de passageiros. O terminal está localizado na enseada de Mucuripe e é protegido de ondulações e correntes marítimas por um molhe (Figura 6.1).



**Figura 6.1.** Área de dragagem e suas cotas de projeto.

Para subsidiar o atual anteprojeto de dragagem do terminal de passageiros e melhorias do acesso aquaviário, no sentido de reconhecimento dos sedimentos que compõem a área, os resultados de estudos pretéritos foram integrados, com vistas à sua avaliação em conjunto com outros elementos analisados.

O trabalho realizado compreendeu a organização e análise de dados, disponibilizados pelo porto, de perfilagem sismobatimétrica (2004 e 2008) e de sondagens (1997, 2006 e 2008), adquiridos por empresas diversas, respectivamente nas áreas do canal, bacias de evolução e na praia Mansa.

#### **6.2.1. Perfilagem Sísmica (Tecnord Engenharia LTDA e PETCON – Planejamento em Transportes e Consultoria Ltda.)**

##### **TECNORD**

O levantamento geofísico foi realizado na bacia de evolução, canal de acesso e duas áreas adjacentes ao porto, no período de 21 a 29 de novembro de 2004, com intuito de determinar as espessuras das camadas sedimentares e possíveis obstáculos no canal, com a utilização do sistema Sub Bottom Profiler de 3,5 kHz de alta resolução.

De acordo com o relatório apresentado, os perfis sísmicos, após processados e interpretados, permitiram mapear alguns padrões de reflexão da sísmica em subsuperfície, da época do levantamento:

- ✓ Bacia de Evolução: Na porção central foi reportada a presença de refletores plano-paralelos, cuja assinatura sísmica e a literatura técnica indicam estar associados à maior ocorrência de sedimentos argilo-siltosos. Na porção norte as seções sísmicas mostraram refletores bem definidos, com pacote sedimentar superior a 6 metros de espessura;
- ✓ Canal de acesso: na porção sul do canal de acesso não há ocorrência de refletores em subsuperfície, a porção central caracteriza-se por um pacote sedimentar superior a 6 metros (verificar se atinge cota de corte das áreas de adequação) e na porção norte observa-se um pacote sedimentar com espessura média menor que 2,0 m.

### **PETCON**

O levantamento geofísico foi realizado no canal de acesso no período de 23/03 a 28/03/2008, com objetivo de identificar padrões morfológicos no leito marinho, a partir do levantamento com a utilização do sistema de Sonar de Varredura Lateral.

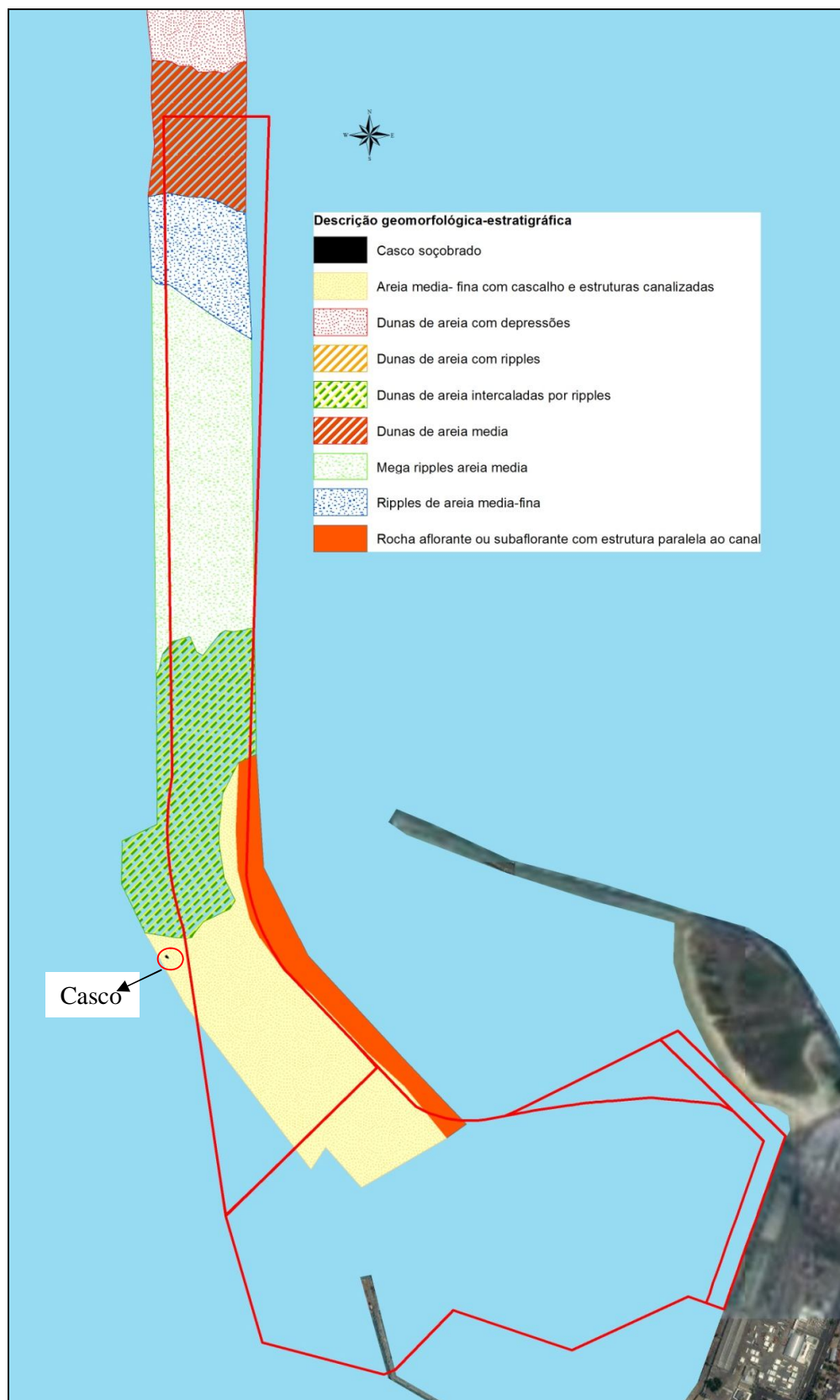
Os registros do sonar, após processados, permitiram delimitar fácies acústicas correspondentes a variação morfológica do fundo do canal, que em geral, está quase completamente recoberto por sedimento arenoso de granulometria variável de média a fina.

A Figura 6.2 representa a interpretação desses dados conforme descrição do canal (de Norte para Sul), a seguir:

- ✓ Parte norte: Campo de dunas de areia média;
- ✓ Parte central do canal: Campo de dunas implantado sobre alto morfológico;
- ✓ Entrada do porto (a Leste do farol): Sistema de dunas de orientação NO;
- ✓ Entrada do porto: cobertura de sedimentos mais finos;
- ✓ Região Oeste do canal: estruturas canalizadas com depósitos de cascalho;
- ✓ Região Leste: afloramentos rochosos de forma linear. (as sondagens apresentadas não apotam a presença de rocha aflorante)
- ✓ Parte Oeste do canal (fora do canal): lancha afundada

Quanto à perfilagem sísmica até onde foi possível observar, os refletores mapeados indicaram diferentes espessuras dos sedimentos sobre o embasamento acústico nas diversas áreas recobertas. Associando-os a batimetria atual observou-se que a maior parte das áreas já está na cota de projeto.





**Figura 6.2.** Distribuição das fácies de superfície ao longo do canal, no levantamento de 2008.

### **6.2.2. Sondagens**

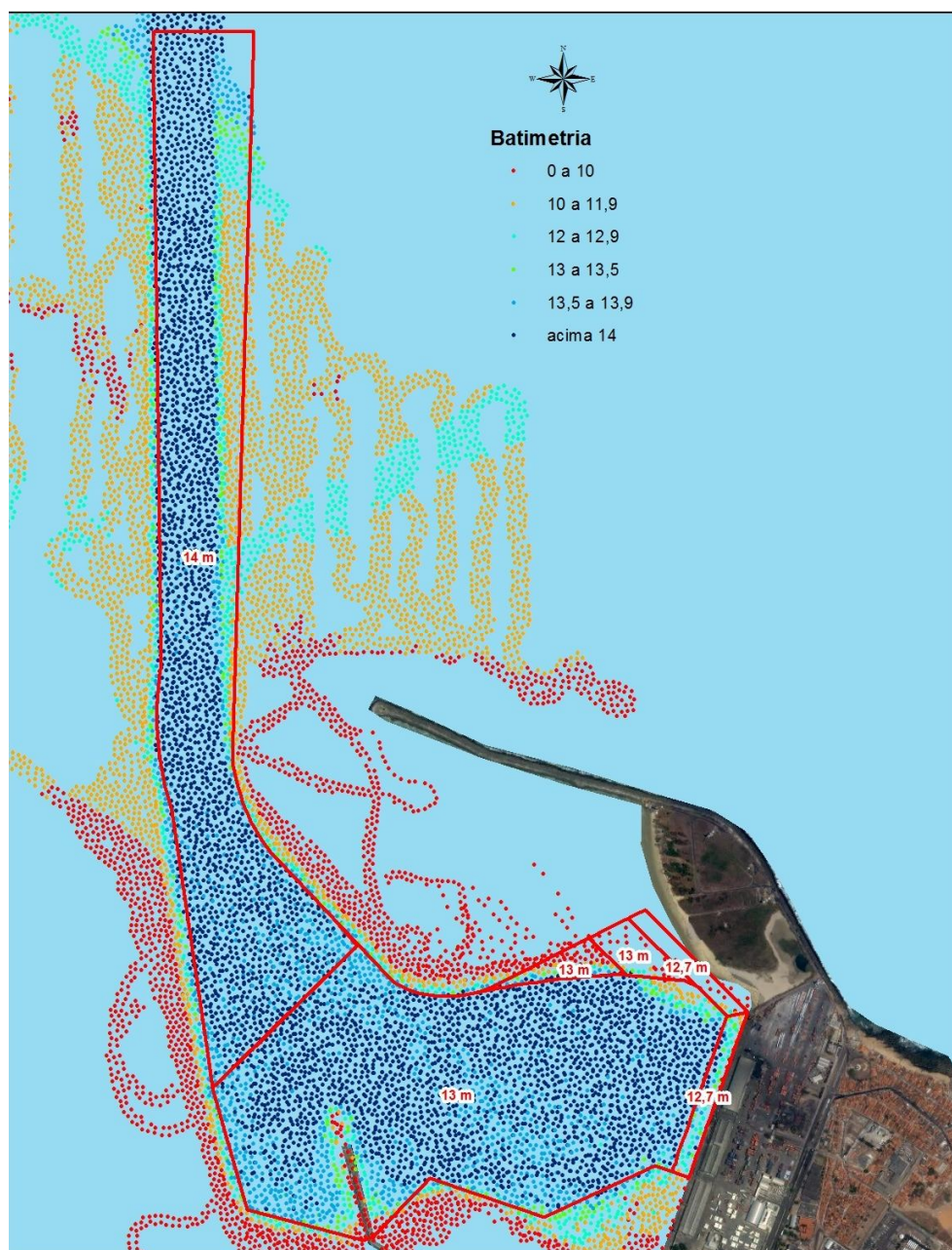
Foram lançadas na Planta de Integração as posições de sondagens Mistas e SPT realizadas pela GEONORTE em 1997; sondagens SPT realizadas pela TECNORD em 2006 e sondagens SPT realizadas pela CINNOR em 2008. A profundidade de cada camada foi reduzida ao nível de redução da DHN. Nessas sondagens foi analisada a relação entre a natureza e a resistência dos solos perfurados, em função da dificuldade relativa prevista na operação da dragagem. Essas sondagens, além de terem as suas posições definidas na Planta, também estão incorporadas ao presente trabalho, com os boletins e perfis descritivos em anexo. A Figura 6.3 mostra a distribuição desses pontos por ano de execução.



**Figura 6.3.** Distribuição das sondagens.

### 6.2.3. Batimetria

A batimetria é representada por um mosaico, elaborado pelo INPH, a partir da junção de levantamentos mais recentes, disponíveis, realizados em diferentes épocas e por empresas distintas, conforme ilustrada na Figura 6.4.



**Figura 6.4.** Mosaico da batimetria mais recente.

### **6.3. Análise integrada dos dados geológico-geofísicos**

Os dados existentes foram traduzidos em camadas de informações sobre uma mesma base cartográfica, que serviu como ferramenta de avaliação da área objeto deste anteprojeto. A planta INPH-199-55, em anexo, apresenta o resultado pós-processado de informações relacionadas à batimetria, localização das sondagens e parte do levantamento do sonar, no Datum WGS-84. Apenas foram incluídos os dados dos locais que não sofreram interferência de dragagem pretérita a este anteprojeto. Os dados de sísmica da TECNORD também não foram utilizados, pois não foram apresentadas as plantas contendo os resultados.

A seguir, são descritas, brevemente, as situações encontradas na área levantada, conforme representadas na planta:

#### **Canal de Acesso**

Com o alargamento do canal na porção norte, um pequeno trecho com 90 m de largura por 190 m de comprimento, está sem informação de batimetria. A profundidade na porção central está na cota de projeto; na região alargada, as profundidades variam de 10,3 a 13,9 e próximo a bacia de evolução alguns pontos estão com as profundidades entre 13 a 13,5 m, conforme Figura 6.5.

Estão apresentados no canal de acesso os furos SP-02, SP-03 e SP-04, da CINNOR, embora todo o material existente à época do levantamento tenha sido retirado na última dragagem realizada, estando atualmente dentro da cota de projeto atual (14m). Apenas para efeito de correlação com o tipo de sedimentação ainda existente nas regiões a serem dragadas, o material retirado consistia em argila siltosa, pouco arenosa de baixa consistência e areia fina a média, pouco a muito argilosa, com fragmentos de conchas e baixa a média consistência.

De acordo com a interpretação do levantamento do sonar apresentada (descrição geomorfológico-estratigráfica), à época do levantamento de 2008, o canal estava recoberto por sedimento arenoso de granulometria variável e presença de cascalhos ou fragmentos de conchas. Na porção leste, próximo à bacia de evolução, destaca-se um possível afloramento rochoso de forma linear. O furo SP-05, na bacia de evolução, está posicionado na área de transição da suposta rocha e, de acordo com a descrição do perfil, toda a perfuração se deu em argila mole, passando a areia finamais

compacta, até atingir outra camada de argila muito mole, à profundidade de 15,15 m (Figura 6.6).

Em vista deste fato e da carência de informações geotécnicas atuais ao longo da anomalia acústica mapeada como afloramento rochoso, recomenda-se a execução de sondagens a percussão complementares, ao longo deste trecho, a fim de confirmar tal informação.

Considerando a análise dos dois levantamentos sísmicos efetuados pelas empresas TECNORD e PETCON, não foram confirmadas interferências até a cota de projeto de 14m. O INPH recomenda a realização de estudos geofísico e geotécnico complementares na porção Leste do canal, cujas informações, no trecho, são pouco conclusivas ou inexistentes.

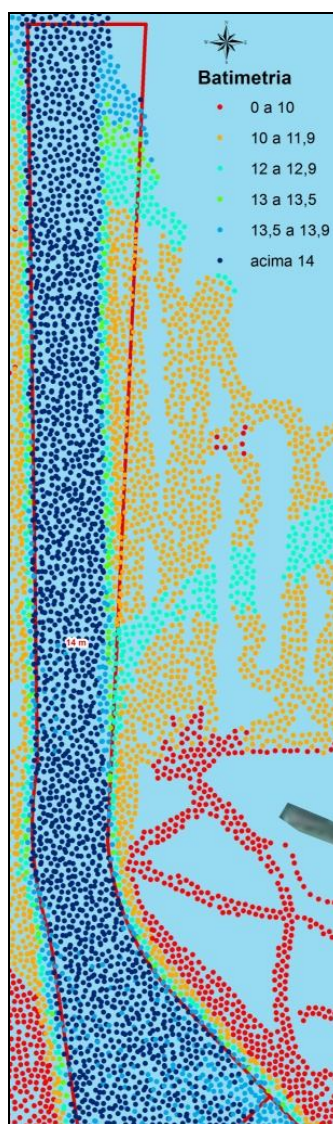


Figura 6.5. Batimetria no canal de acesso.

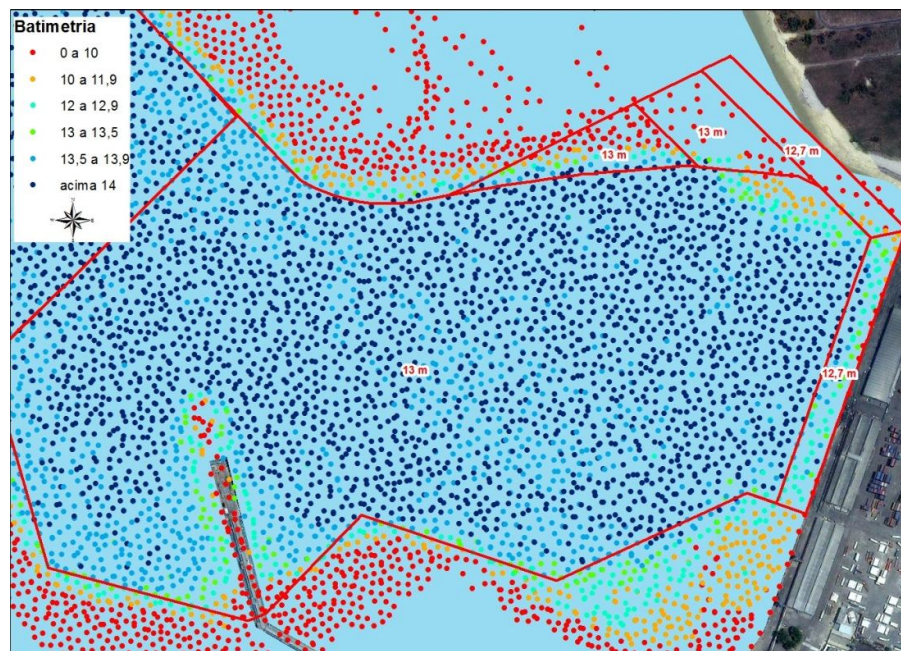




**Figura 6.6.** Dados do sonar e localização das sondagens (2008). É importante ressaltar que grande parte do material mapeado foi retirado na última dragagem.

## Bacia de Evolução

A batimetria desta área, em grande parte, já se encontra na cota de projeto, exceto na porção nordeste, próximo ao cais de passageiros, onde ocorrem profundidades a partir de 10m (Figura 6.7). Dentre os furos realizados em 1997, três estão inseridos neste trecho da bacia, SP-69, SP-90 e SP-98, com estratigrafia representada por sedimentos argilosos orgânicos moles; areias finas a médias siltosas, de baixa a média resistência, até a cota de projeto.



**Figura 6.7.** Batimetria na bacia de evolução.

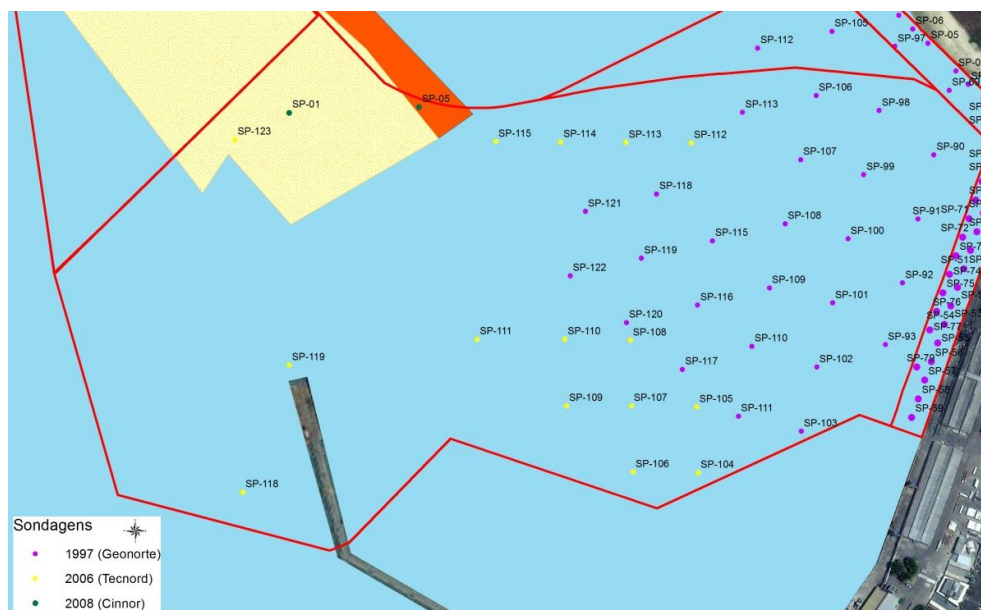
No restante da área estão representados os furos da GEONORTE de 1997 SP-91, SP-92, SP-93, SP-99, SP-100, SP-101, OS-102, SP-103, SP-106, SP-107, SP-108, SP-109, SP-110, SP-111, SP-113, SP-115, SP-116, SP-117, SP-118, SP-119, SP-120, SP-121 e SP-122; e os furos da TECNORD de 2006, SP-104, SP-105, SP-106, AP-107, AP-108, AP-109, SP-110, SP-111, SP-112, SP-113, SP-114, SP-115, SP-118, SP-119 e SP-123 (Figura 6.8).

A partir das descrições dos boletins, em geral, a classificação dos sedimentos resume-se em:

- Furos da TECNORD: argila orgânica mole, siltosa ou não, podendo ocorrer fragmentos de conchas; areia fina fofa a compacta, siltosa ou não, argilosa ou não, podendo conter matéria orgânica; areia fina e média fofa a muito compacta, argilosa ou não, podendo

conter matéria orgânica e pedregulhos; e areia média e grossa siltosa, fofa a compacta, com pedregulhos, concreções e fragmento de conchas.

- Furos da GEONORTE: argila orgânica mole a medianamente compacta; areia fina pouco orgânica, fofa a medianamente compacta, siltosa ou não, podendo conter fragmentos de conchas; e areia fina e média fofa a compacta, argilosa ou siltosa, podendo conter matéria orgânica.



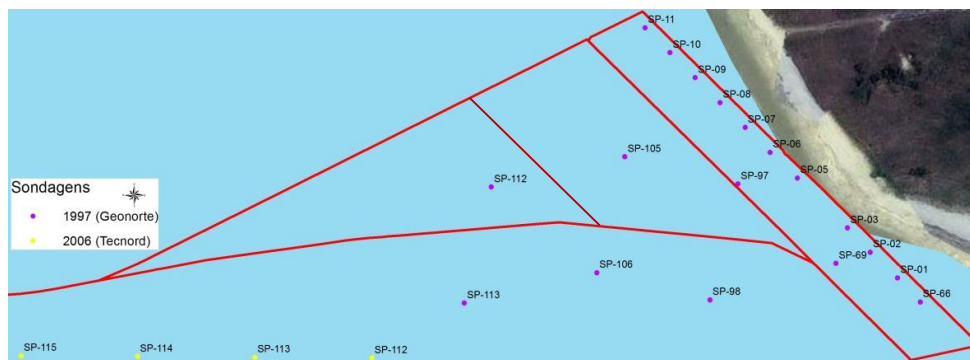
**Figura 6.8.** Distribuição dos pontos de sondagem na bacia de evolução.

## Cais de Passageiros

A batimetria na área do novo cais varia de 1,1 a 14,6 m e não há registros de sísmica nesta área. De acordo com as sondagens realizadas pela GEONORTE (Furos SP\_01, SP-02, SP-03, SP-05, SP-06, SP-07, SP-08, SP-09, SP-10, SP-11, SP-66, SP-69, SP-97, SP-105 e SP-112), os sedimentos resumem-se em: argila orgânica mole a rija; areia fina, pouco siltosa a siltosa, algumas vezes argilosa, fofa a muito compacta; areia fina e média, pouco siltosa a siltosa, com fragmentos de conchas, podendo conter pedregulhos, fofa a compacta; e areia média e grossa, siltosa e compacta (Figura 6.9).

O INPH recomenda a complementação de estudos geofísico-geotécnicos associados, principalmente em razão da ocorrência observada de sedimentos de alta resistência (areias, argilas e pedregulhos), que podem estar associados à existência de

rochas areníticas.



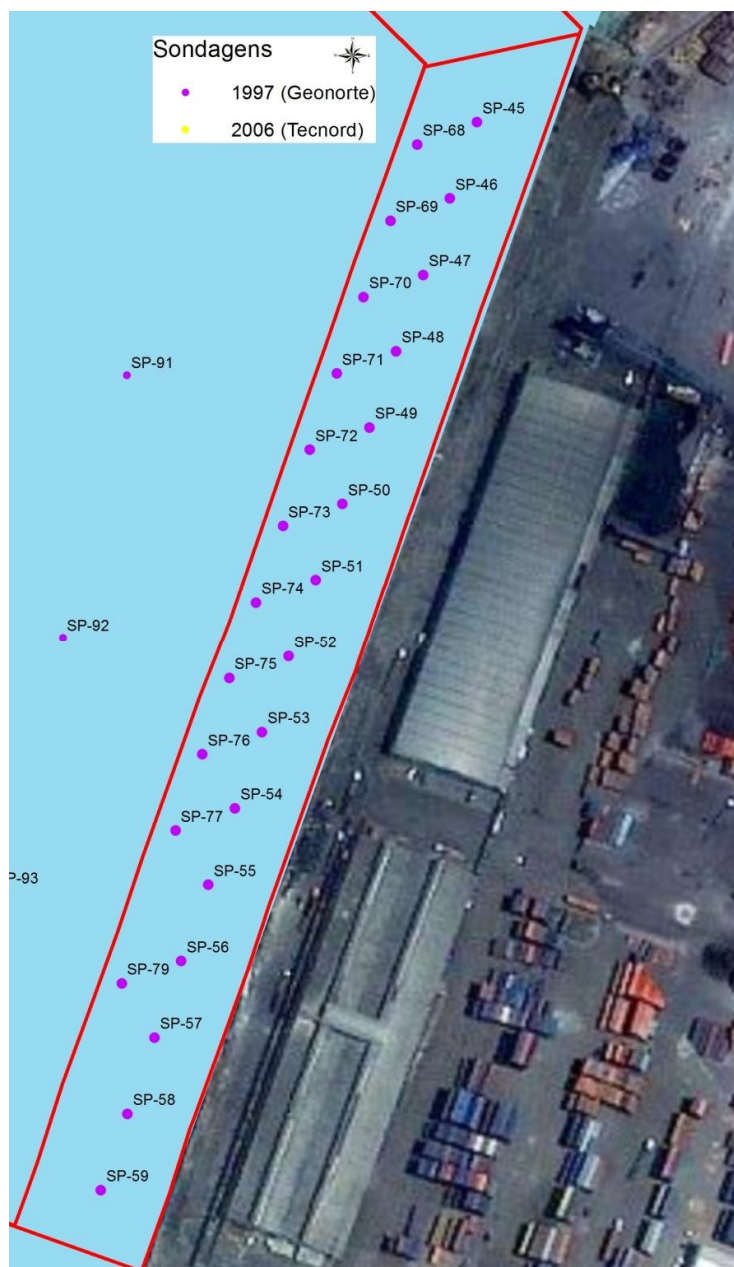
**Figura 6.9.** Distribuição dos pontos de sondagem na área do cais de passageiros.

### Cais comercial

De acordo com as sondagens realizadas pela GEONORTE (Furos SP-45, SP-46, SP-47, SP-48, SP-49, SP-50, SP-51, SP-52, SP-53, SP-54, SP-55, SP-56, SP-57, SP-58, SP-59, SP-68, SP-69, SP-70, SP-71, SP-72, SP-73, SP-74, SP-75, SP-76, SP-77, SP-78, SP-79, SP-80, SP-81 E SP-82), os sedimentos resumem-se em: argila orgânica, mole a rija, com pedregulhos e fragmentos de conchas; areia fina siltosa, podendo conter pedregulhos e fragmentos de conchas, fofa a compacta; e areia fina e média, argilosa ou siltosa, podendo conter pedregulhos e fragmentos de conchas, fofa a compacta (Figura 6.10).

A batimetria na área do novo cais varia de 8,6 a 15,2 m e não há registros de sísmica nesta área. Sendo assim, considerando que, o número de furos realizados recobre, com malha adequada, a extensão do cais comercial, o INPH recomenda a execução de estudo geofísico complementar, a fim de correlacioná-lo com as sondagens já existentes, sobretudo nos trechos da área onde as profundidades existentes estão aquém da profundidade exigida no projeto.





**Figura 6.10.** Distribuição dos pontos de sondagem na área do cais comercial.

#### 6.4. Recomendações e considerações gerais

Para complementar os estudos e fornecer o máximo de informações possíveis, visando à adequação e otimização do acesso aquaviário, este Instituto propôs, através do ofício nº085/2013-INPH/SEP/PR, de 01/07/2013, a realização de levantamento batimétrico e sísmico, ao longo da porção leste do canal de acesso ao porto.

Adicionalmente, foram sugeridos, ao longo do item 6.3. ANÁLISE INTEGRADA DOS DADOS GEOLÓGICO-GEOFÍSICOS, a execução de sondagens a percussão e estudo geofísico complementares em trechos da área de projeto, que, na visão deste Instituto, ainda carecem de informações mais conclusivas, transcritas a seguir:

**1. Canal de acesso:** Realização de estudos complementares, geofísicos e geotécnicos (sísmica e furos a percussão), na porção Leste do canal e sondagens a percussão, no trecho identificado como afloramento rochoso, situado na borda ocidental do canal mais próxima ao porto.

**2. Cais de Passageiros:** Estudos geofísico-geotécnicos associados (sísmica e furos a percussão).

**3. Cais comercial:** Estudo geofísico complementar nos trechos com profundidades aquém daquela exigida no projeto.

Embora a necessidade e malha programa de sondagens adicionais seja vinculada pelo INPH à execução prévia de perfilagens sísmicas nos locais já definidos, pode-se, a fim de permitir a estimativa da quantidade de furos a realizar, sugerir-se um espaçamento entre furos da ordem de 30 m, a exemplo da malha utilizada para o cais comercial, realizada pela GEONORTE.

A necessidade em complementar os estudos nessas áreas deve-se prioritariamente ao fato de que os estudos geofísicos e geotécnicos disponibilizados não contemplam totalmente toda a extensão dos acessos aquaviários sob projeto, sendo insuficientes ou permitindo dúvidas quanto à natureza e resistência do embasamento acústico em diversos trechos.

Da mesma forma, a retirada das informações contidas em parte das sondagens geotécnicas disponibilizadas, também se encontra obsoleta em face da época em que foram realizadas, anteriores a dragagens realizadas.



## 7. QUANTIFICAÇÃO DO VOLUME A SER DRAGADO

Em função dos estudos realizados foram quantificados os volumes a dragar através dos softwares Hypack e Surfer, com a utilização de seções planejadas, espaçadas a cada 10 metros (em Anexo). O local dos serviços de dragagem foi dividido em áreas distintas, conforme detalhado na Figura 6.1.

A Tabela 7.1 mostra os volumes de dragagem em cada Área.

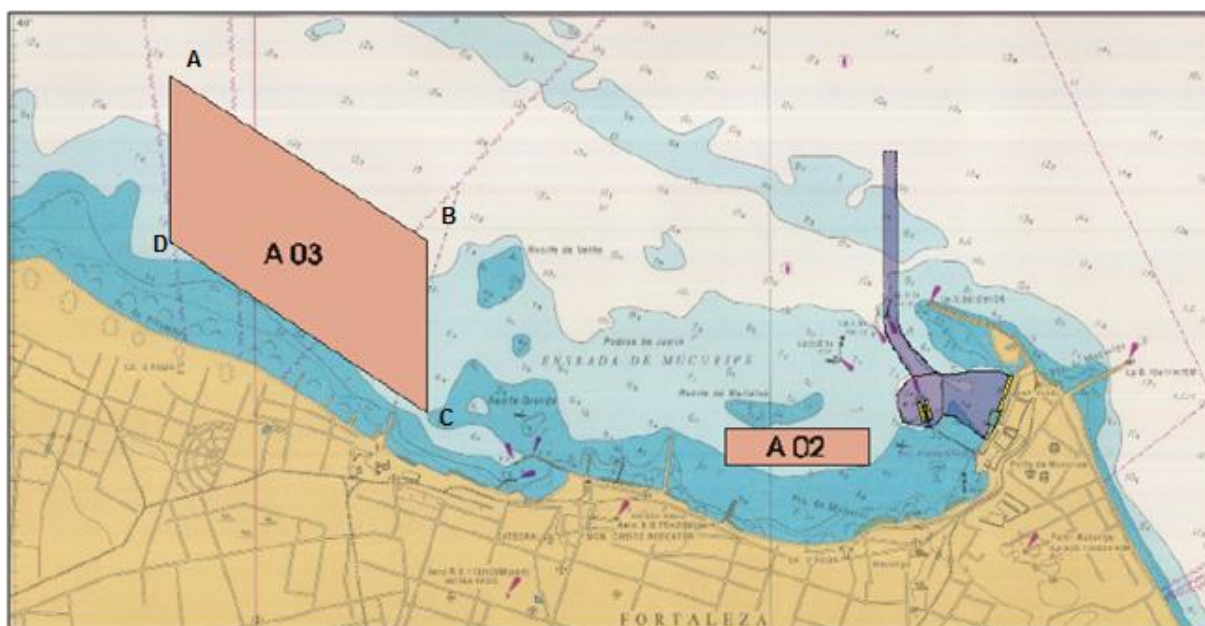
Tabela 7.1- Volume a ser dragado por área do projeto.

	Área	Cota de Projeto (m)	Talude	Largura (m)	Extensão (m)	Tolerância Vertical (m)	Volume de Projeto (m³)	Volume Tolerância (m³)	Volume Final (m³)
1	Canal	-14	01:04	180-280	2800	0,5	296.369,75	213.955,02	<b>510.324,77</b>
2	Bacia	-13	01:04	503-800	1830	0,5	61.553,14	25.560,57	<b>87.113,72</b>
3	Acesso -Cais de passageiros	-13	-	269	110	0,5	186.922,37	13.079,22	<b>200.001,60</b>
4	Berço-Cais do Porto	-12,7	-	50	472	0,5	10.607,01	6.243,77	<b>16.850,78</b>
5	Berço-Cais de passageiros	-12,7	-	50	392	0,5	165.294,86	12.044,26	<b>177.339,12</b>
6	Acesso -Cais de passageiros - B	-13	-	155	343	0,5	99.824,26	11.386,69	<b>111.210,95</b>
<b>TOTAL (m³)</b>									<b>1.102.840,94</b>

## 8. ÁREA DE DESPEJO<sup>1</sup>

Atualmente existem duas áreas de despejo próximo ao Porto de Fortaleza, denominadas áreas A02 e A03 (Figura 8.1), já licenciadas. Para este projeto optou-se pela área A03 para o lançamento do material a ser dragado, material este com predomínio de areia fina e média, porém com presença de finos. O polígono A03 apresenta uma área de 5.940,000 m<sup>2</sup> e está delimitado pelas coordenadas conforme a Tabela 8.1, situado a uma distância de, aproximadamente, cinco milhas náuticas do Porto de Fortaleza.

A planta INPH-199-56, com a localização da área de despejo, encontra-se em anexo.



**Figura 8.1.**Localização das áreas de despejo A02 e A03 na Carta Náutica nº710.

Tabela 8.1-Localização dos pontos do polígono da área de descarte A03. Coordenadas WGS-84 UTM 24S.

<i>Ponto</i>	<i>UTM - E</i>	<i>UTM - N</i>
<b>A</b>	548.214	9.593.969
<b>B</b>	551.359	9.591.941

<sup>1</sup>

C	551.359	9.591.942
D	548.213	9.593.969

## 9. ESPECIFICAÇÃO DOS EQUIPAMENTOS A SEREM UTILIZADOS

De acordo com as características da área sugere-se a utilização dos seguintes equipamentos de dragagem:

### ➤ **DRAGA AUTOTRANSPORTADORA**

A Draga Autotransportadora executará seus serviços nas áreas 1 e 2 (correspondente ao canal de acesso e a bacia de evolução) com volume total estimado em **597.438,49m<sup>3</sup>**.

#### ➤ **Características:**

- Capacidade nominal da cisterna: 4.700 m<sup>3</sup>.
- Velocidade média de transporte: 9 MN/h
- Potência total instalada: 7.850 kW

### ➤ **DRAGA DE SUCÇÃO E RECALQUE DE 20"**

A Draga de Sucção e Recalque executará os serviços nas área6 (acesso ao terminal de passageiros) com volume total estimado em **111.210,95m<sup>3</sup>**, e lançará o material diretamente na Praia Mansa, conforme condicionantes do licenciamento ambiental, com distância de recalque máxima de 600 m, onde será espalhado com o auxílio de três tratores do tipo D6T.

#### **Características:**

Diâmetro aproximado da tubulação de sucção: 550 mm  
Diâmetro aproximado da tubulação de recalque: 500 mm  
Profundidade máxima de dragagem: 14 m  
Potência aproximada do desagregador: 170 kW  
Potência aproximada de bombeamento: 922 kW  
Potência total instalada: 1437 kW  
Distância máxima de recalque a ser lançada: 600 m

### ➤ **DRAGA DE SUCÇÃO E RECALQUE DE 25"**

A Draga de Sucção e Recalque executará os serviços nas área 3, 4 e 5 (acesso ao terminal de passageiros e berço de atracação) com volume total estimado em

**394.191,50 m<sup>3</sup>**, e lançará o material em 2 batelões de carga através de um terminal de carga a ser instalado nas proximidades da área de dragagem, com distância de recalque máxima de 400 m. Os batelões transportarão o material até área de descarte A03, conforme descrito acima.

**Características – Draga SR 25”:**

Diâmetro aproximado da tubulação de sucção: 650 mm

Diâmetro aproximado da tubulação de recalque: 650 mm

Profundidade máxima de dragagem: 18 m

Potência aproximada do desagregador: 585kW

Potência aproximada de bombeamento: 1.571kW

Potência total instalada: 3.170kW

Distância aproximada de recalque a ser lançada: 400 m

**Características – Batelões de Carga (02 unidades):**

Capacidade nominal da cisterna: 2.000 m<sup>3</sup>.

Velocidade média de transporte: 8 MN/h

Potência total instalada: 1.450 kW



## 10. CRONOGRAMA FÍSICO

DRAGAGEM DO PORTO DE MUCURIBE				
CRONOGRAMA FÍSICO Base: Dezembro/2013				
ITENS	DISCRIMINAÇÃO	UNID.		MÊS 1 MÊS 2
<b>1</b>	<b>MOBILIZAÇÃO</b>			
1.1	Dragas Autotransportadora	dias	6	
1.2	DRAGA SR 20"	dias	6	
1.3	DRAGA SR 25" + 2 Batelões	dias	6	
<b>2</b>	<b>DRAGAGEM</b>			
2.1	Dragas Autotransportadora			
2.1.1	Área 1	dias	17	
2.1.2	Área 2	dias	3	
2.2	Draga SR			
2.2.1	Área 6 (Draga SR 20")	dias	15	
2.2.2	Áreas 3,4,5 (Draga SR 25") (1)	dias	21	
<b>3</b>	<b>DESMOBILIZAÇÃO</b>			
3.1	Dragas Autotransportadora	dias	6	
3.2	DRAGA SR 20"	dias	6	
3.3	DRAGA SR 25" + 2 Batelões	dias	6	

(1) - (draga + tubulação de recalque (TR) + terminal de descarga + 2 batelões de carga + embarcação de apoio (EA)).

## 11. BIBLIOGRAFIA

- AMARANTE, O.A.C.; ZACK, M.B.J.; SÁ, A.L. 2001. **Atlas do Potencial Eólico Brasileiro**. Eletrobrás. Ministério de Minas e Energia. Brasília.
- DHI. 1998. DanishHydraulicInstitute. **MIKE 21 - User Guide and Reference Manual**.Release 2.7. Danish, Demark. 98p.
- DHN. **Carta Hidrográfica 701**. Porto de Mucuripe, escala 1:13.000, Diretoria de Hidrografia e Navegação, Ministério da Marinha, Rio de Janeiro.
- DHN. **Carta Hidrográfica 710**. Proximidades do Porto de Mucuripe, escala 1:50.000, Diretoria de Hidrografia e Navegação, Ministério da Marinha, Rio de Janeiro.
- ENGELUND, F. & FREDSOE, J. 1976.**A sediment transport model for straight aluvial channels**.NordicHydrology, 7, pp. 296-306.
- FISCH, C.I. 2008. **Caracterização do Clima de Ondas na Costa do Ceará**. Dissertação de Mestrado do Programa de Engenharia Oceânica da Universidade Federal do Rio de Janeiro.
- GOMES, S. A.; SABADIA, J. A. B.; DUARTE, C.R. 2010. **Análise da Vulnerabilidade Natural das Águas Subterrâneas do Complexo Portuário e Industrial do Mucuripe, Fortaleza-CE. PPEGeo**. Geociências (São Paulo) vol.29.nº3.
- HOLTHUIJSEN, L.H.; BOOIJ, N.; HERBERS, T.H.C. 1989. **A Prediction Model for Stationary, Short-crested Waves in Shallow Water with Ambient Currents**. *CoastalEngineering*, V13, p:23-54.
- INPH. 1999. Instituto de Pesquisas Hidroviárias. **Estudo do Transpasse de sedimentos em torno do Porto de Fortaleza – CE**. Divisão de Engenharia Hidráulica. Rio de Janeiro. Brasil.
- INPH. 2005. Instituto de Pesquisas Hidroviárias. **Relatório Final das Medições de Onda ao Largo de Pecém – CE**. Rio de Janeiro. Brasil.
- KOMEN, G.J.; CAVALERI, L.; DONELAND, M.; HASSELMANN, K.; HASSELMANN, S.; JANSSEN, P.A.E.M. 1994. **Dynamics and modeling of ocean waves**.Cambrigde University Press, UK, 560pp.



- LIMA, S.F. 2002. **Modelagem Numérica da Evolução da Linha de Costa das Praias Localizadas a Oeste da Cidade de Fortaleza, Ceará – Trecho Compreendido entre o Rio Ceará e a Praia do Cumbuco**. Dissertação de Mestrado do Programa de Engenharia de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- MAIA, L.P. 1998. **Procesos Costeros y Balance Sedimentário a 10 Largos de Fortaleza (NE- Brasil): Implicationes para uma gestion adecuada de la zona litorânea**. 198p. Tesis Doctoral, Univ. Barcelona. 1998.
- MORAIS, J.O. 1972. **Processos de Assoreamento do Porto do Mucuripe**. Arq. Cien. Mar, 12(2): 139-149.
- PARKER, B.B. e HUFF, L.C., 1998. **Modern Under-keel Clearance Management**. The International Hydrographic Review. Vol. LXXV No. 2. September, 1998. Monaco.
- SALIM, L.H. 1998. **Implementação do modelo numérico de evolução de praia – GENESIS – em um trecho litorâneo da cidade de Fortaleza – Ceará**. 167f. Dissertação de Mestrado do Programa de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre.
- VALENTINI, E.; ROSMAN, P.C.C. 1992. **Erosão Costeira em Fortaleza**. Revista Brasileira de Engenharia. Vol 10, No.1, pp:19-36.
- VALENTINI, E.M.S. 1994. **Avaliação de Processos Litorâneos e Consequências para o Gerenciamento Costeiro no Ceará**. Tese de Doutorado do Programa de Engenharia da Universidade Federal do Rio de Janeiro.
- YOUNG, I.R. 1999. **Wind generated ocean waves**. In Elsevier Ocean Engineering Book Series, Volume 2. Eds. R. Bhattacharyya and M.E. McCormick, Elsevier.

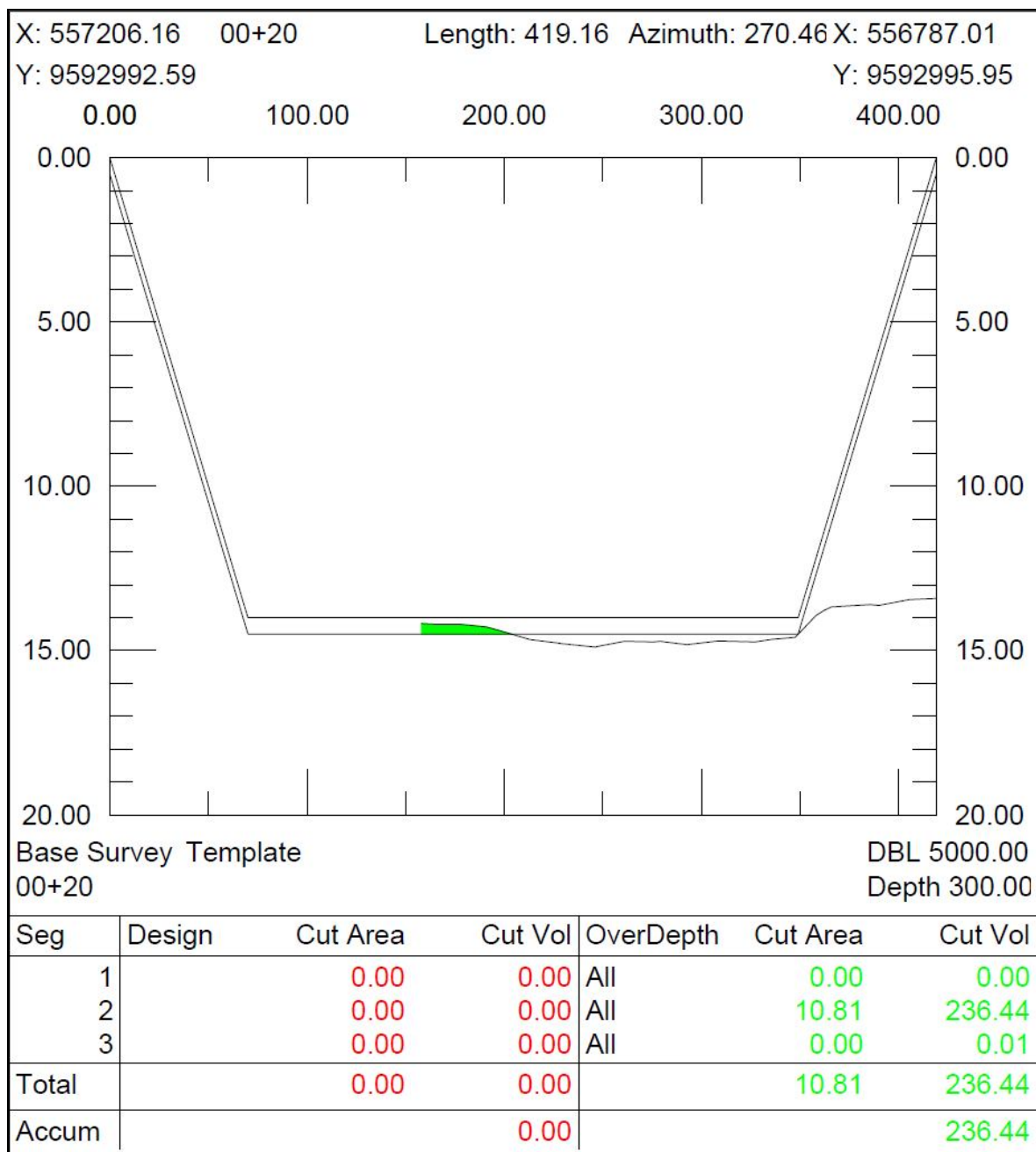


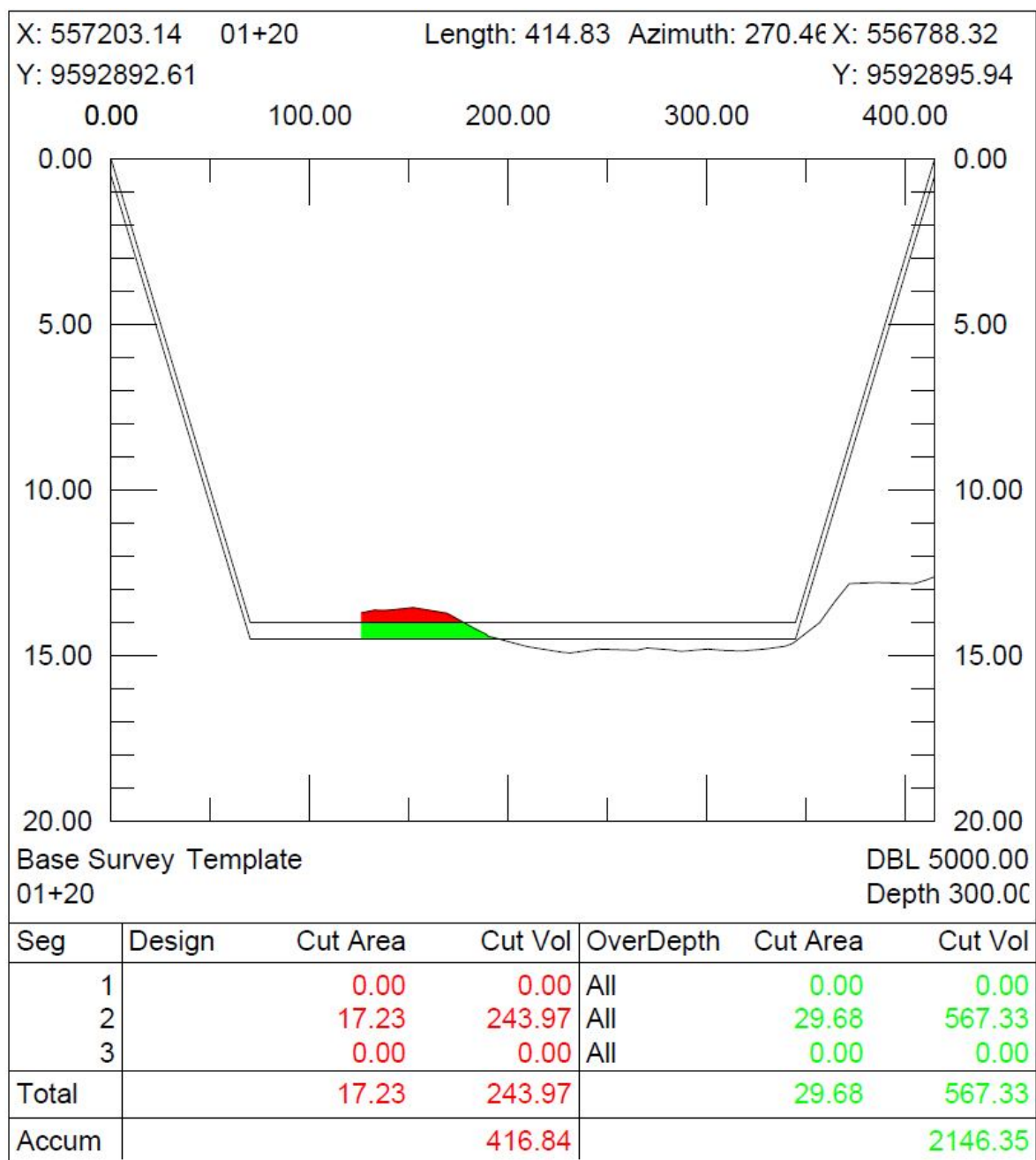
## **ANEXOS**

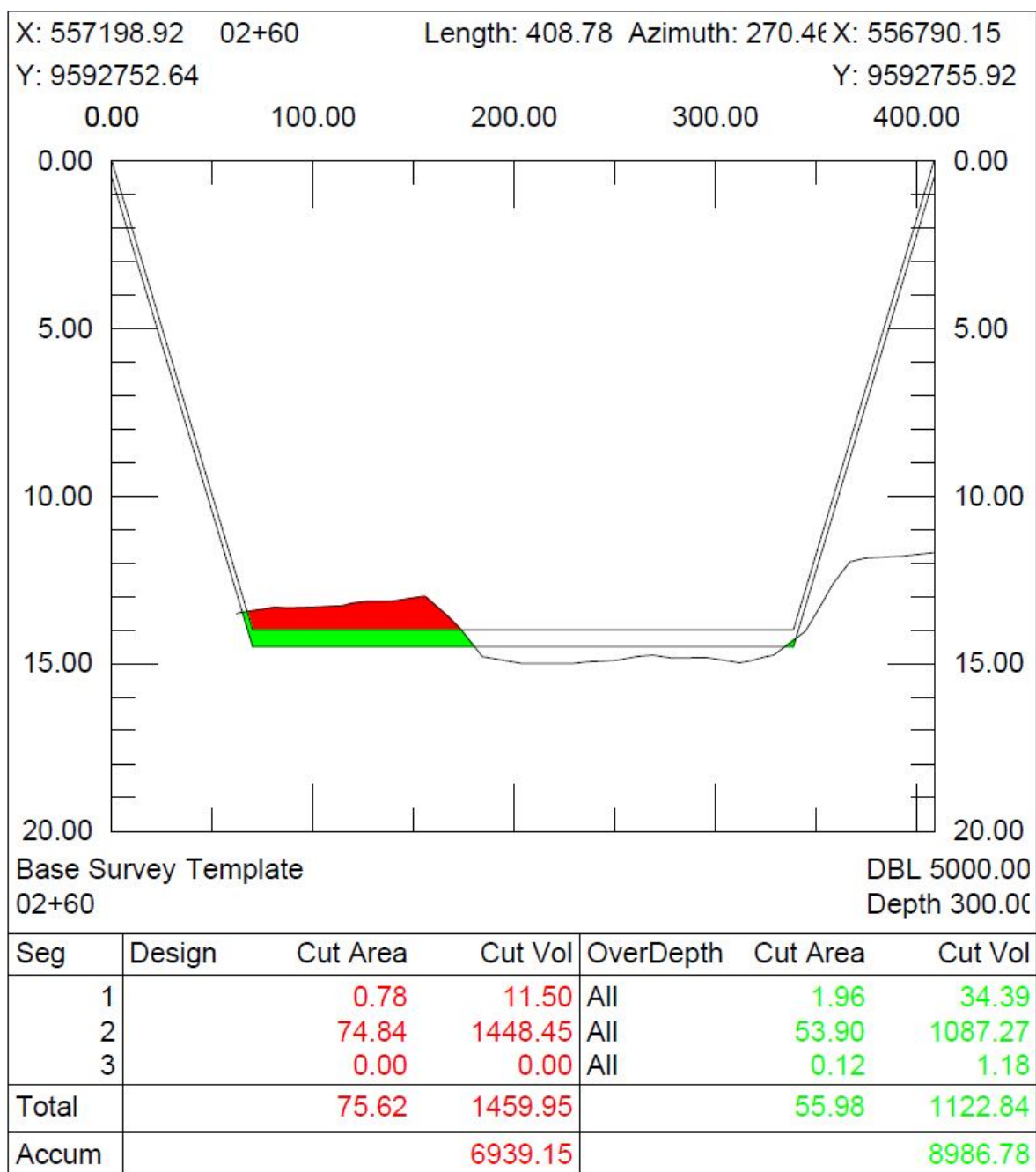


## **ANEXO A - Pranchas com as seções planejadas**

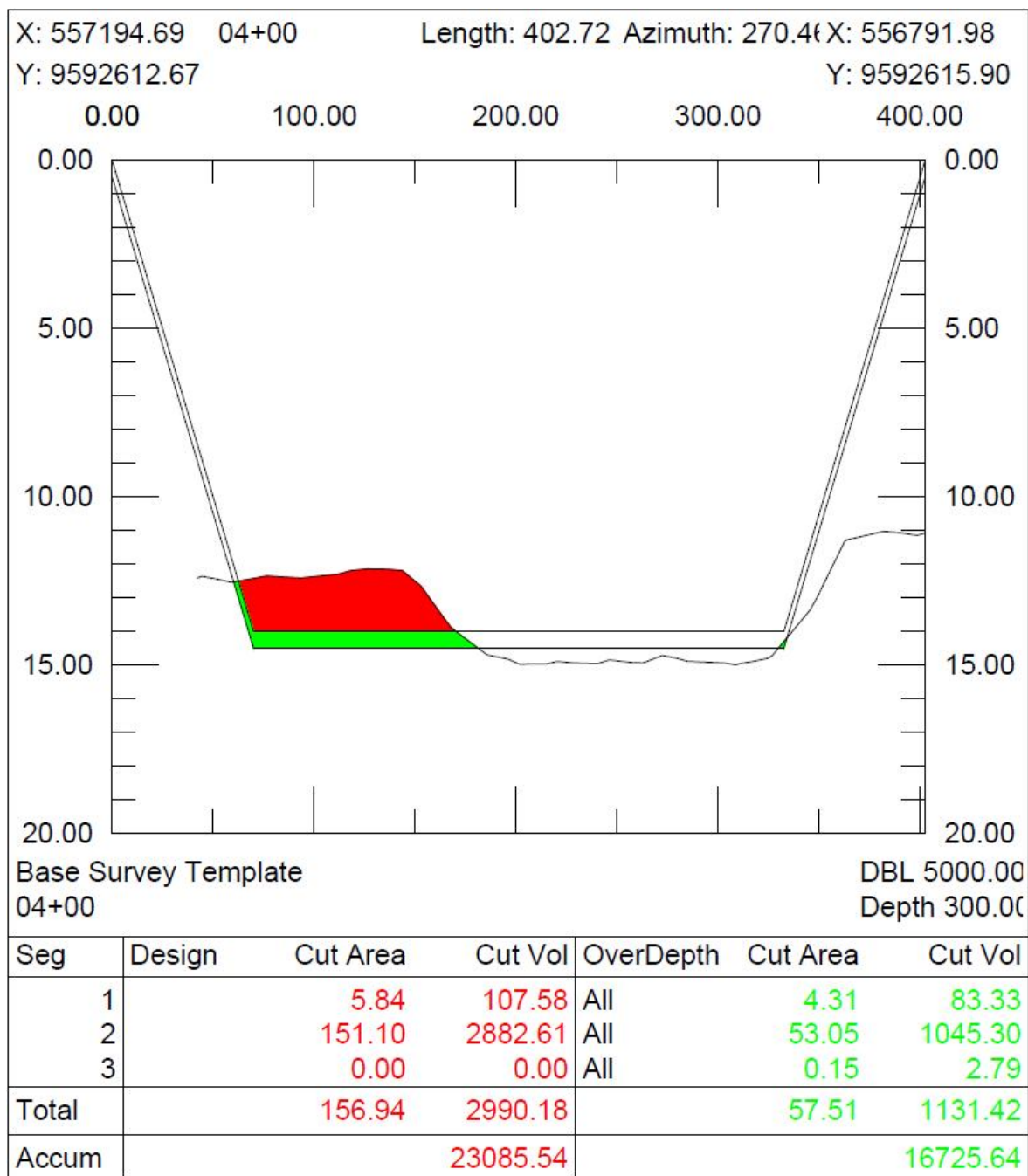
### **Canal de Acesso**

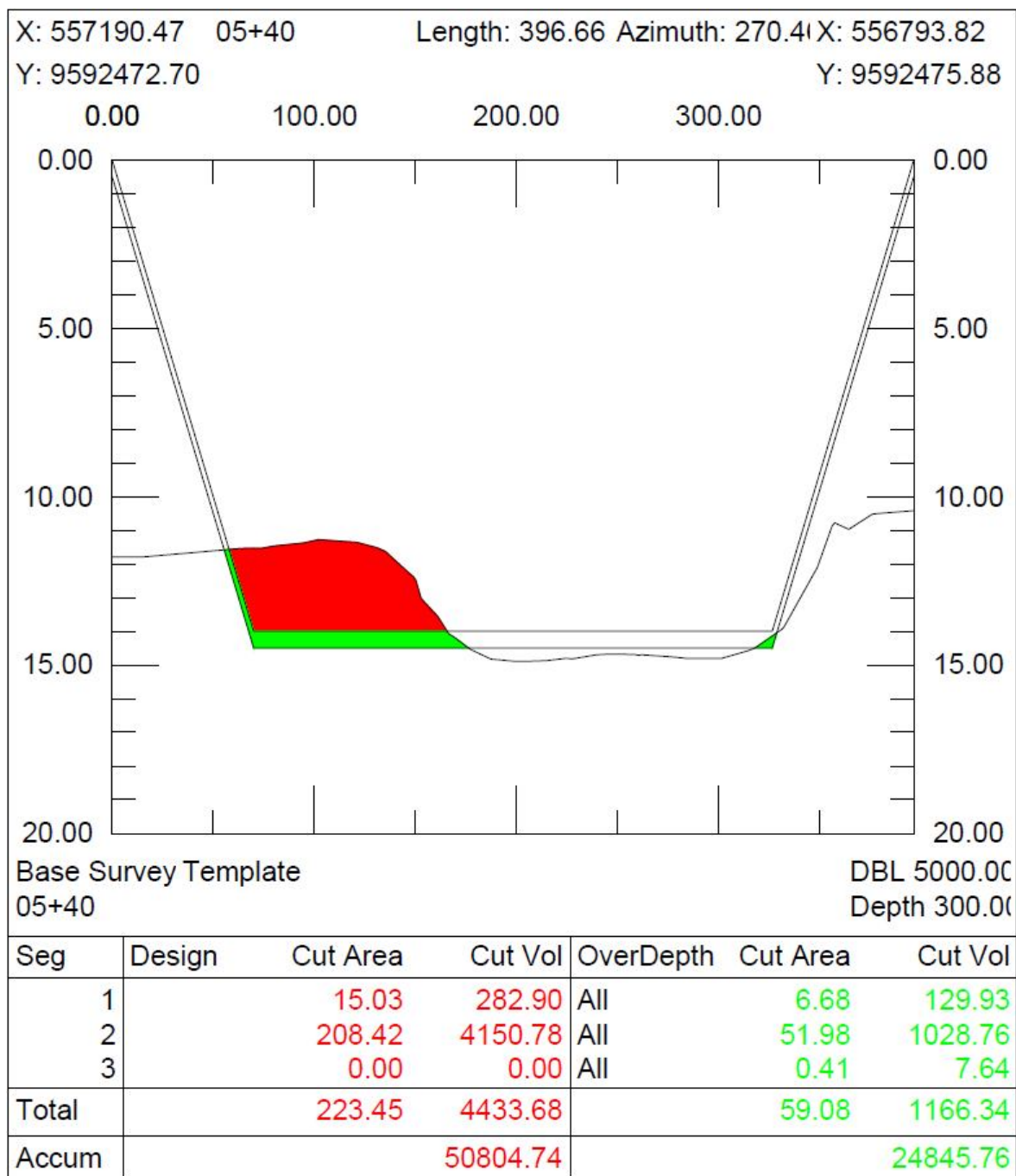


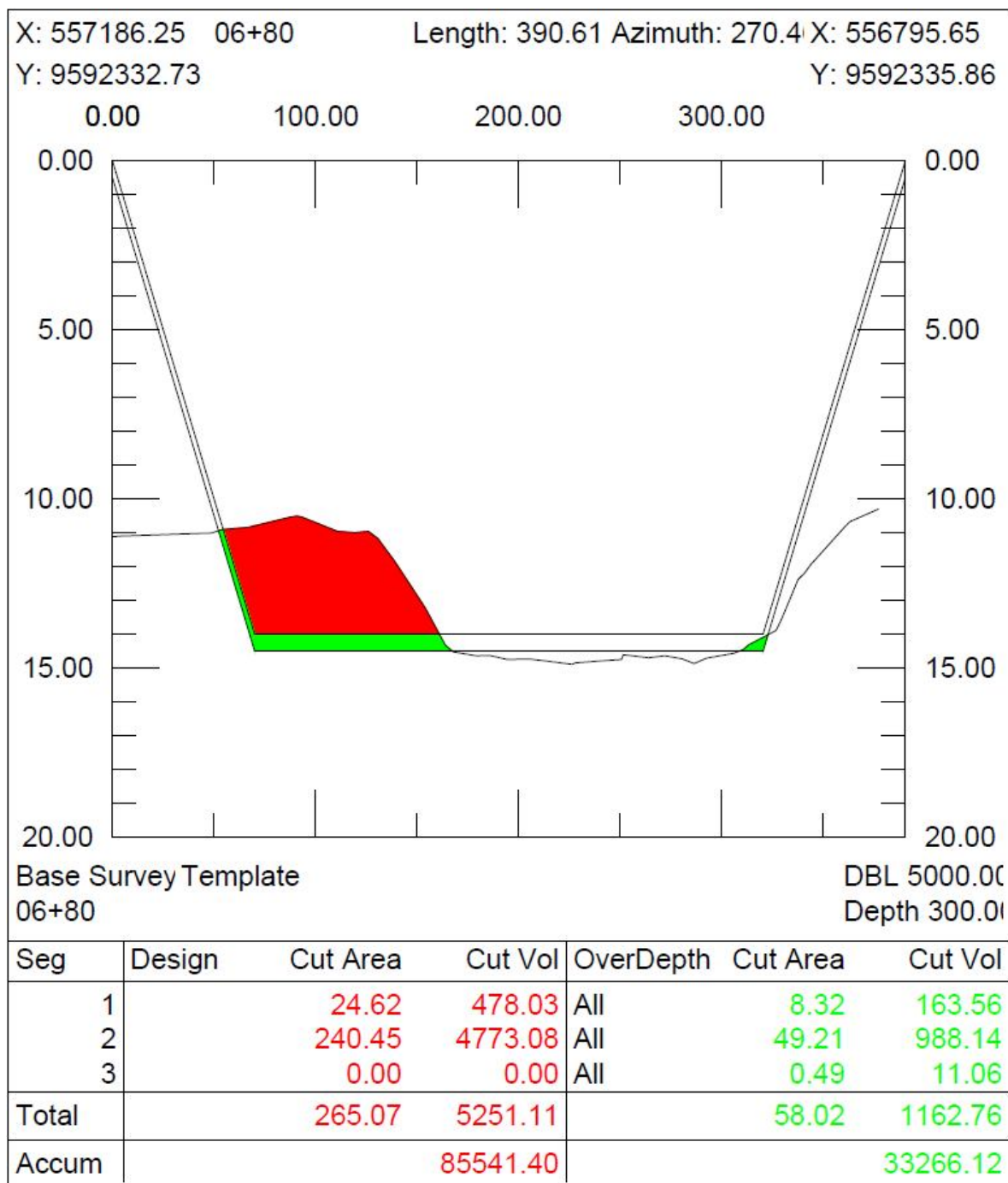


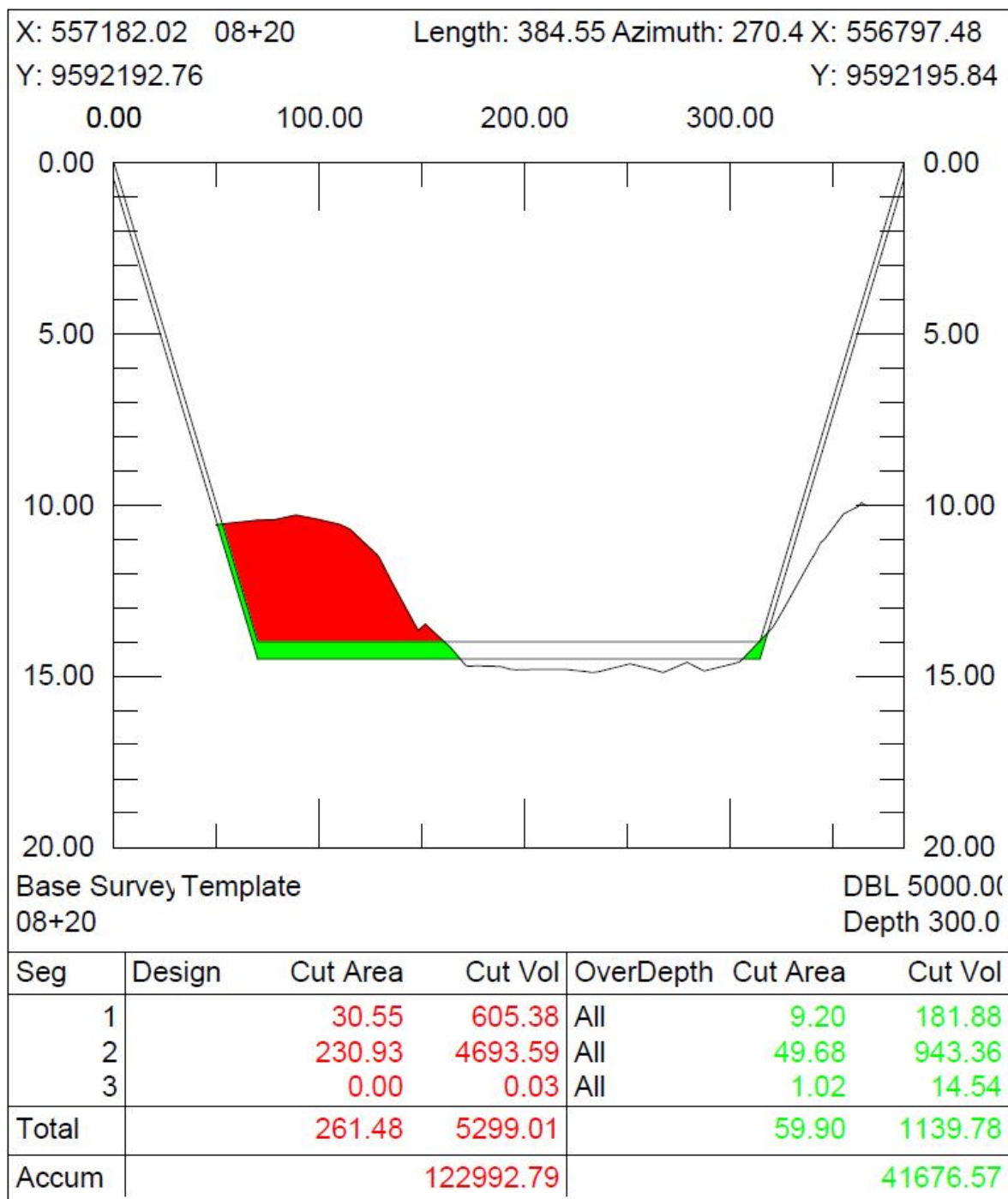


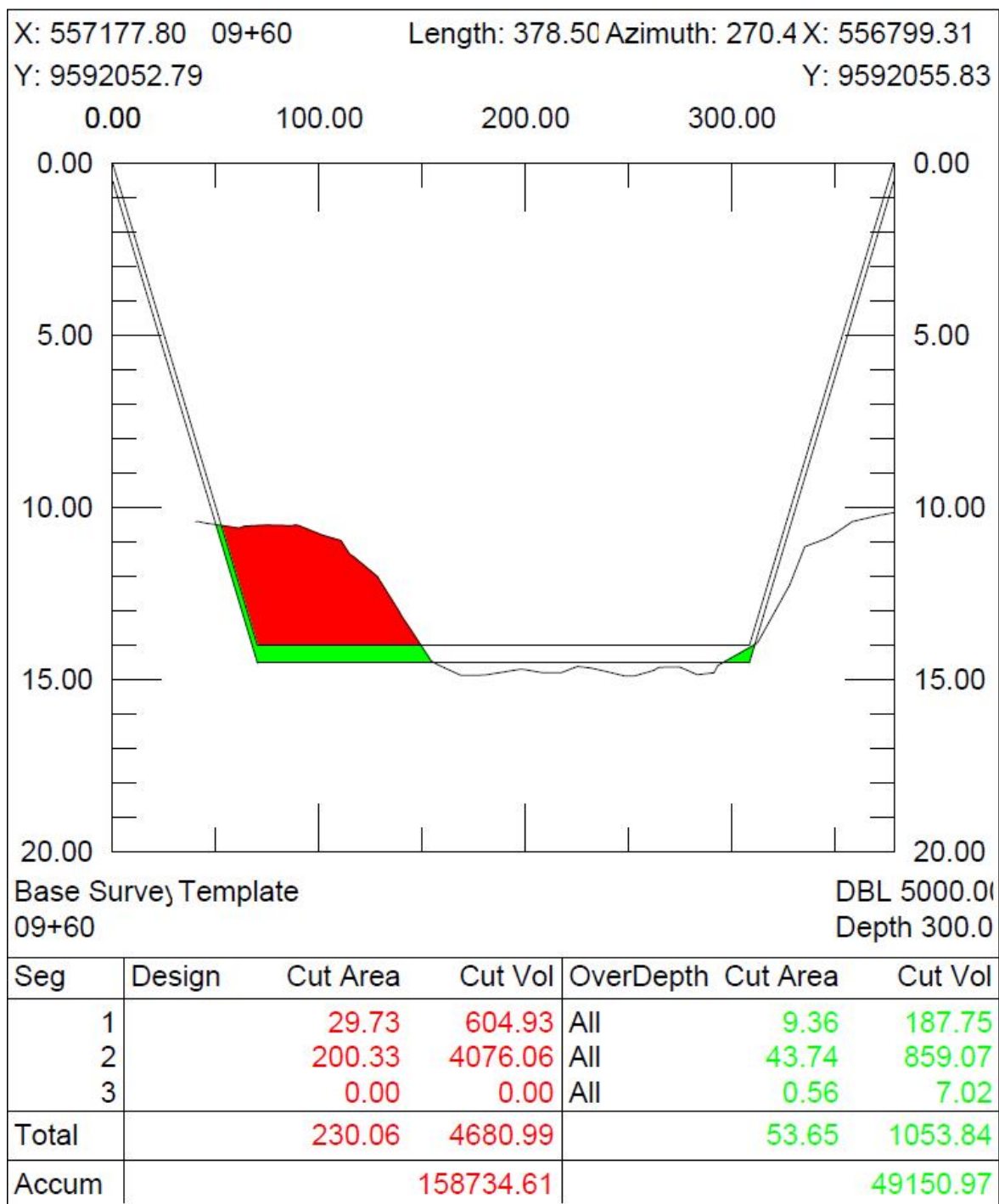


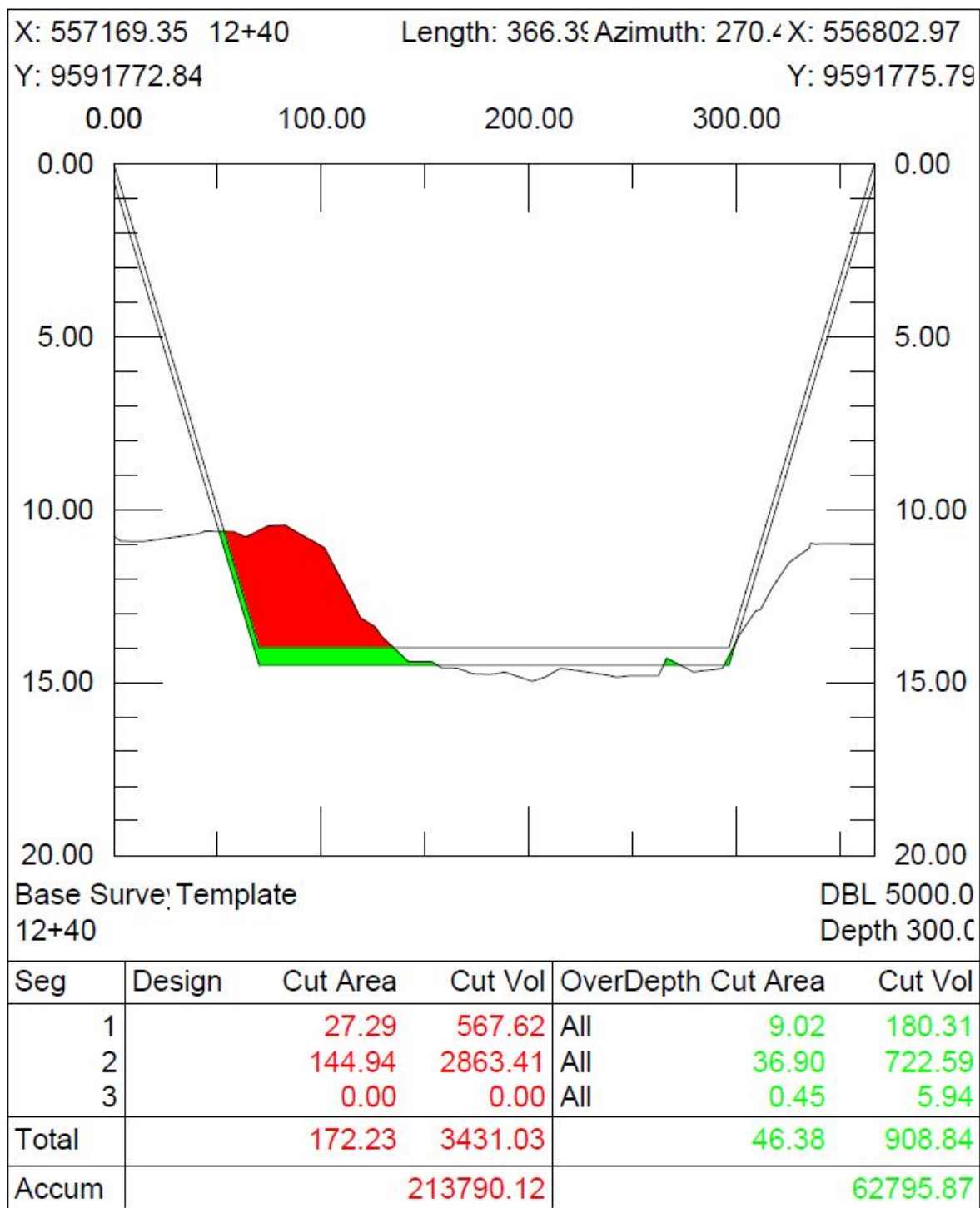




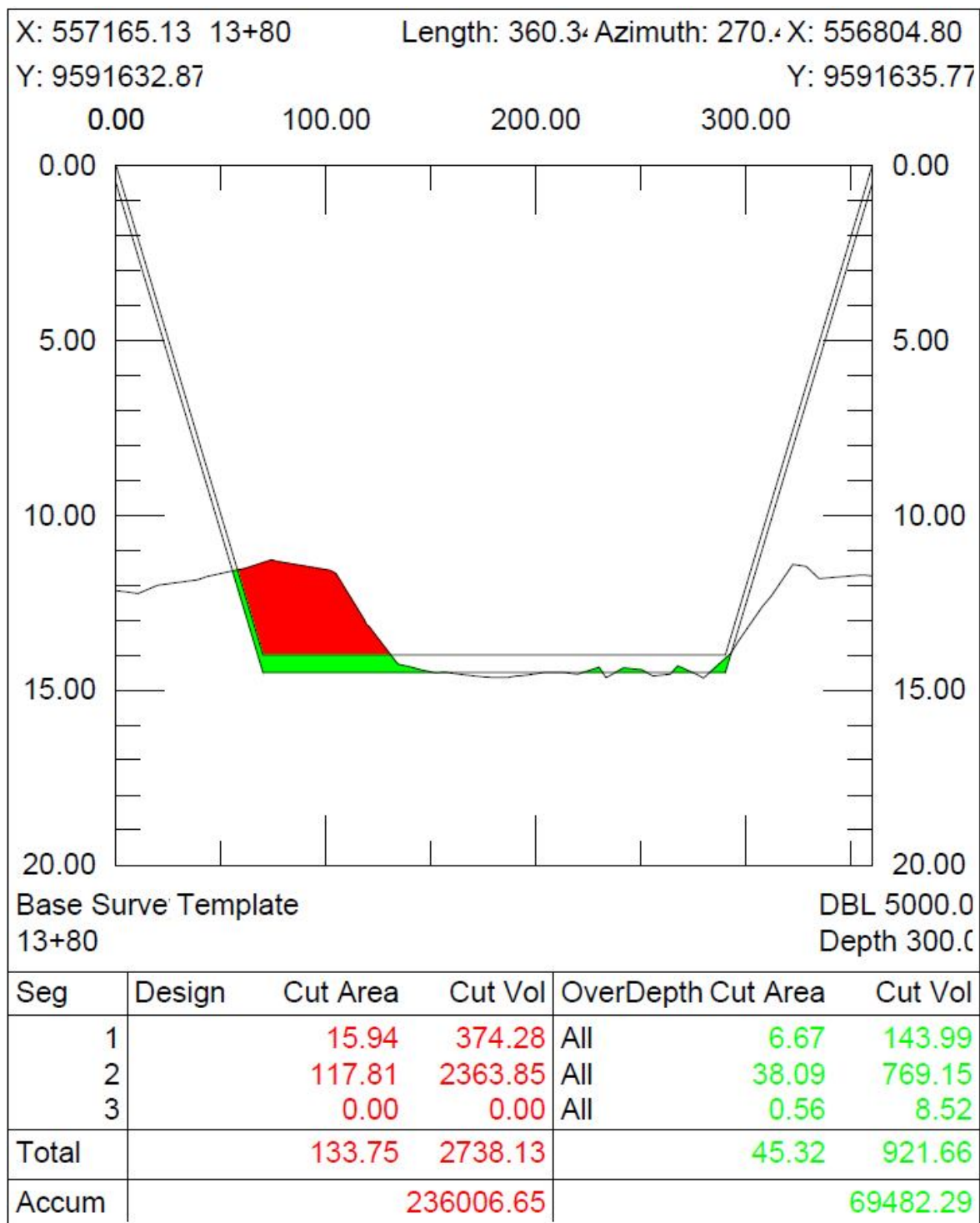


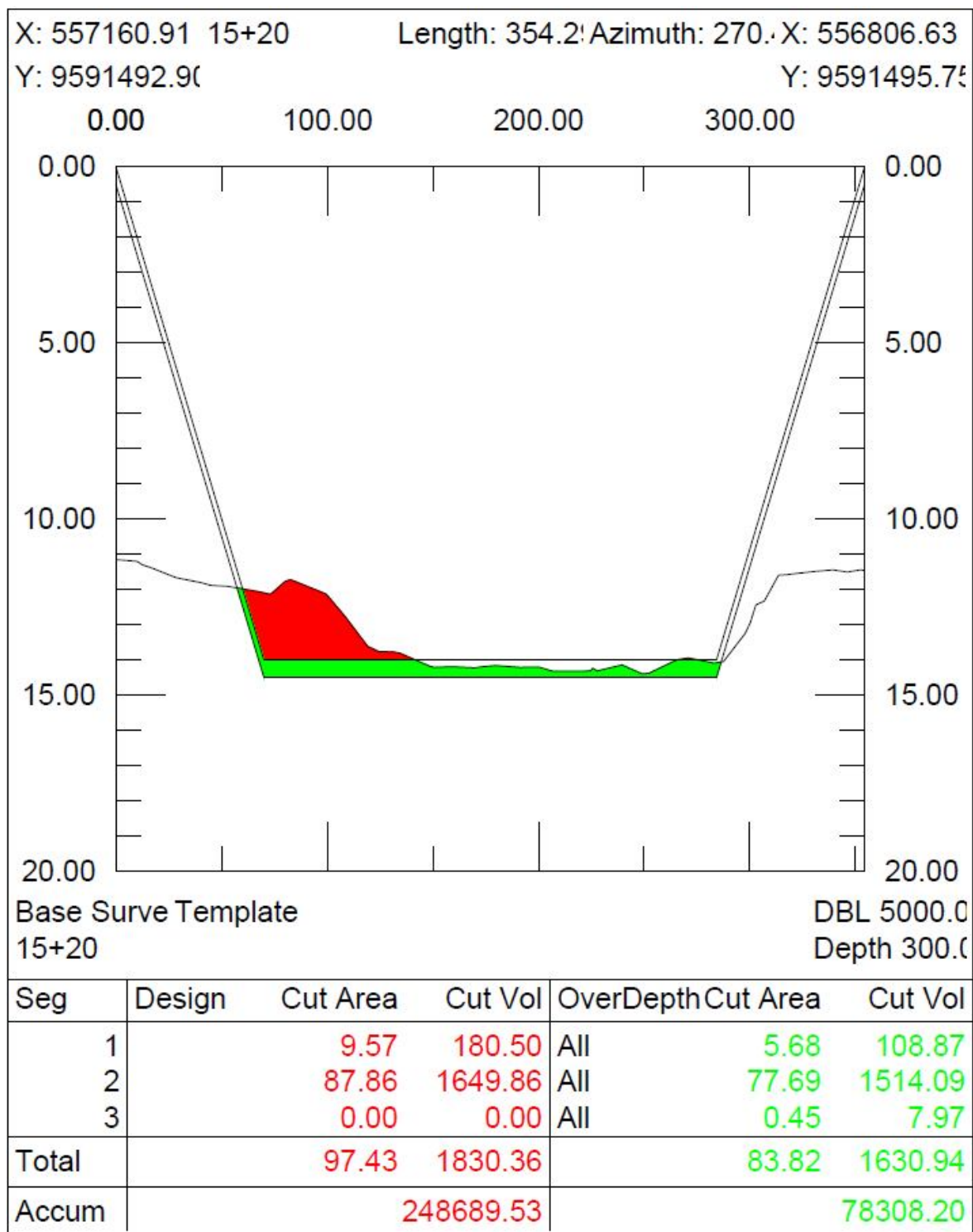


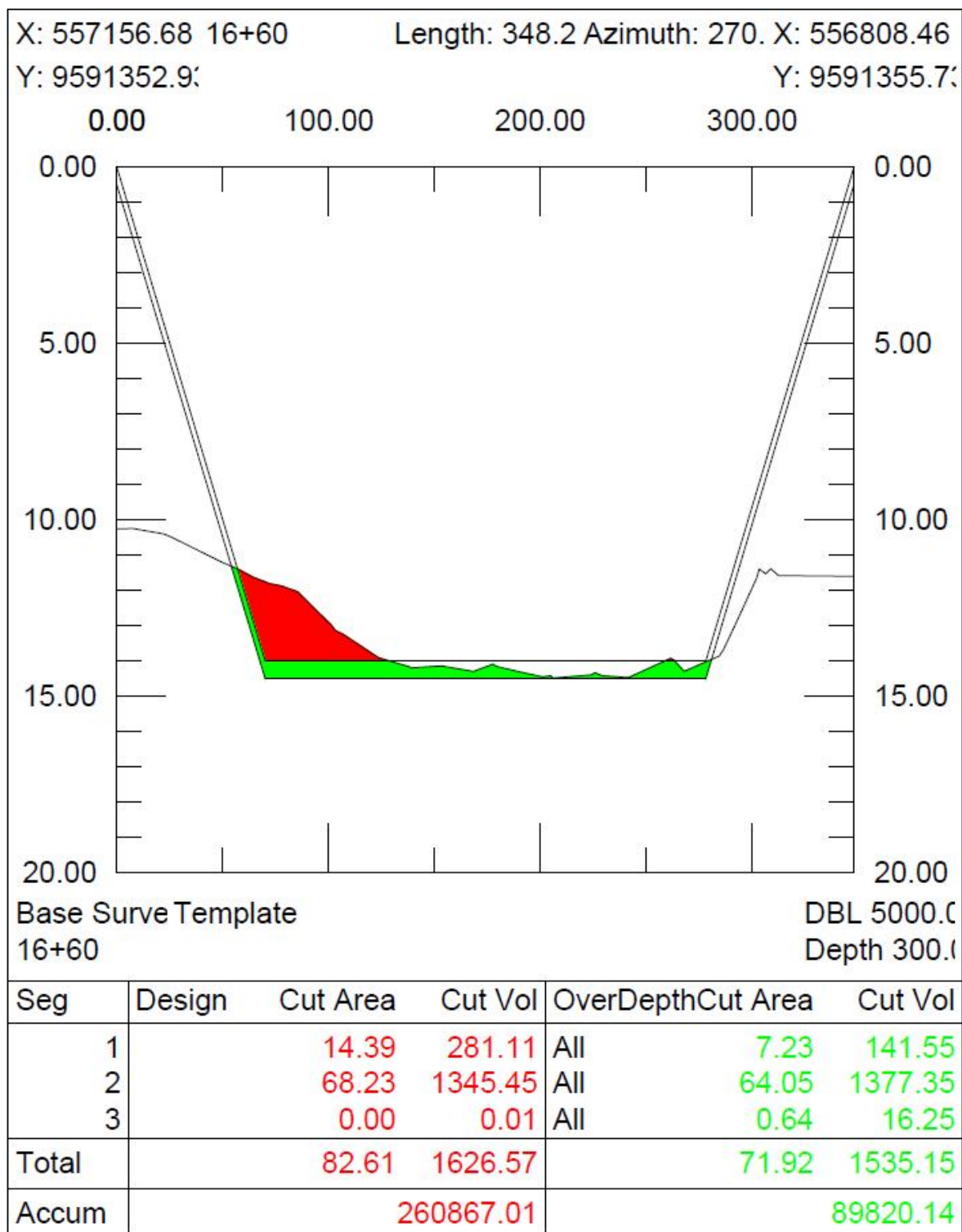


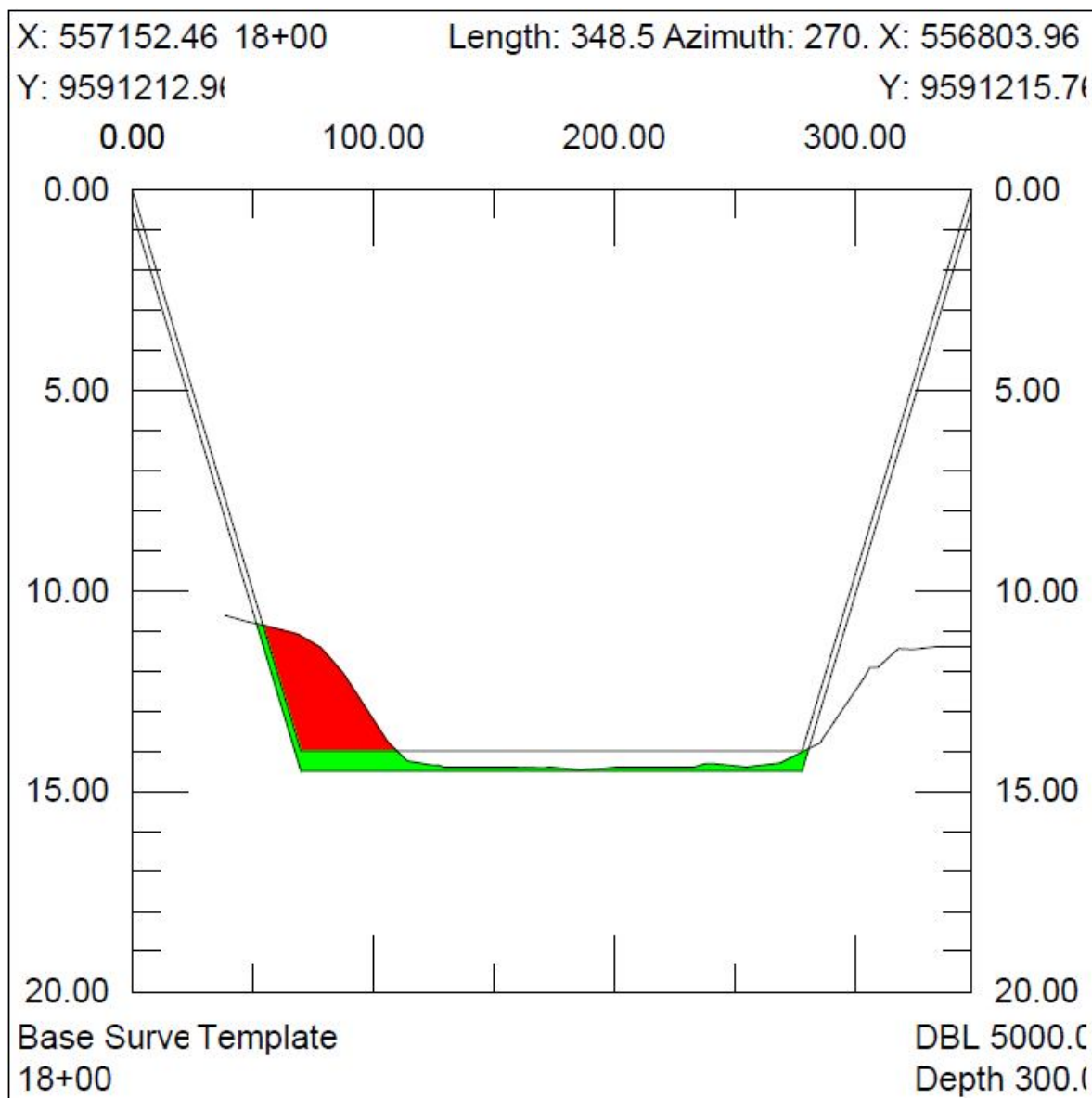




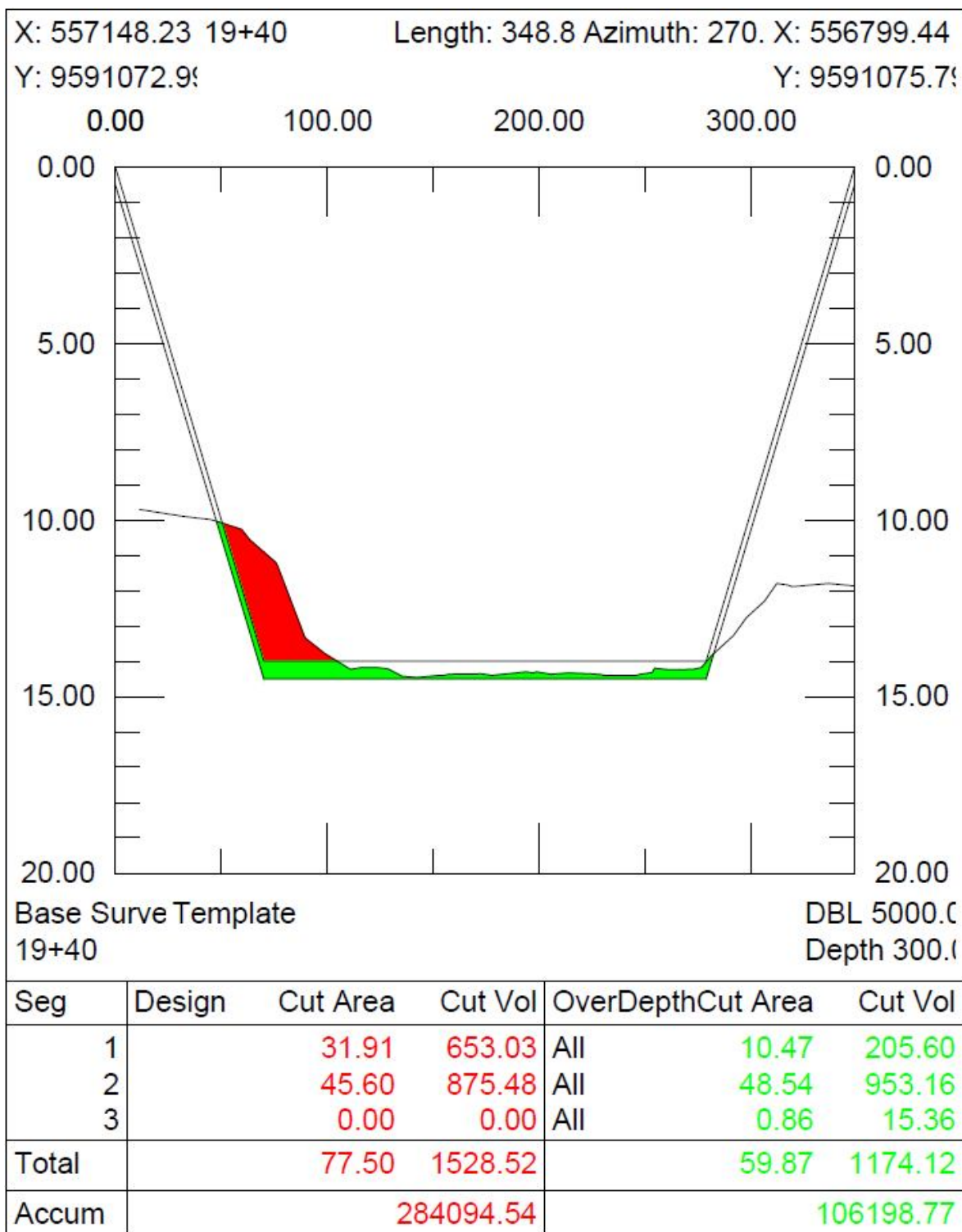




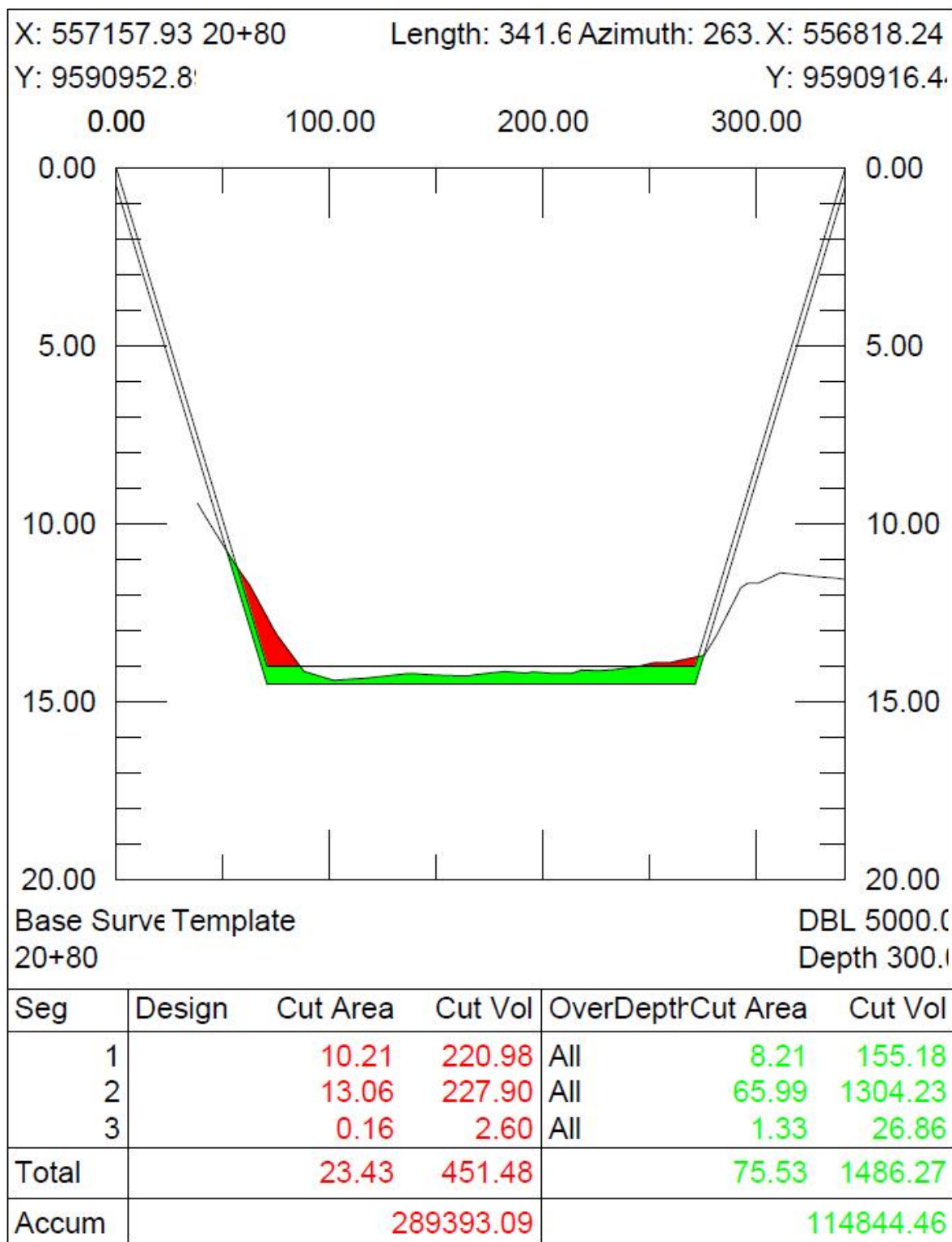


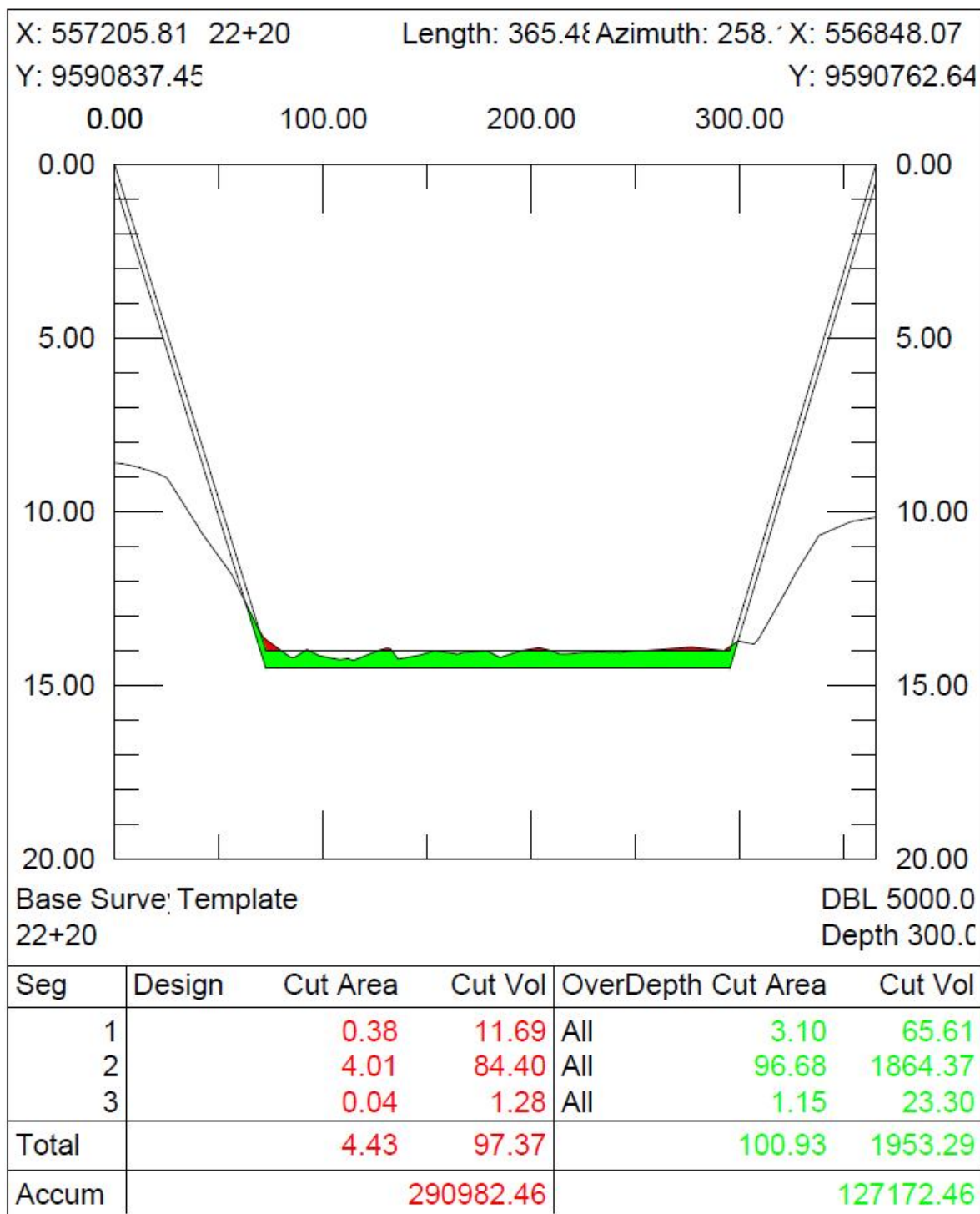


Seg	Design	Cut Area	Cut Vol	OverDepth	Cut Area	Cut Vol
1		22.67	423.58	All	8.52	167.18
2		64.01	1248.95	All	41.86	831.29
3		0.00	0.00	All	0.67	10.36
Total		86.68	1672.52		51.04	1008.83
Accum			272245.59			98588.34

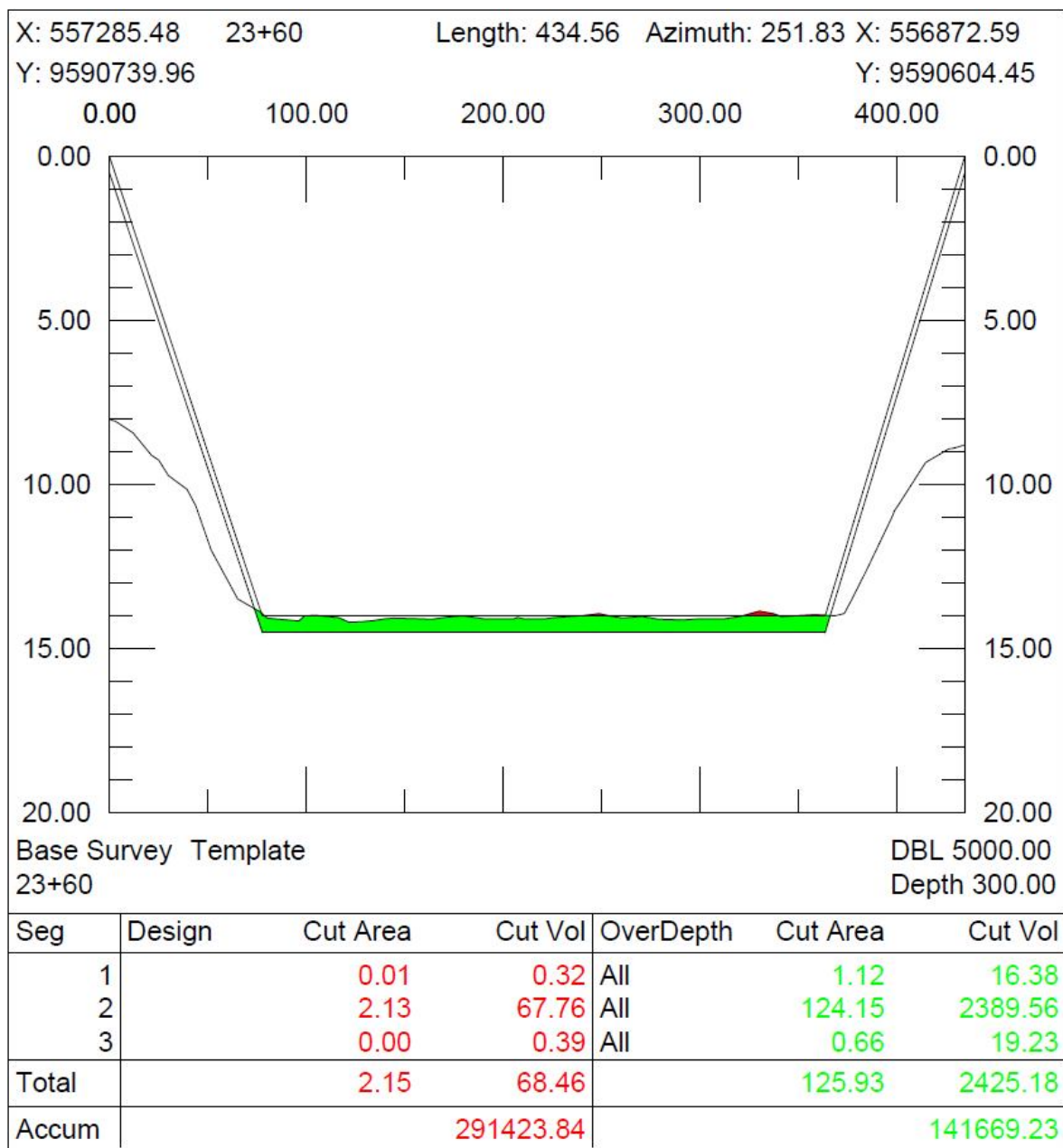


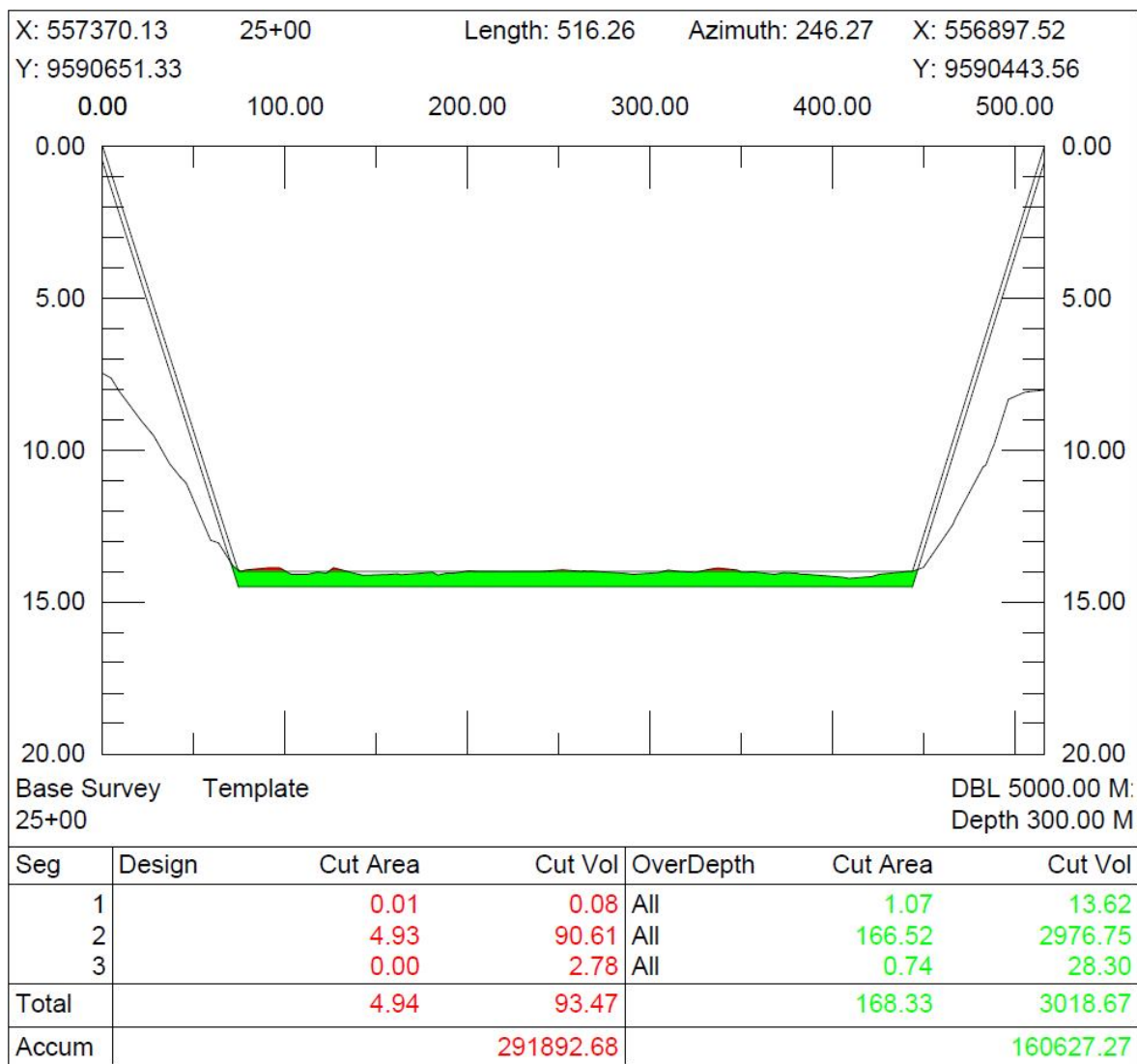


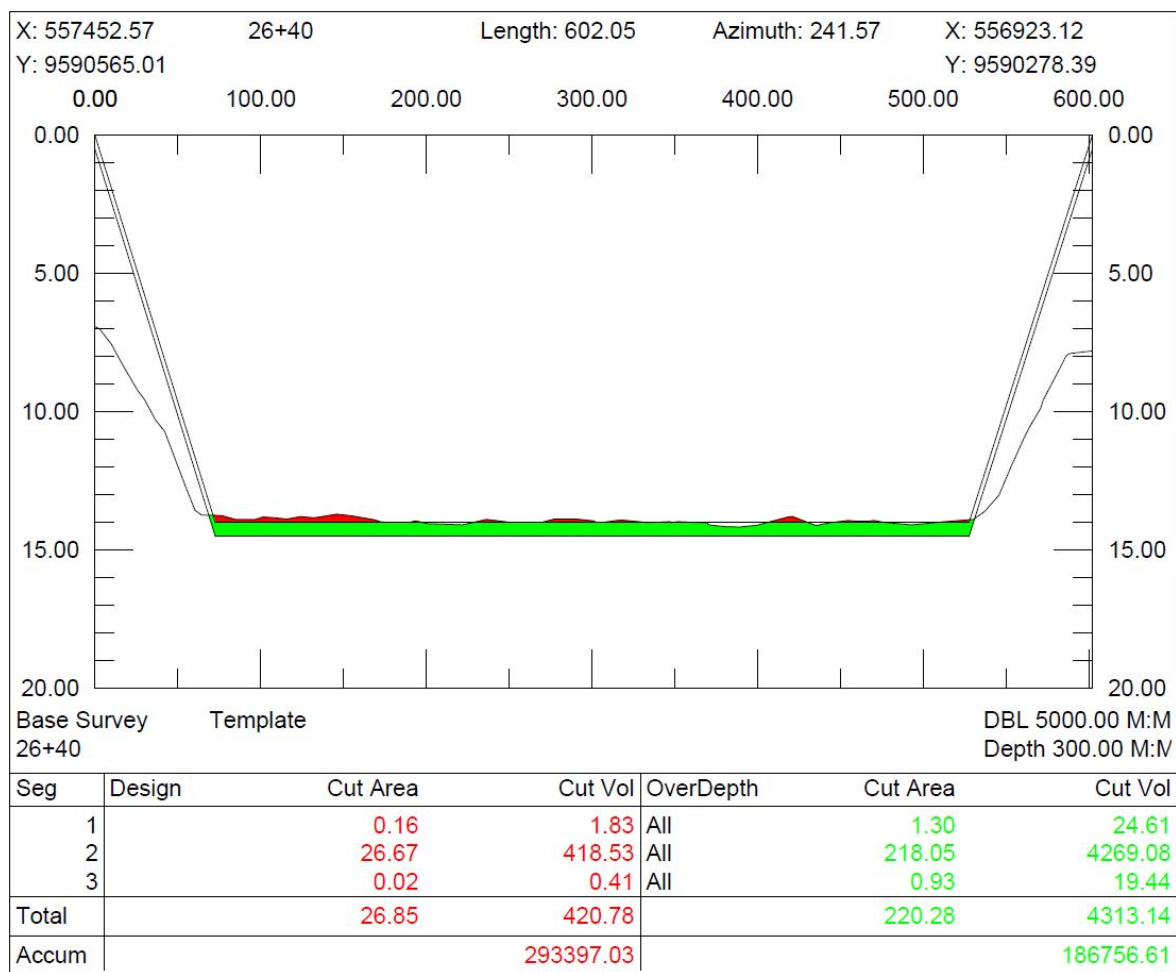


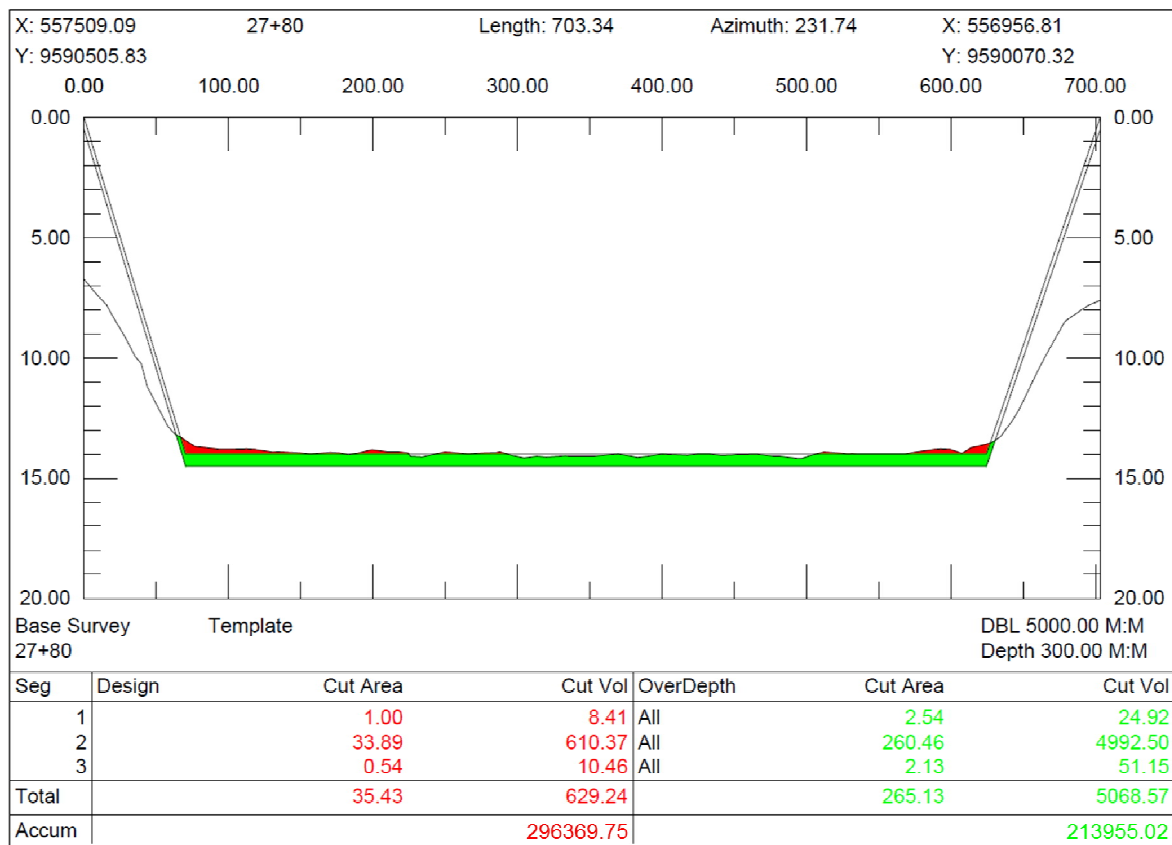






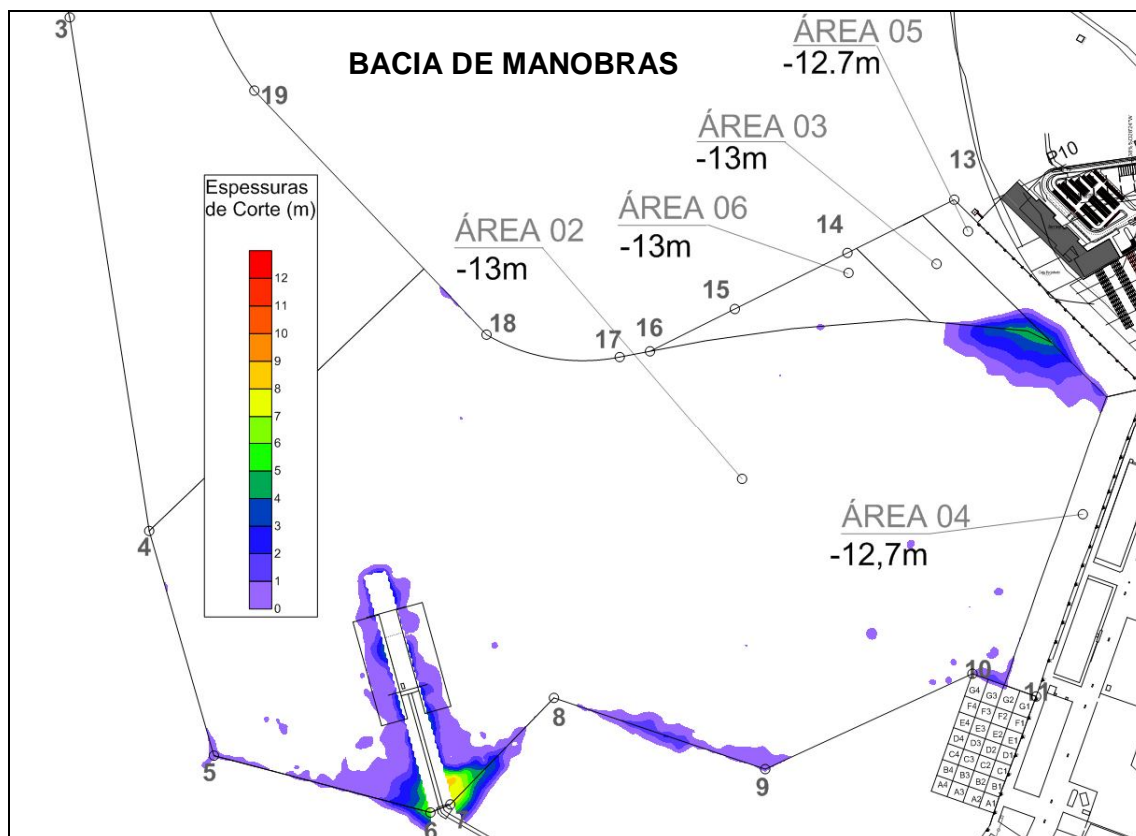


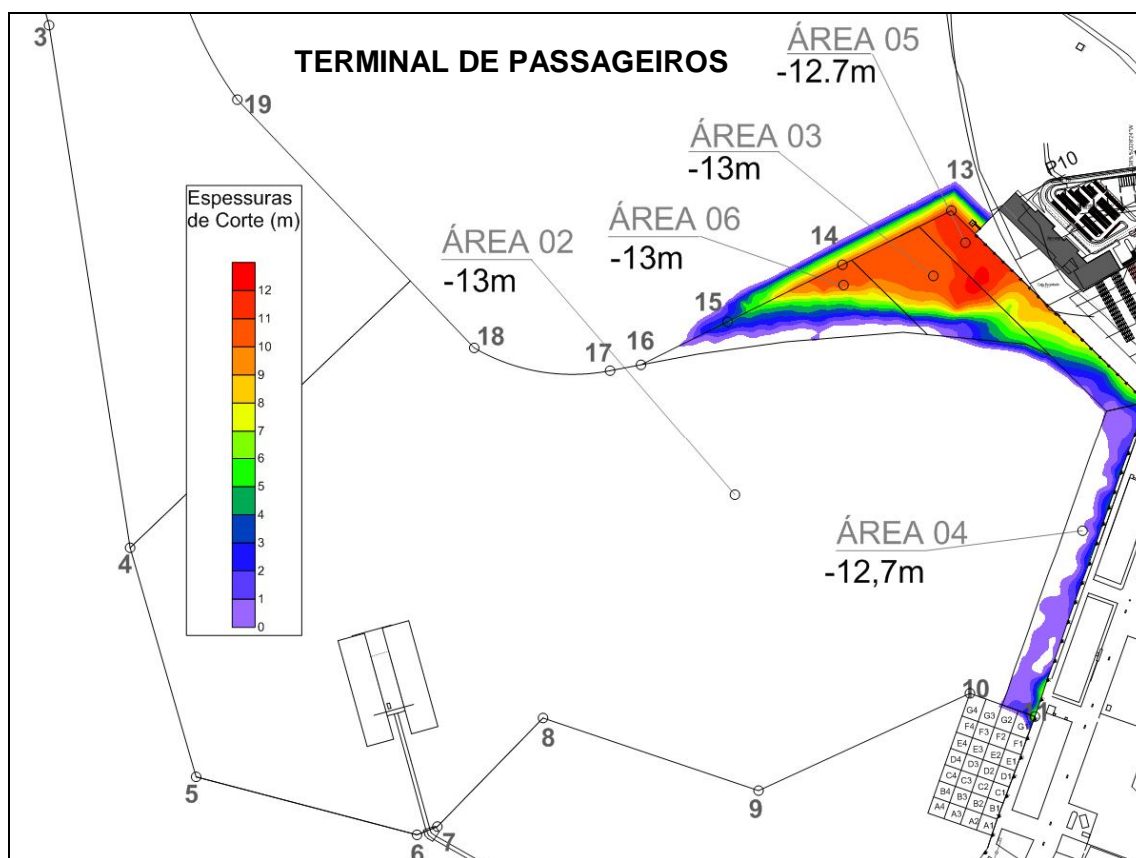






**ANEXO B - Desenho com as alturas de corte de  
dragagem na Bacia de Manobras e  
no Terminal de Passageiros**

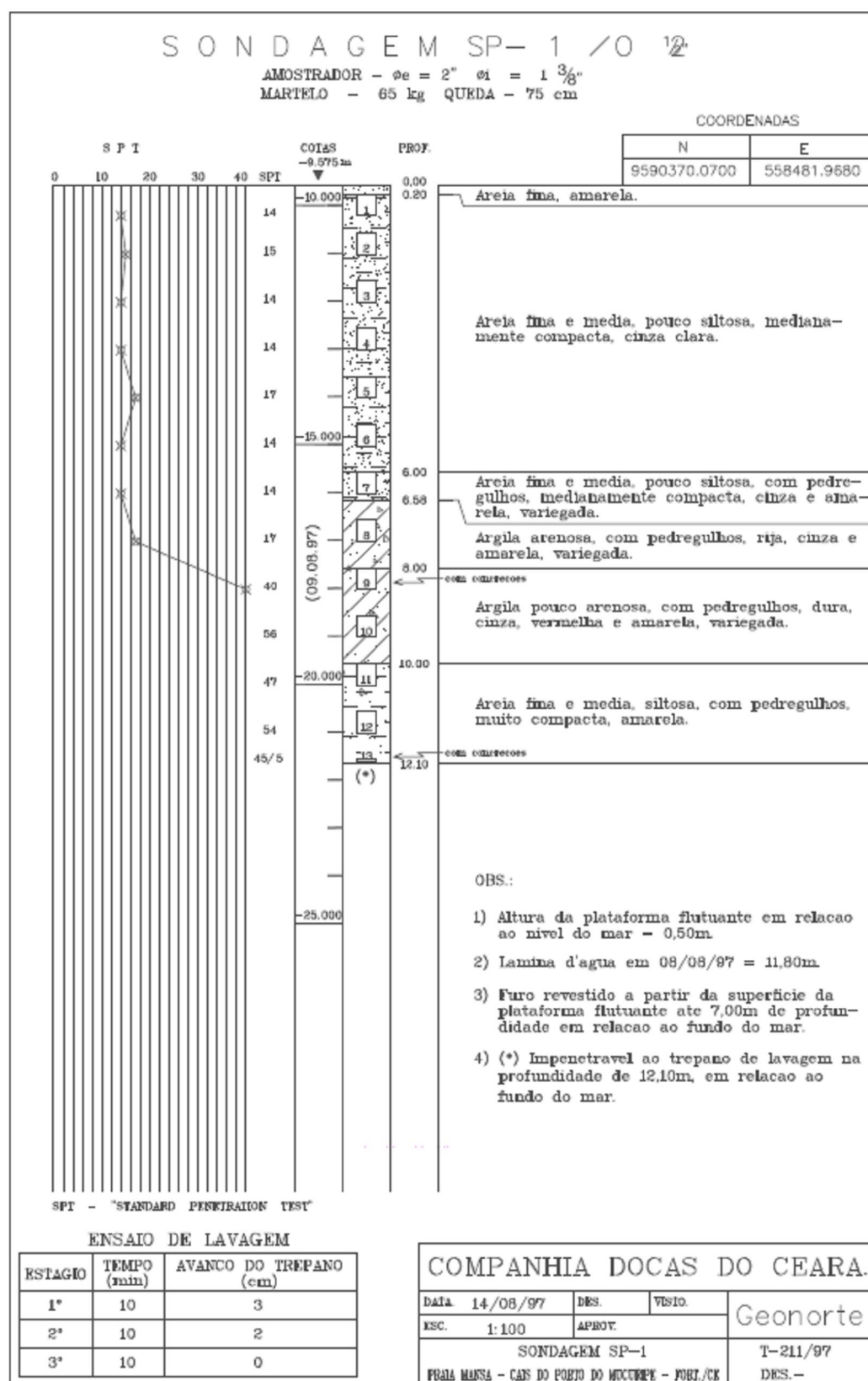




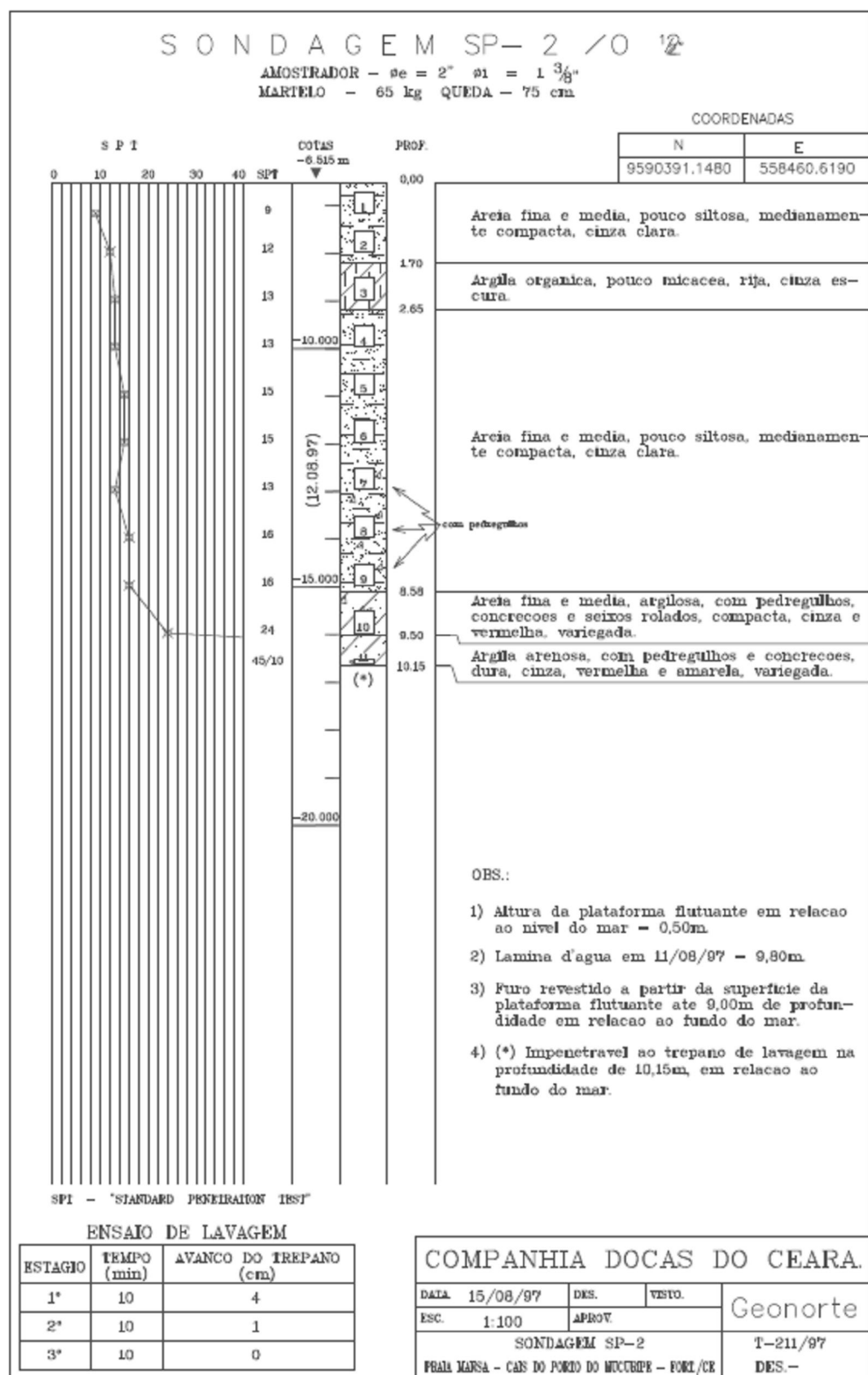


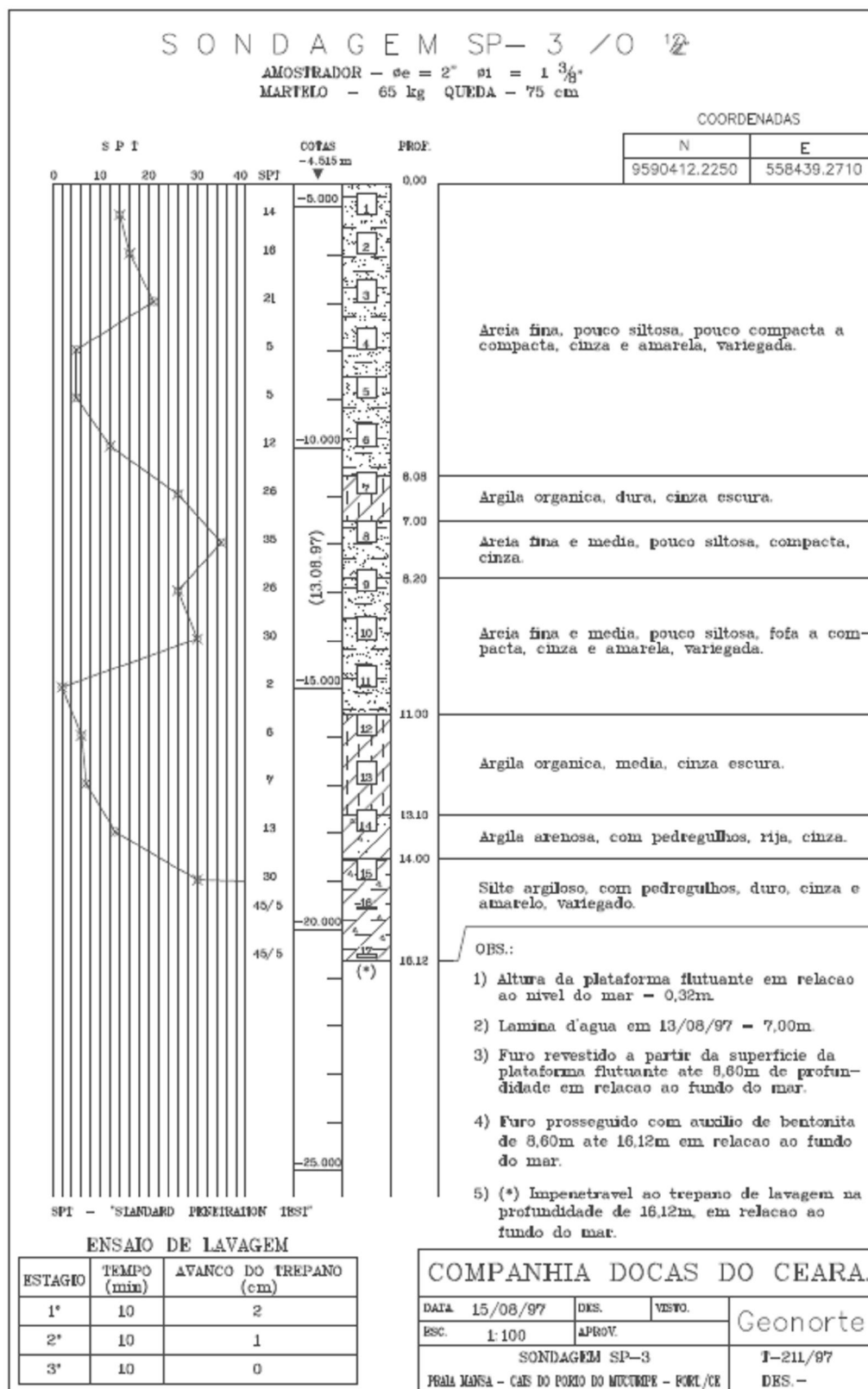


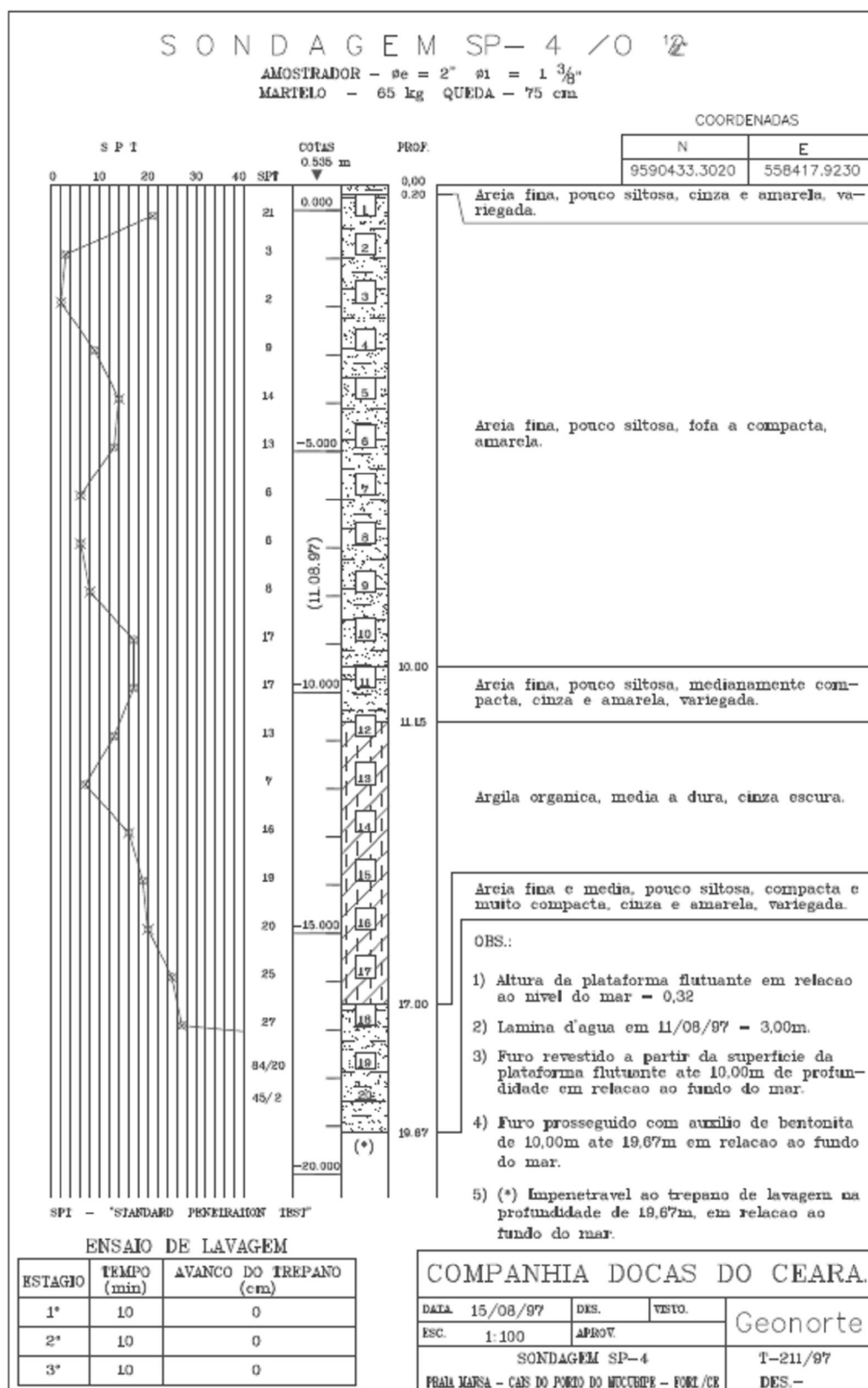
## **ANEXO C - Perfis de sondagens realizadas pela empresa Geonorte – 1997**

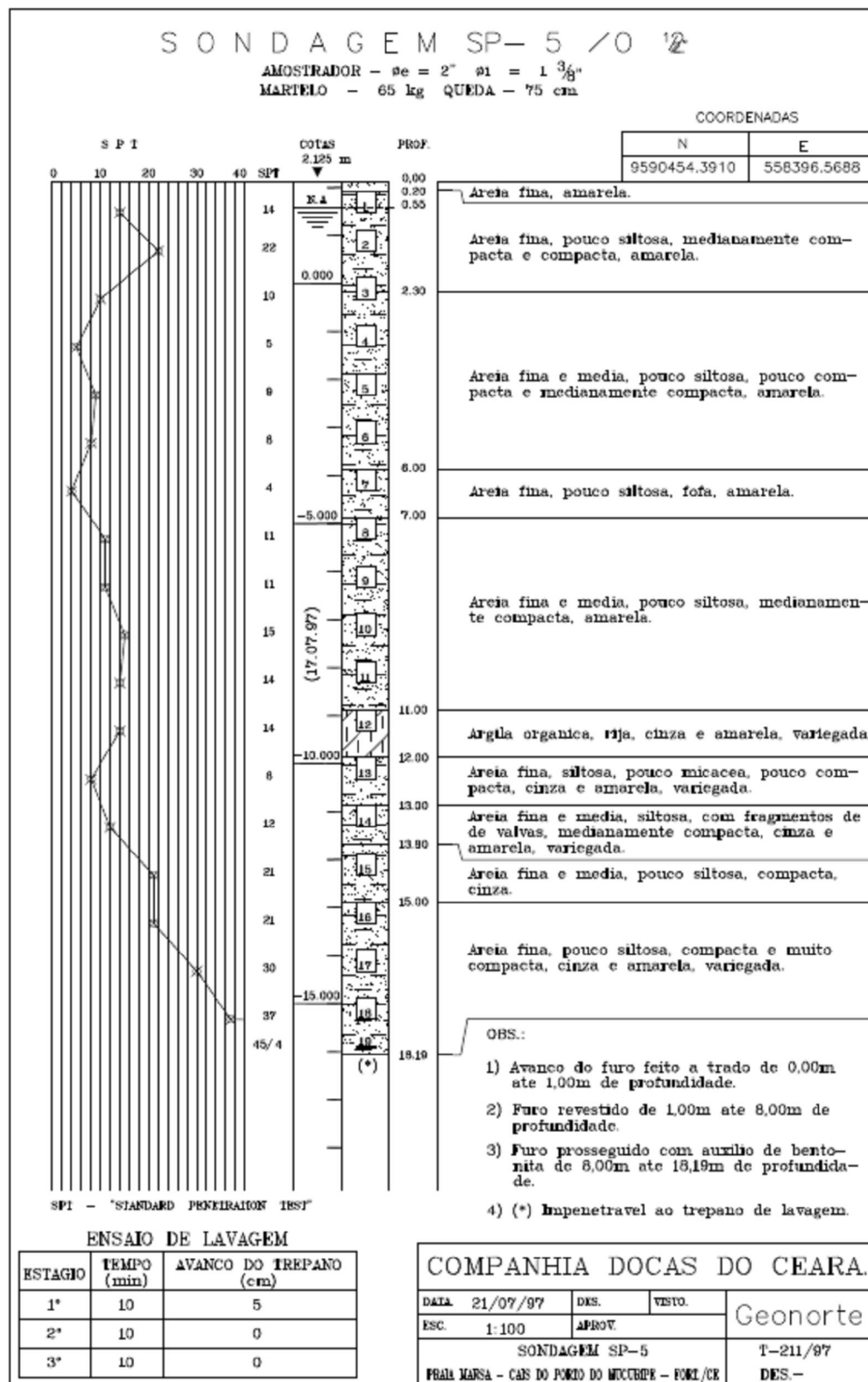




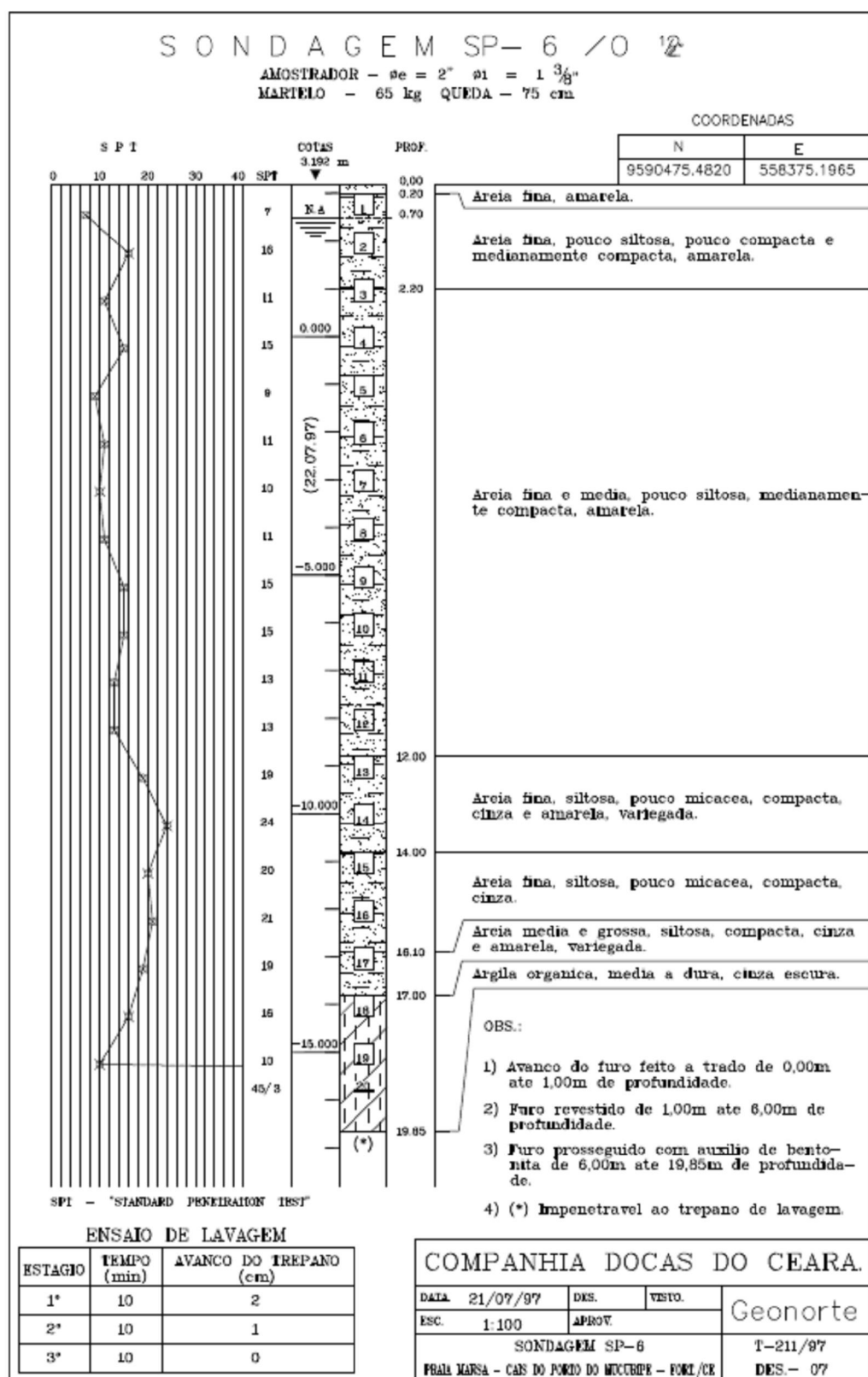


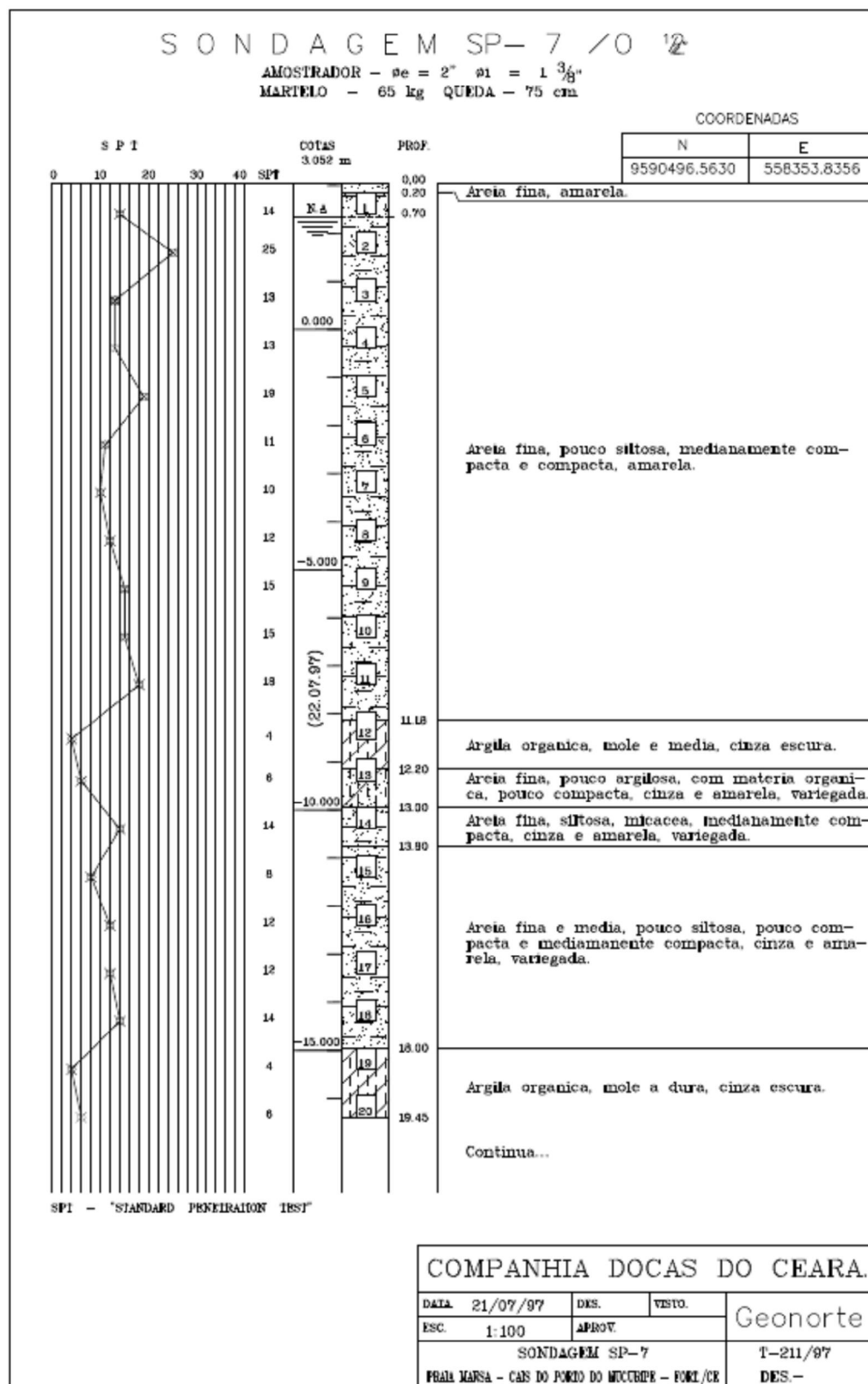


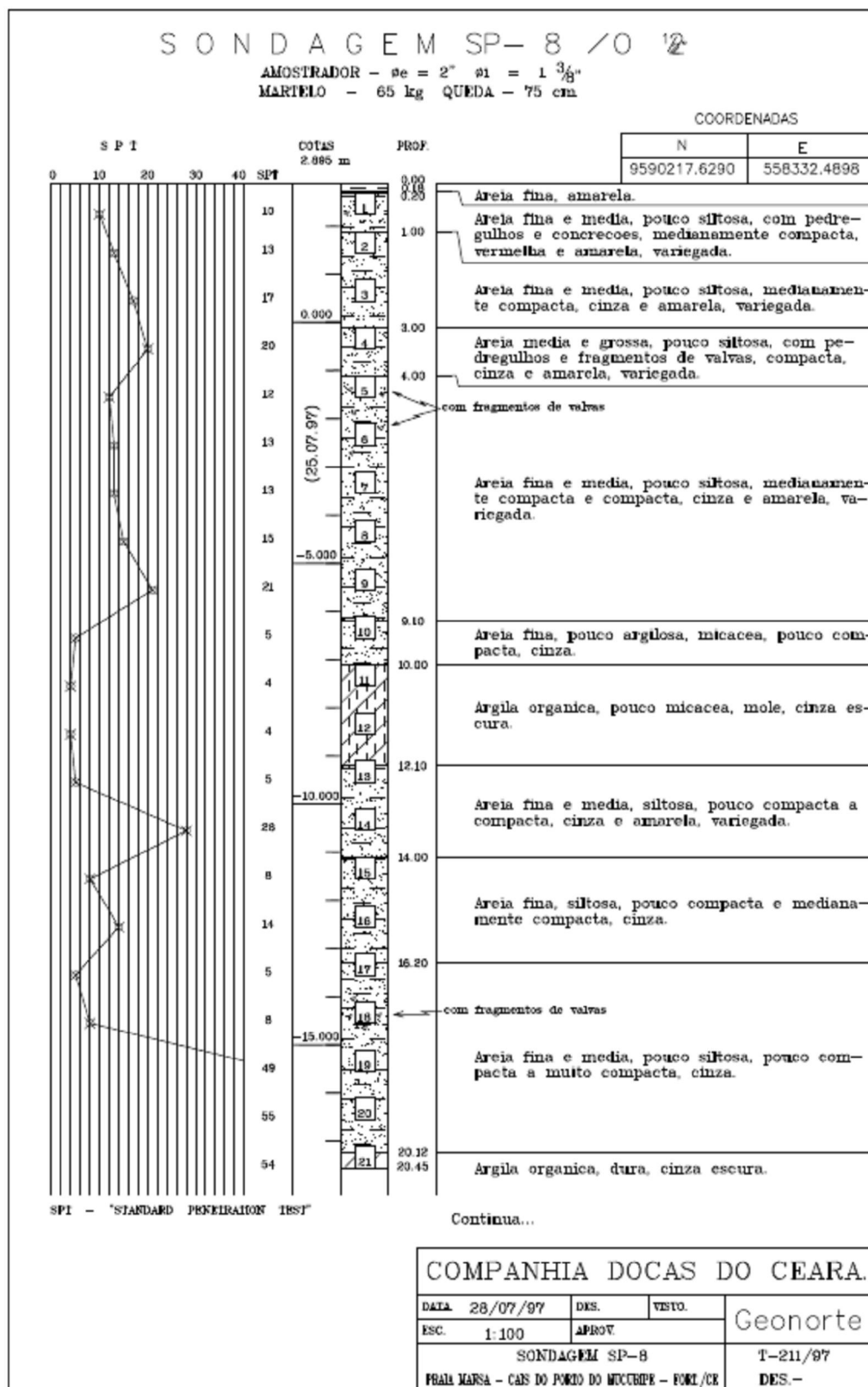


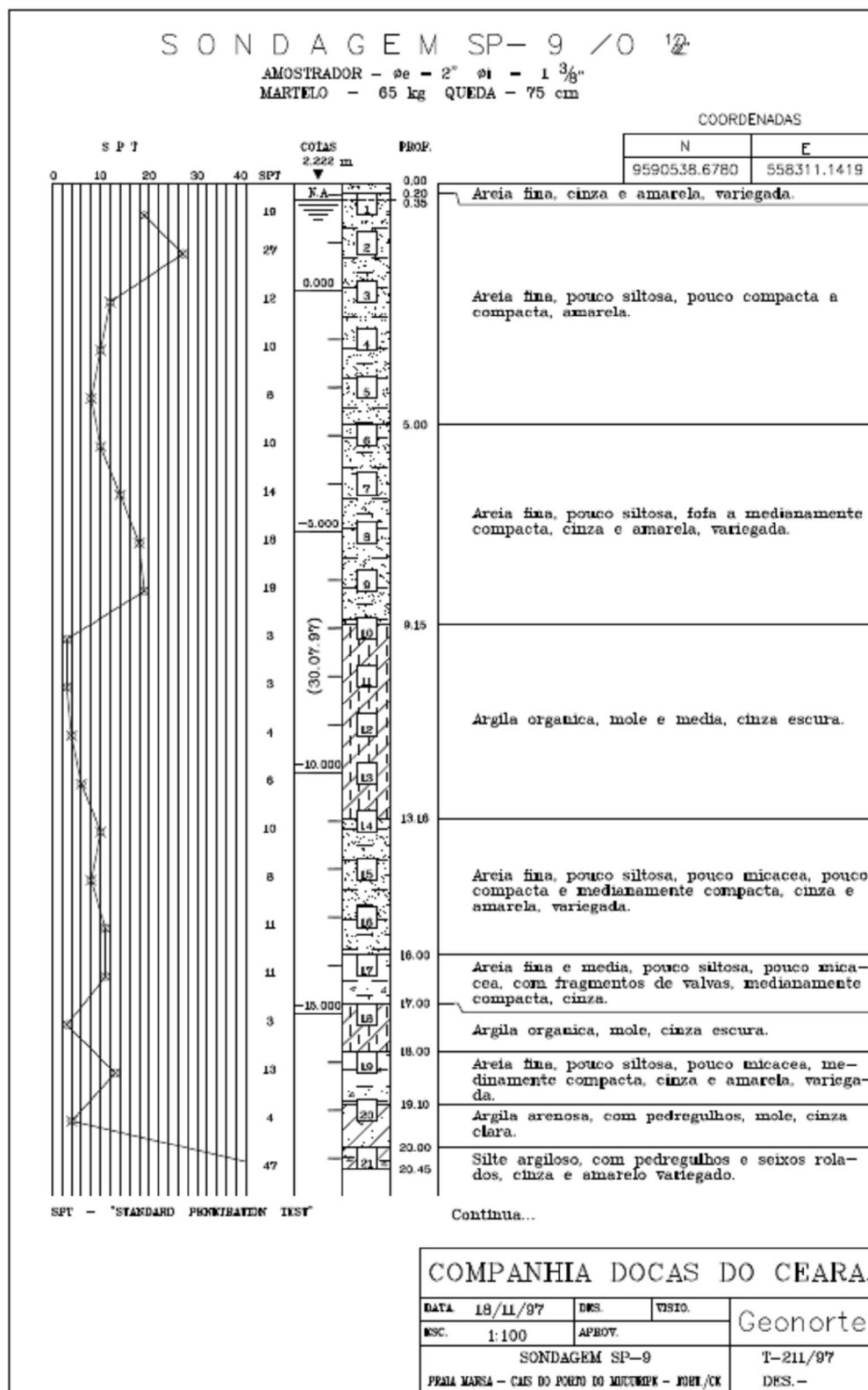


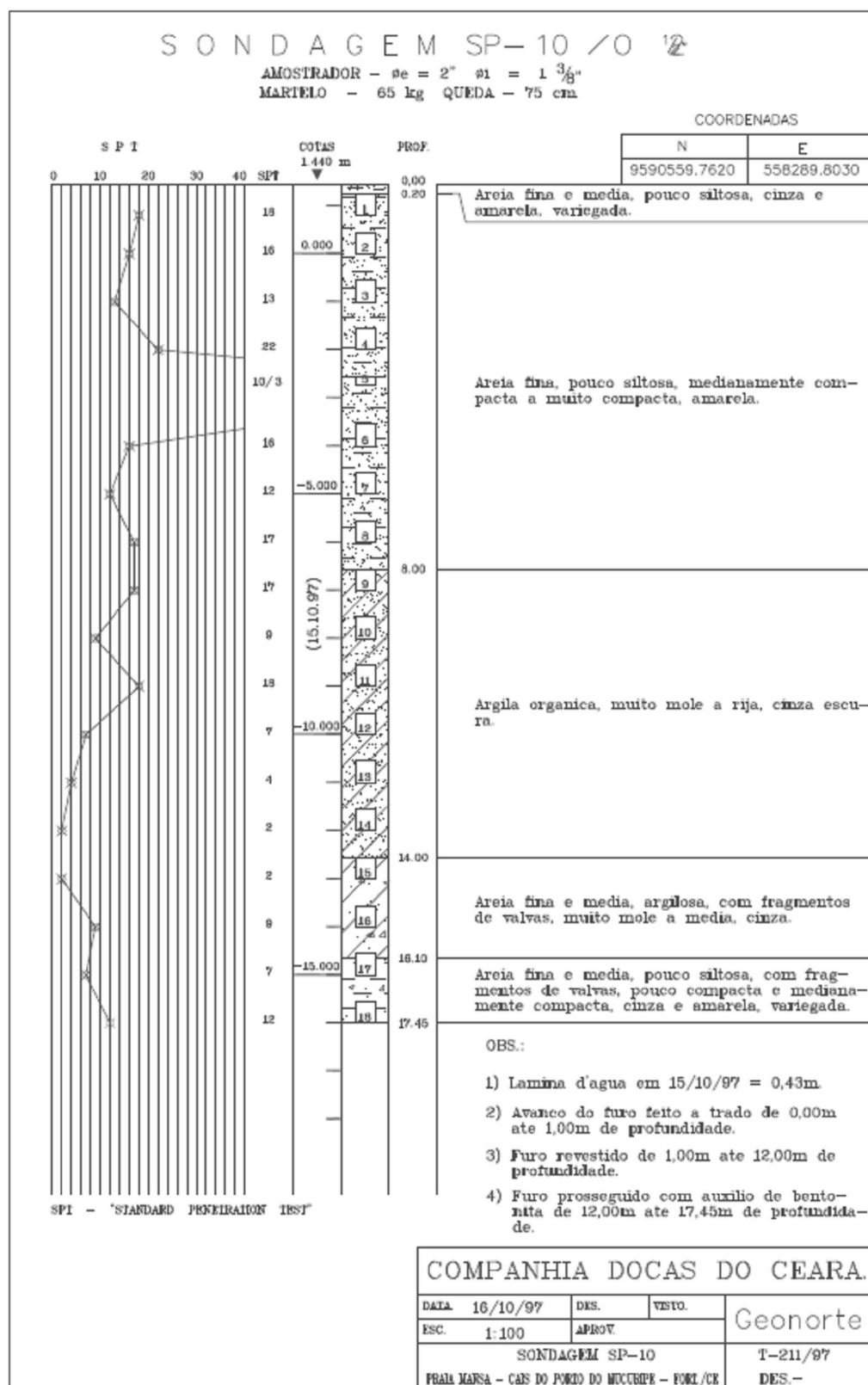


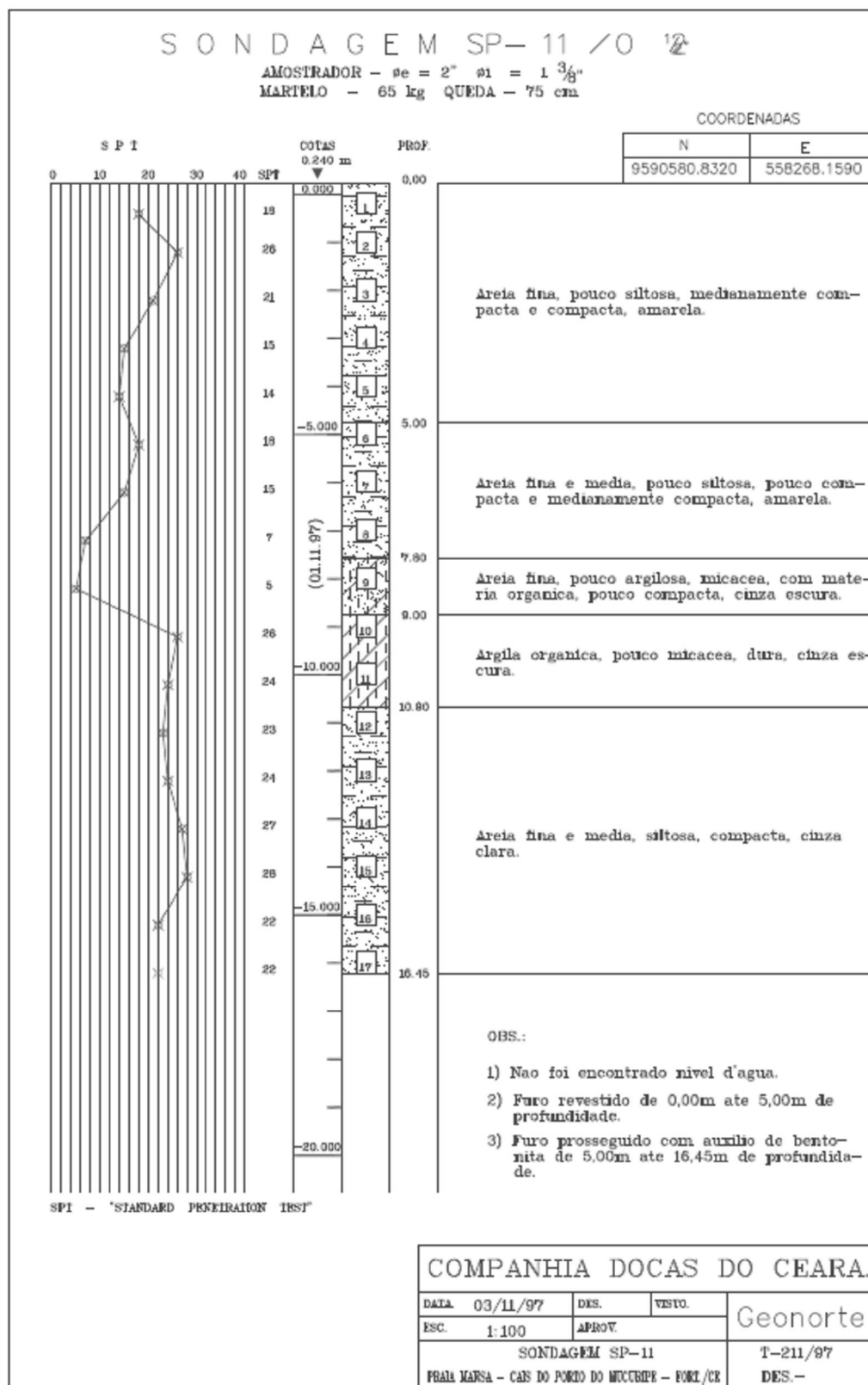


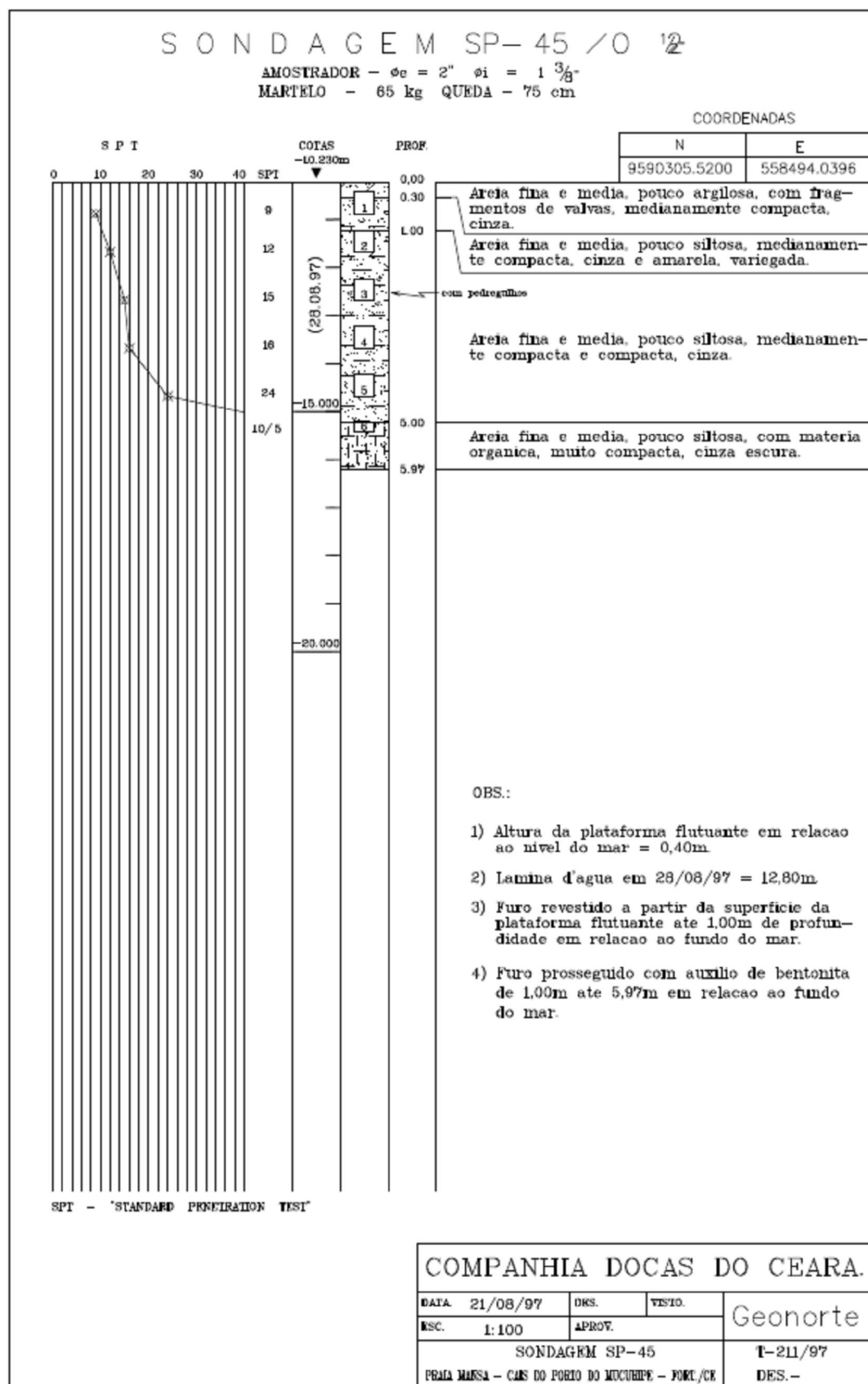




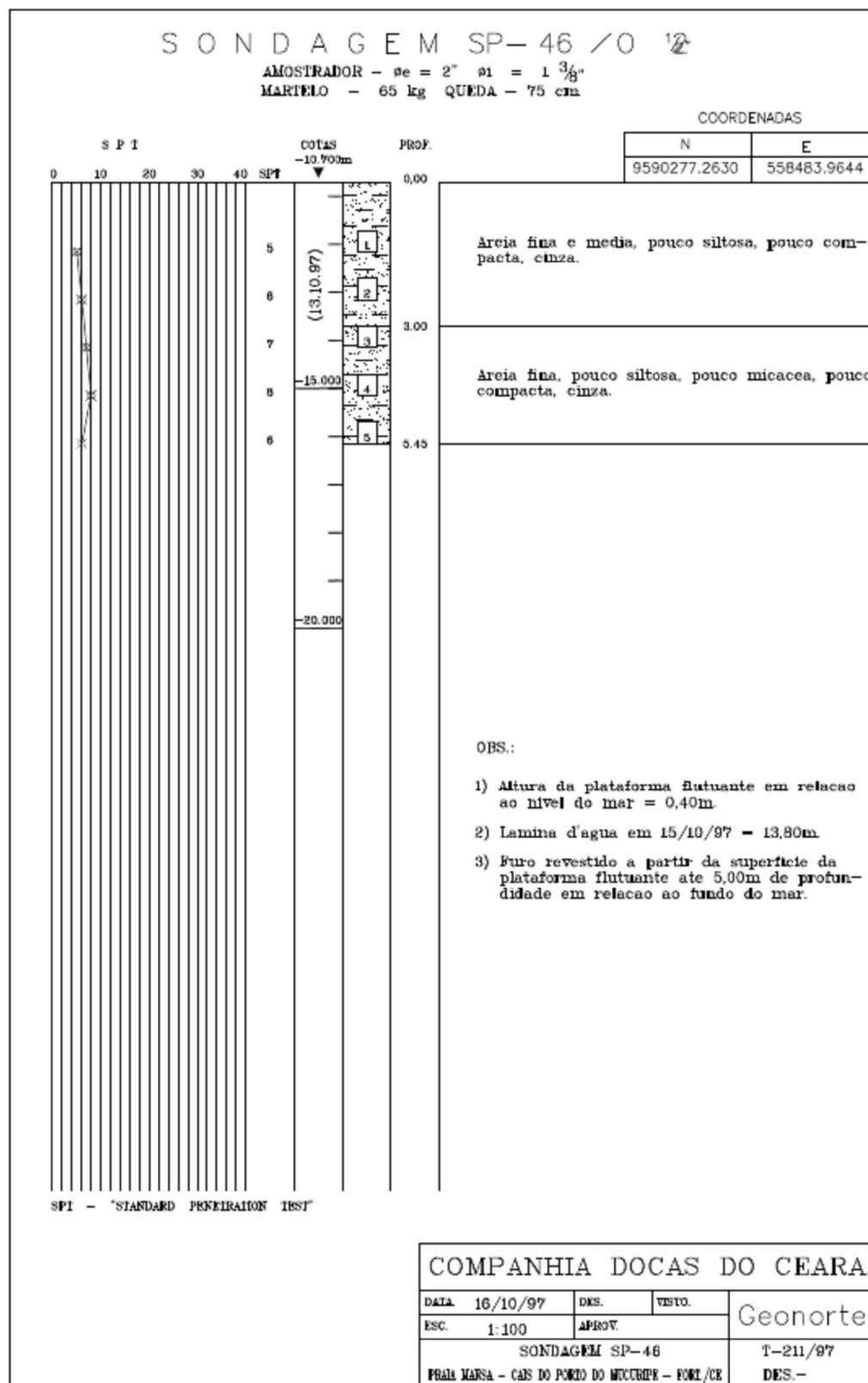


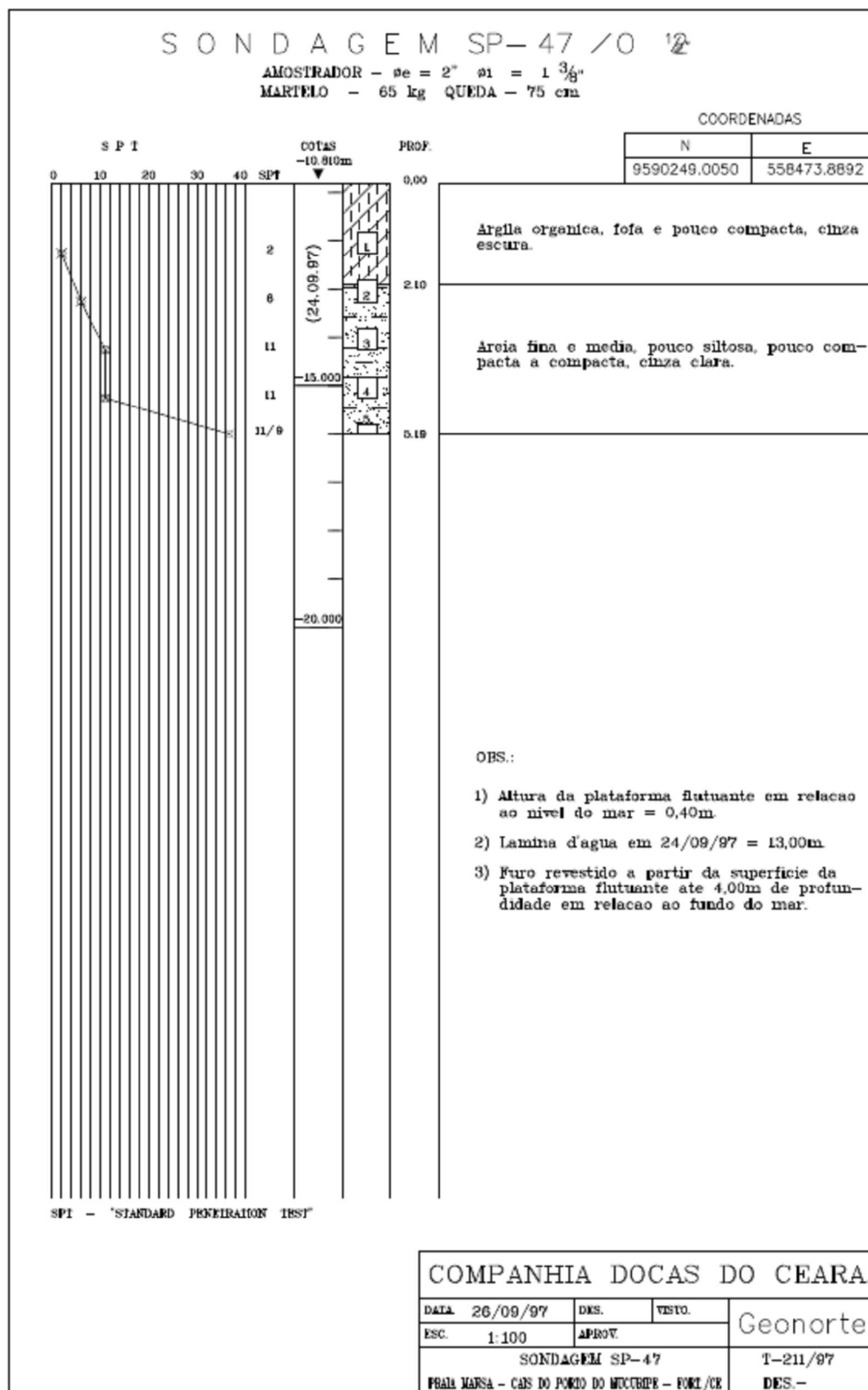


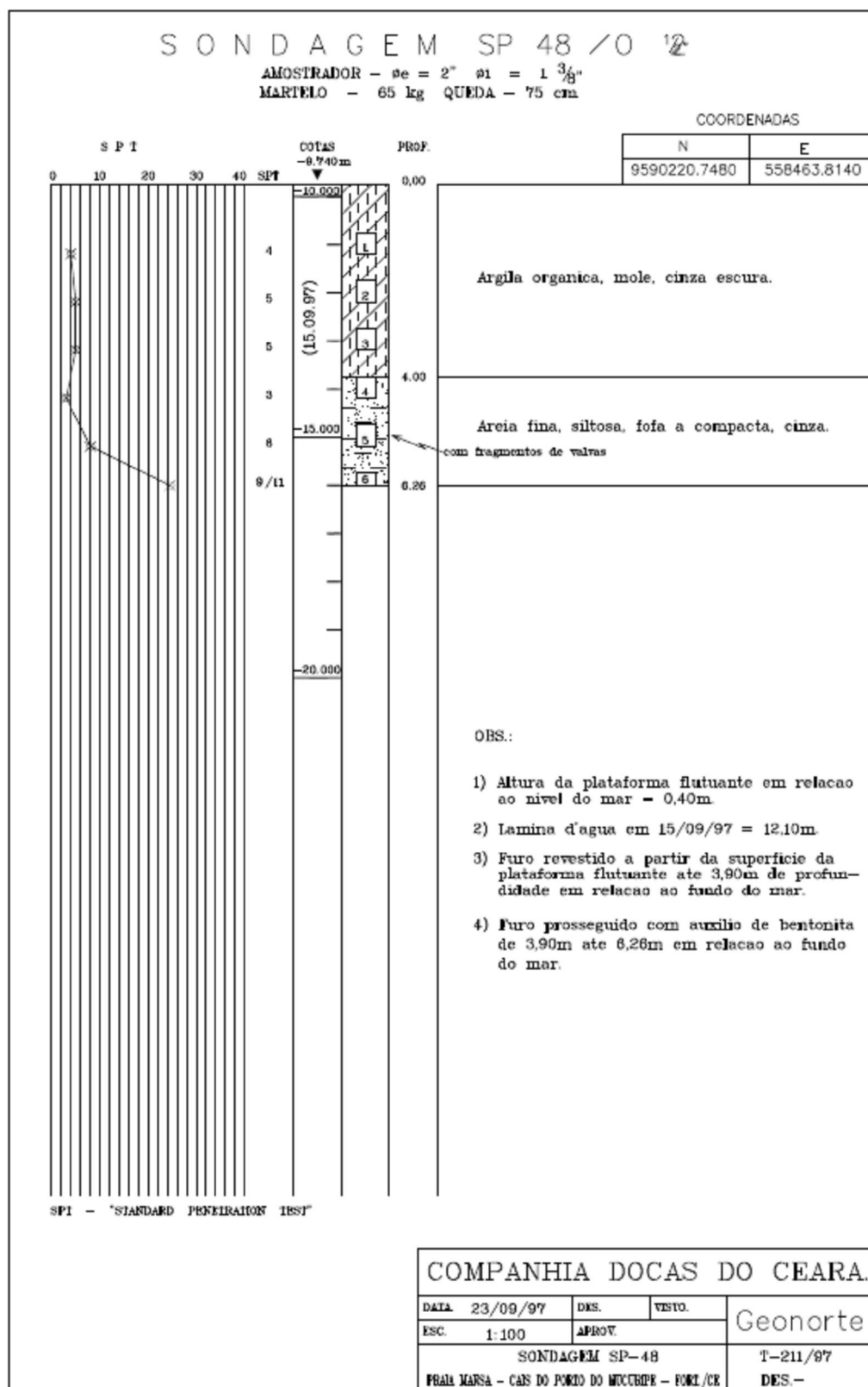


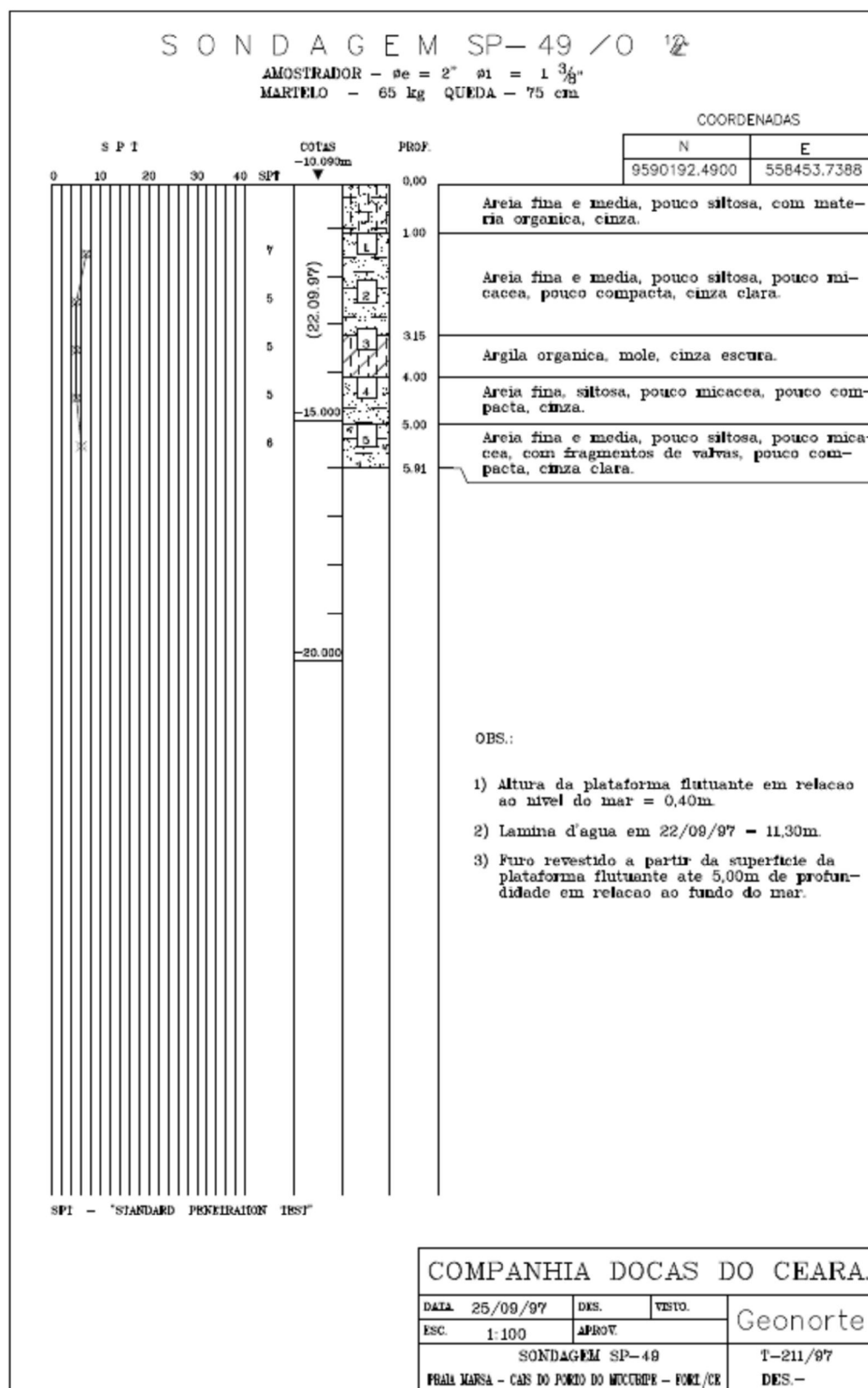


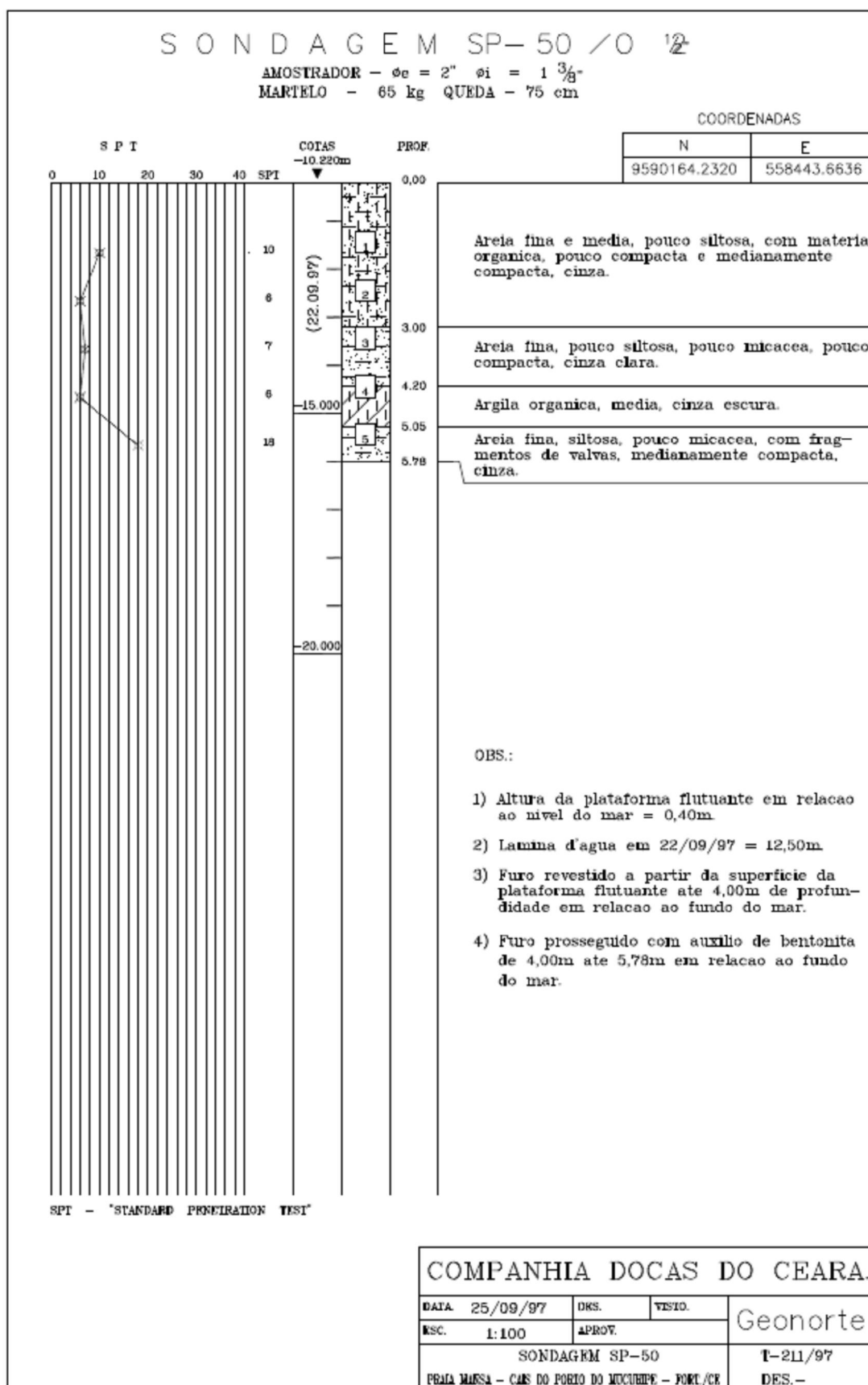


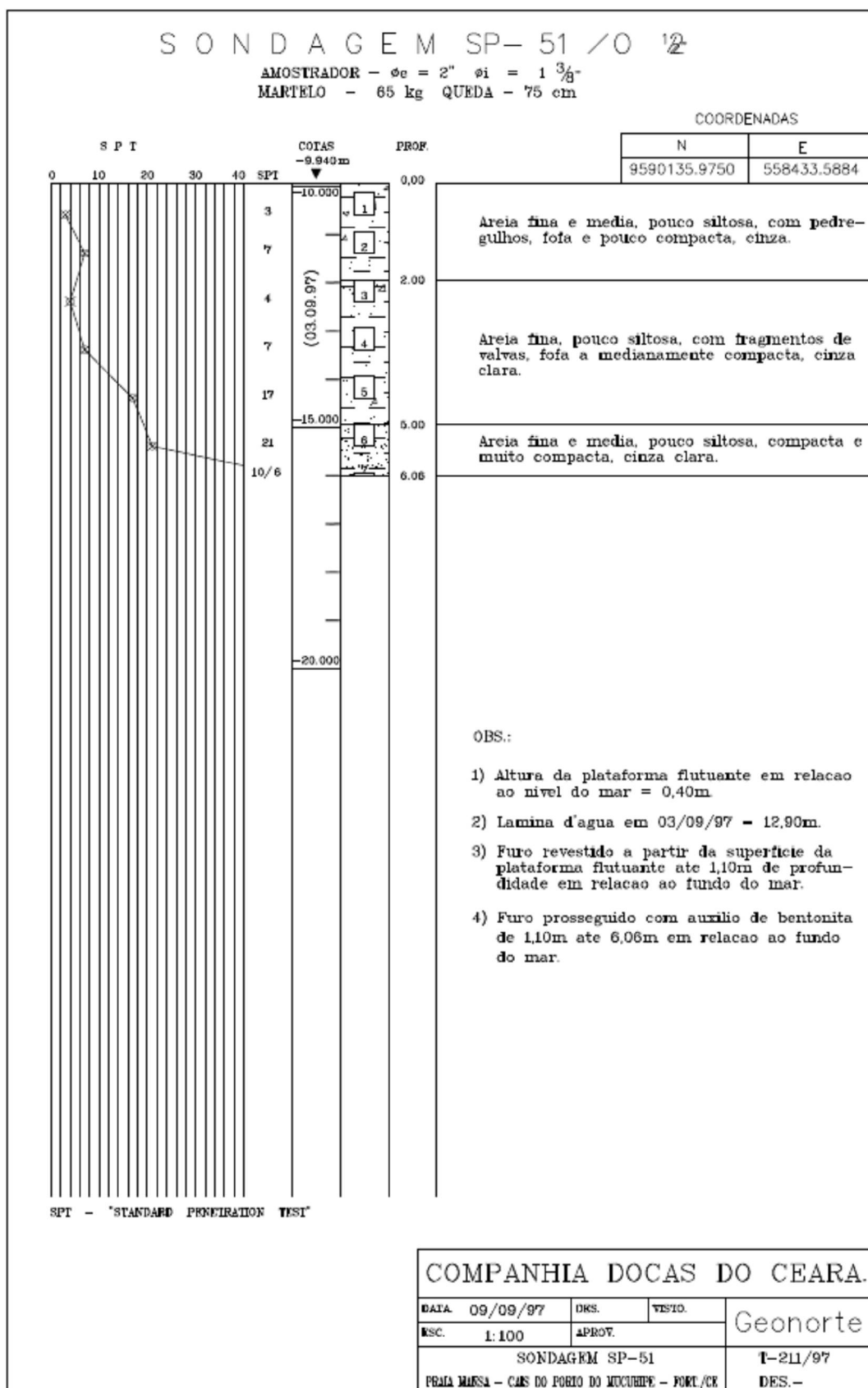


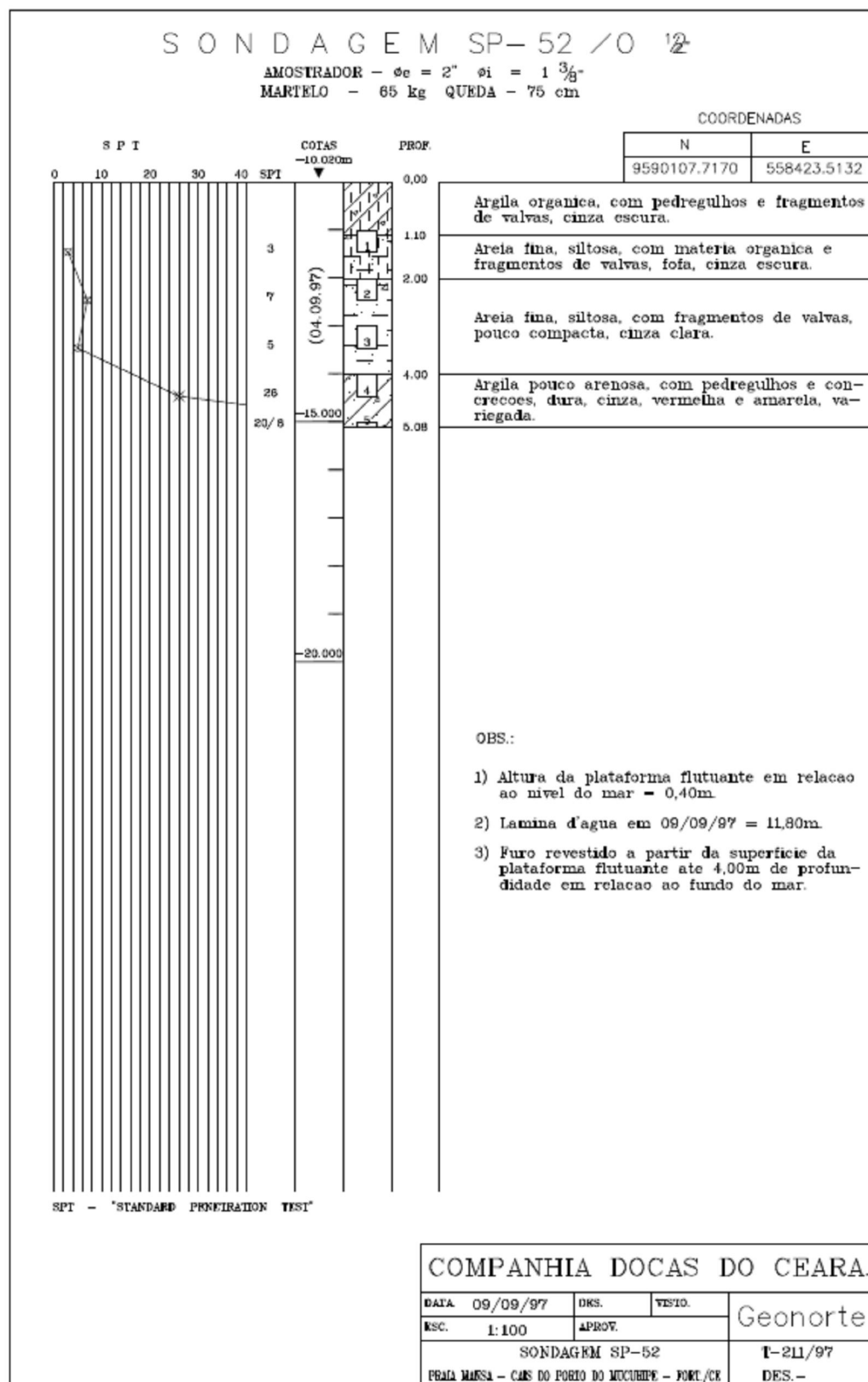




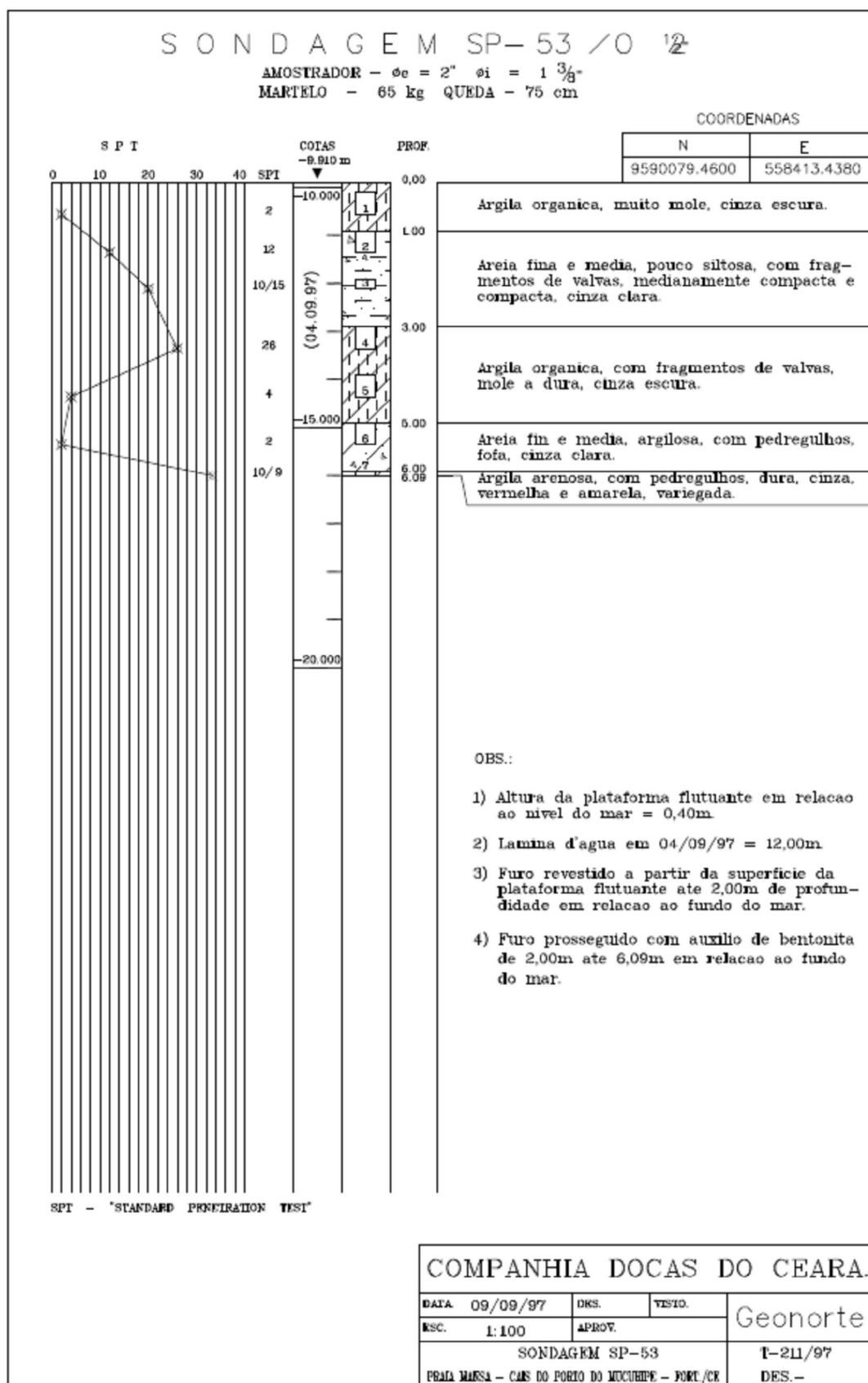


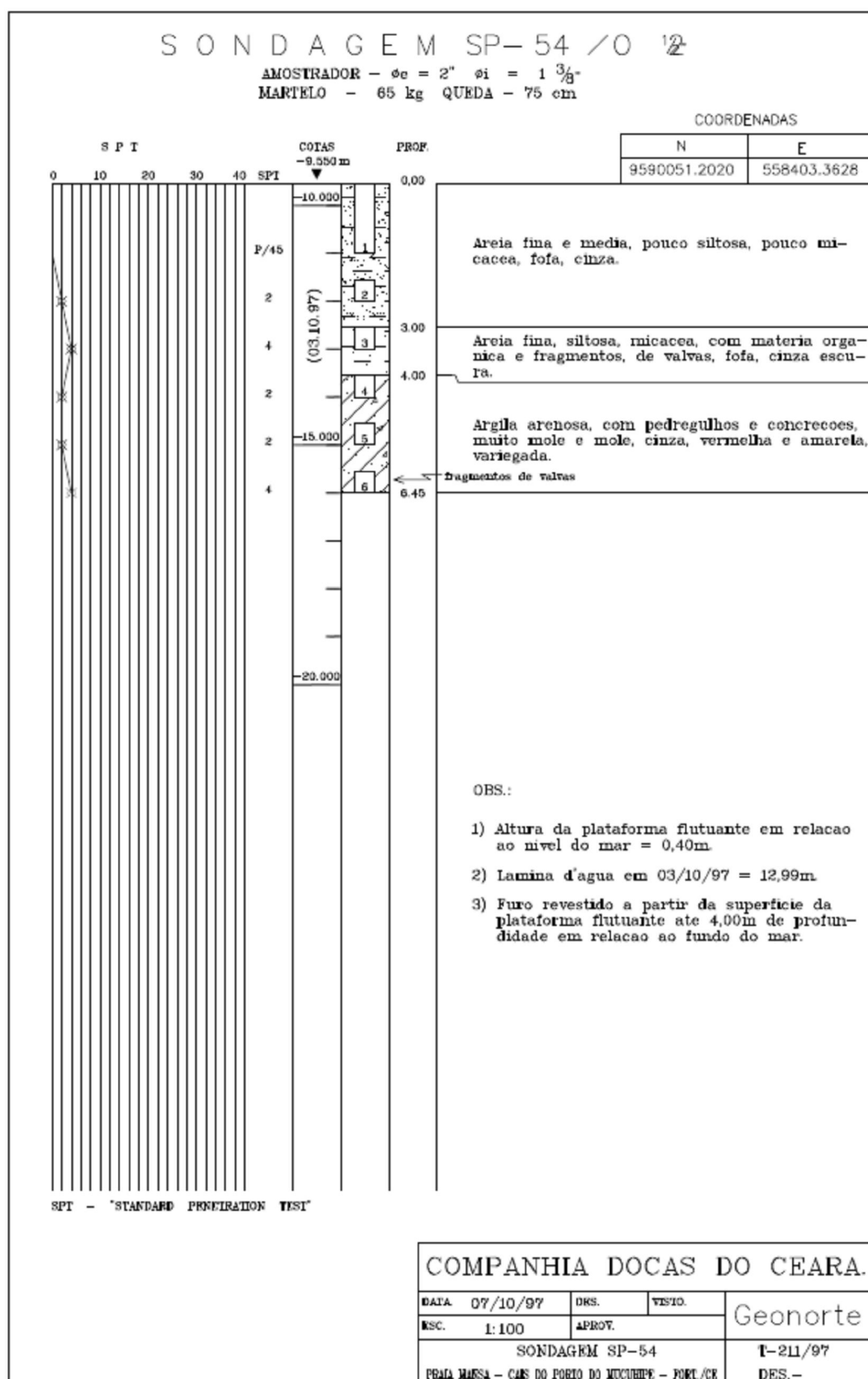


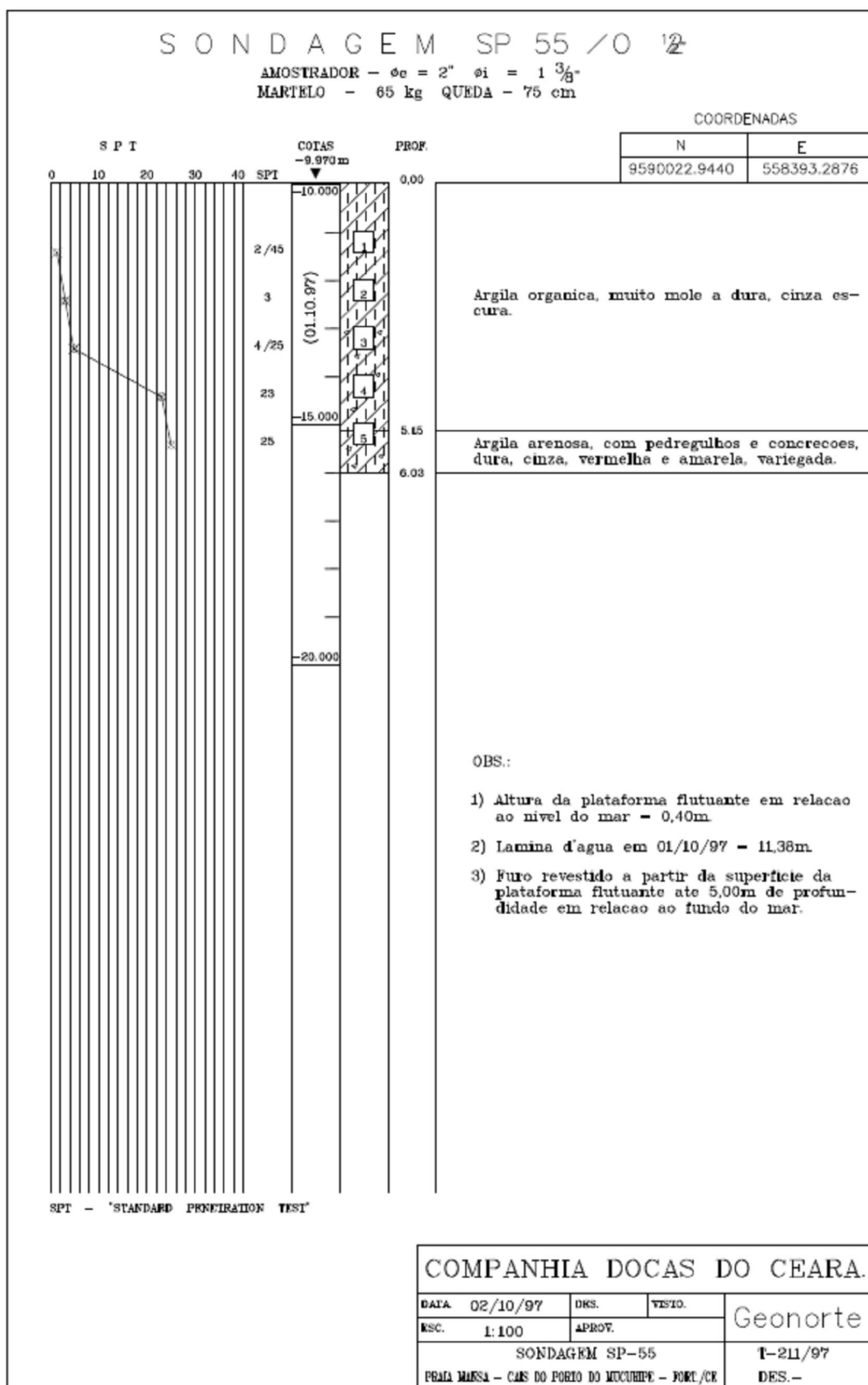


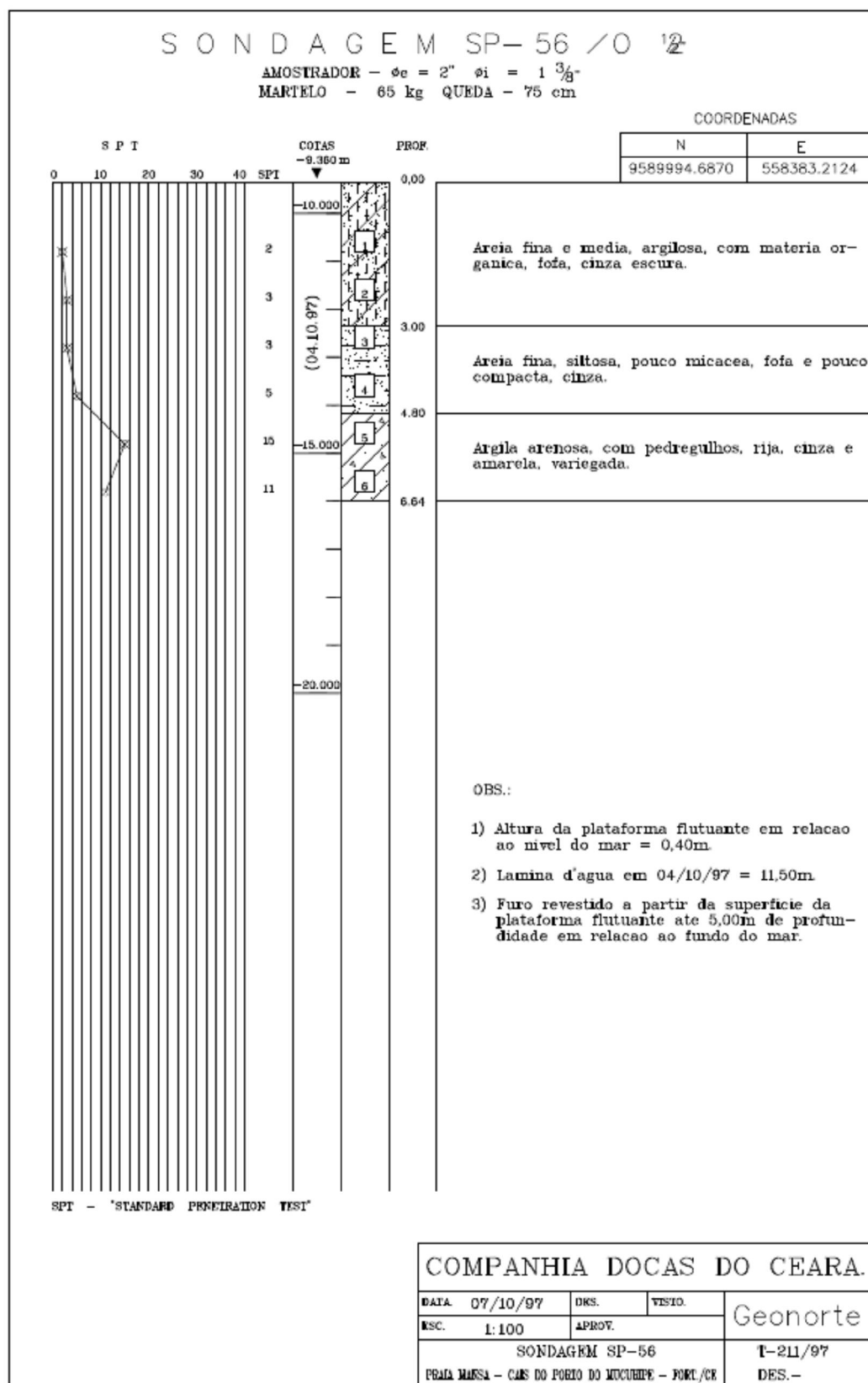


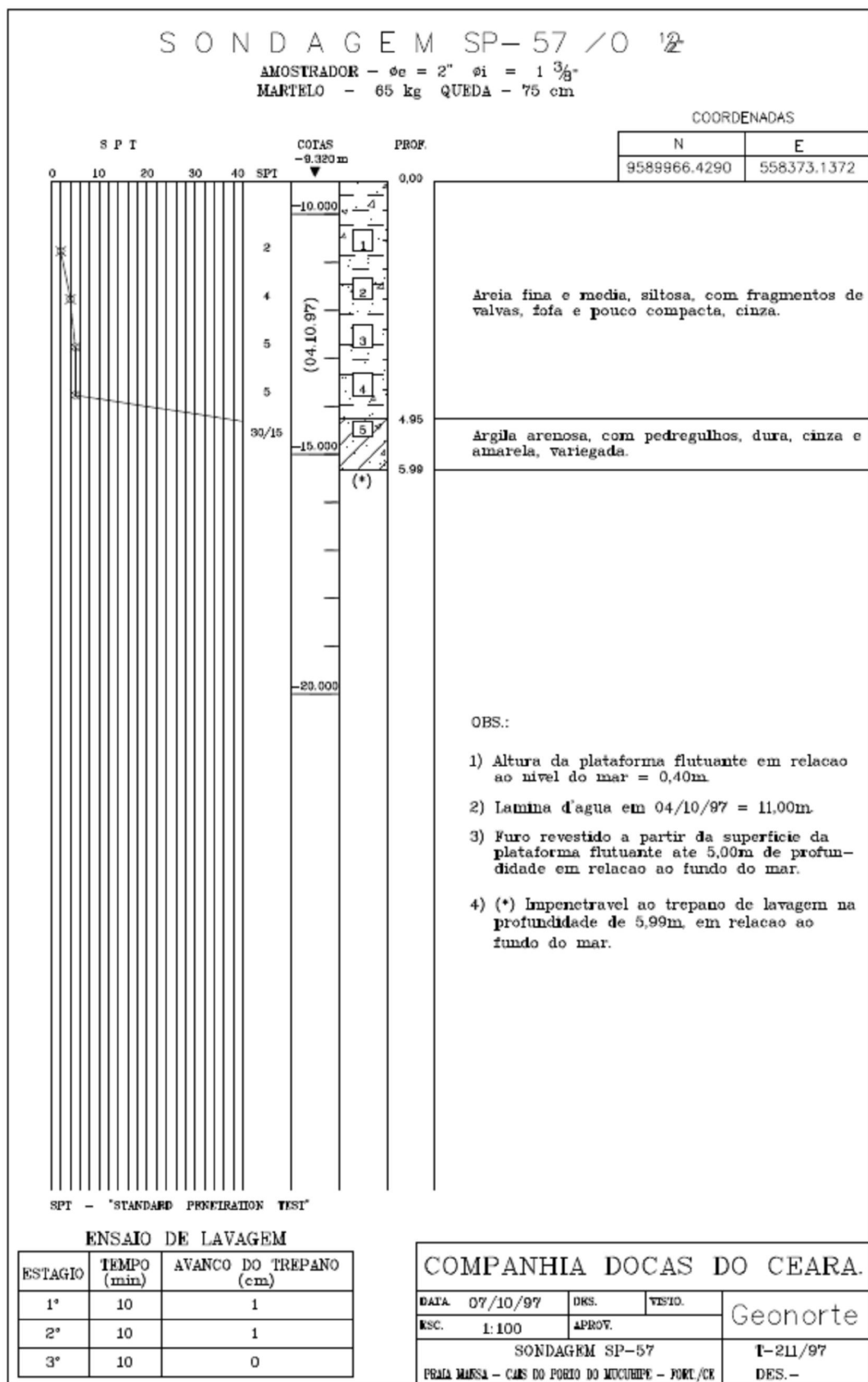


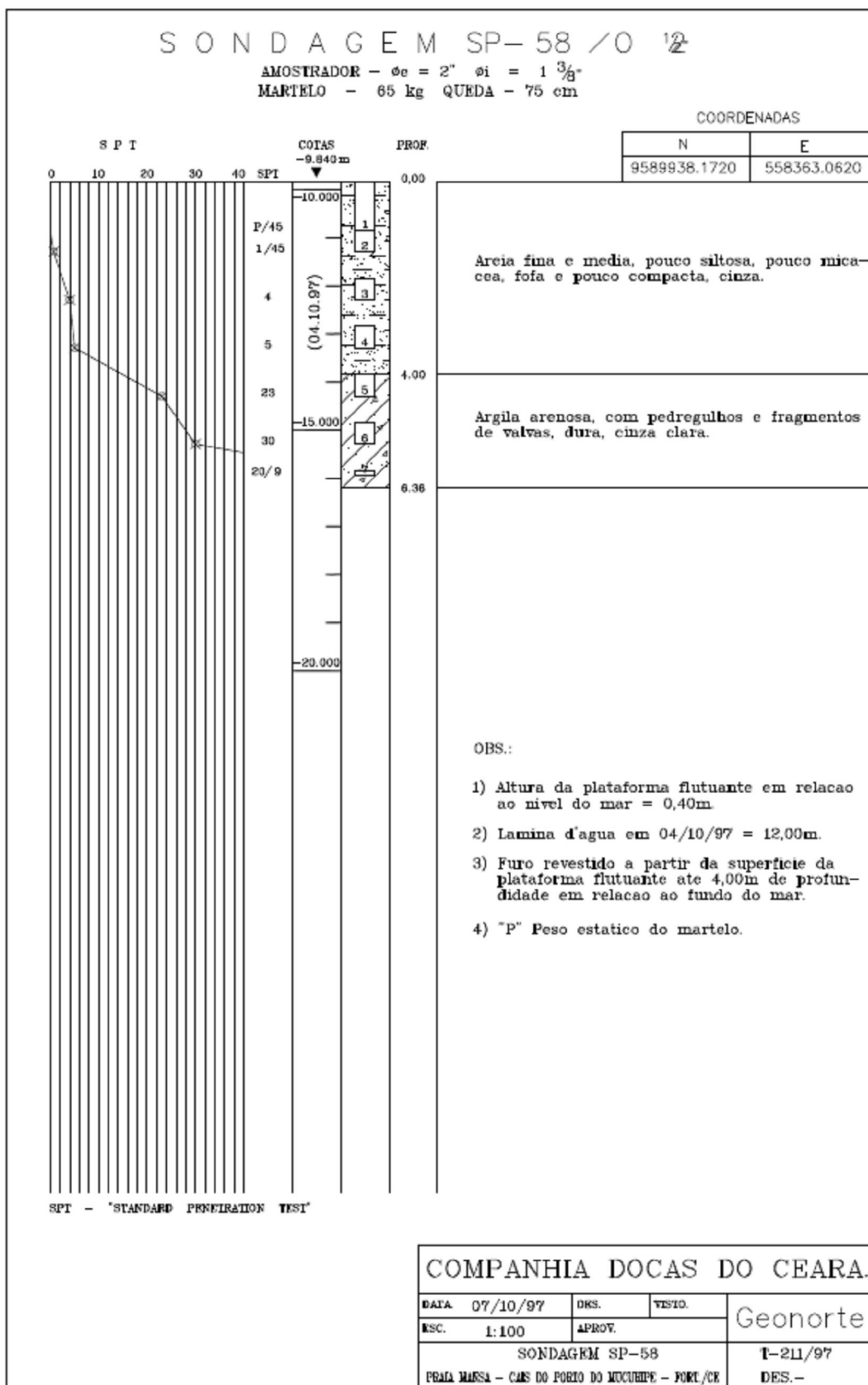


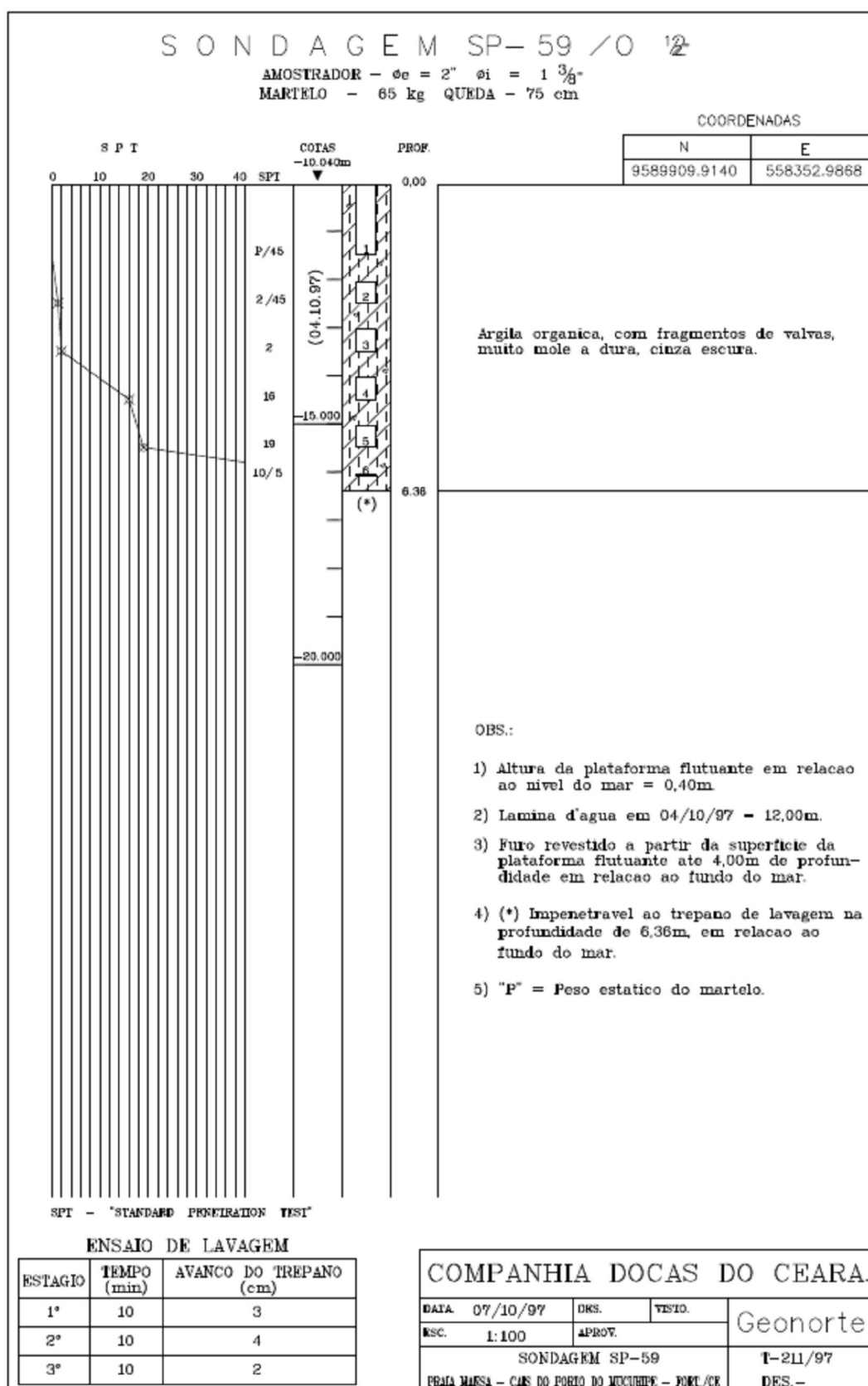




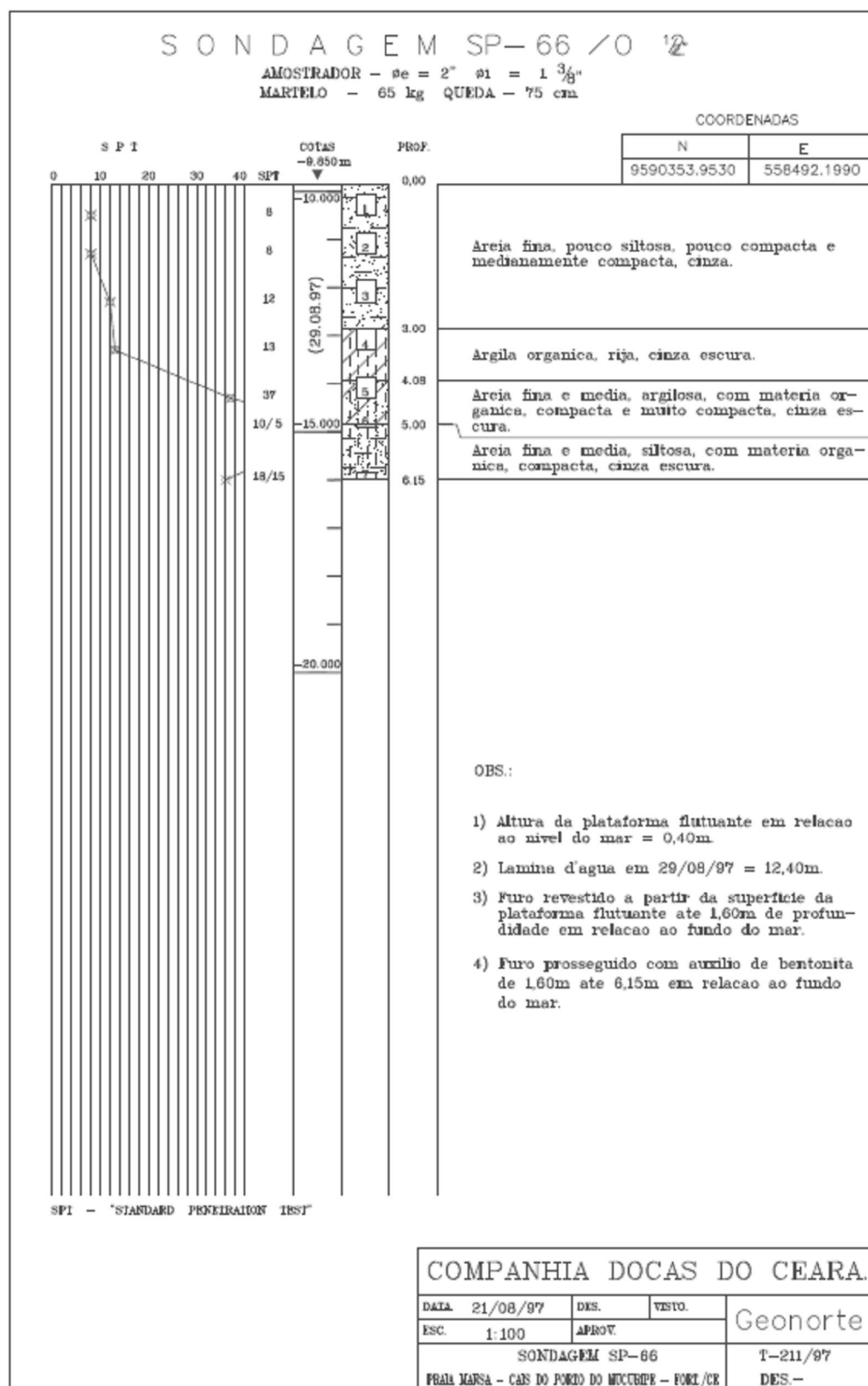


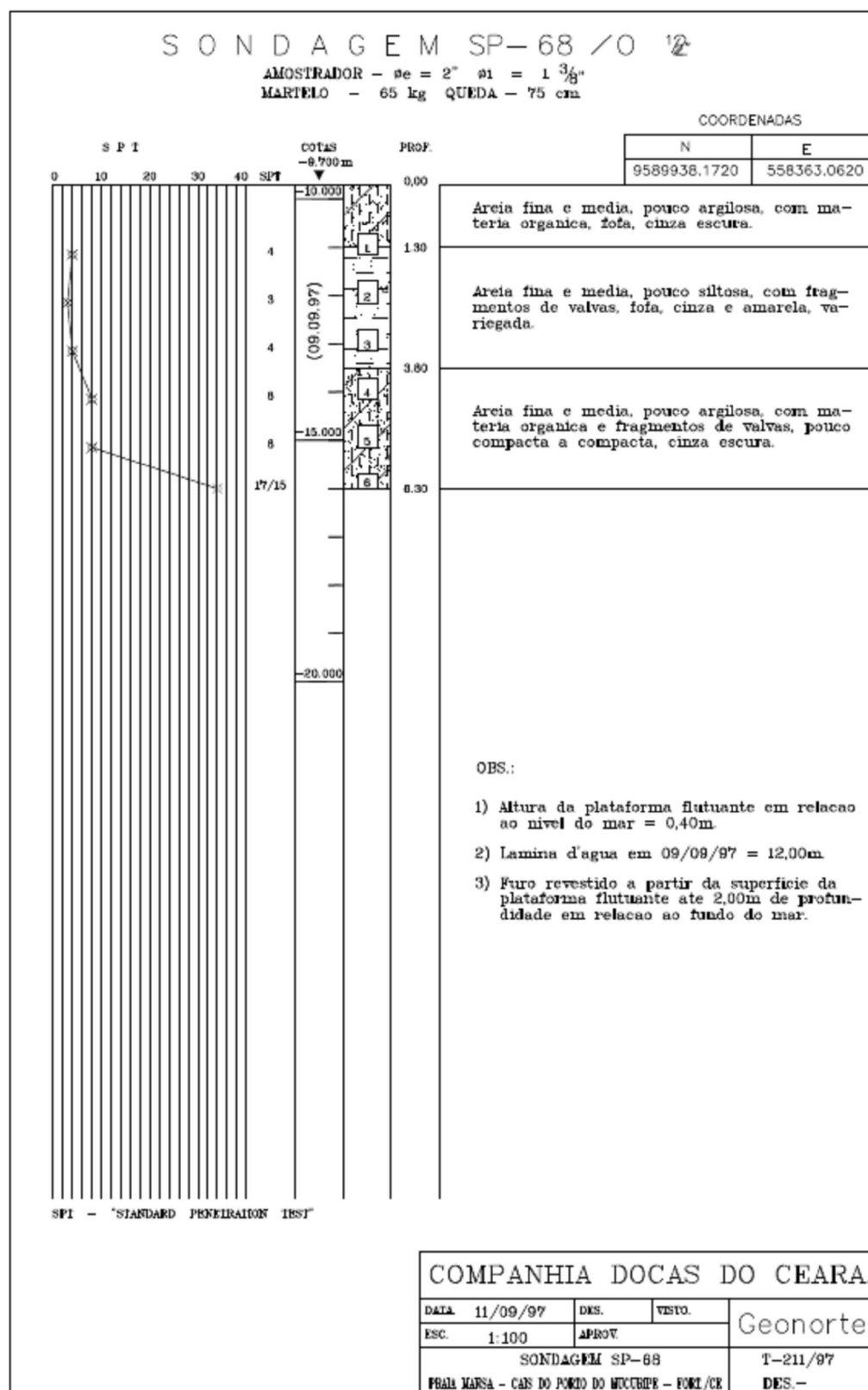


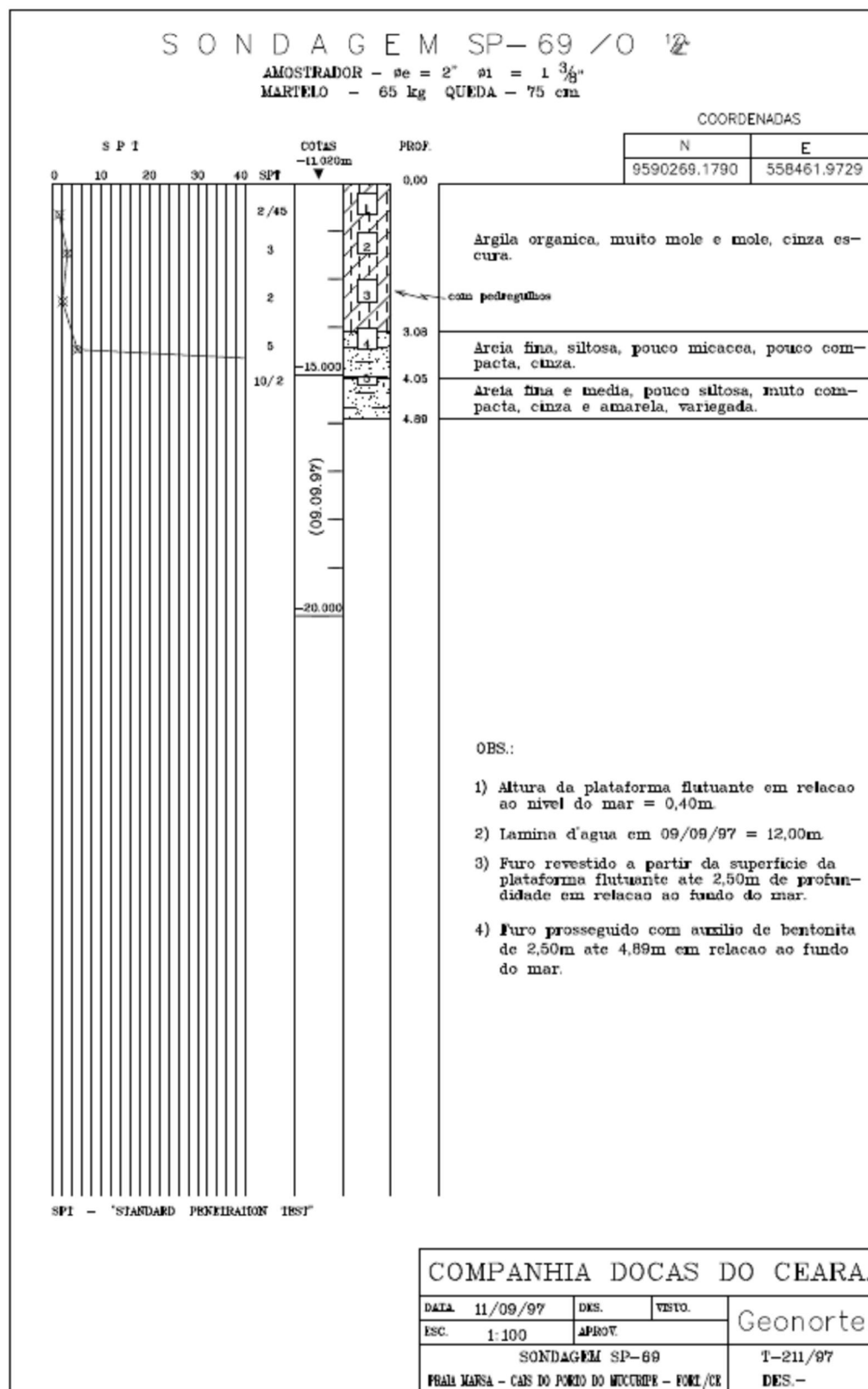


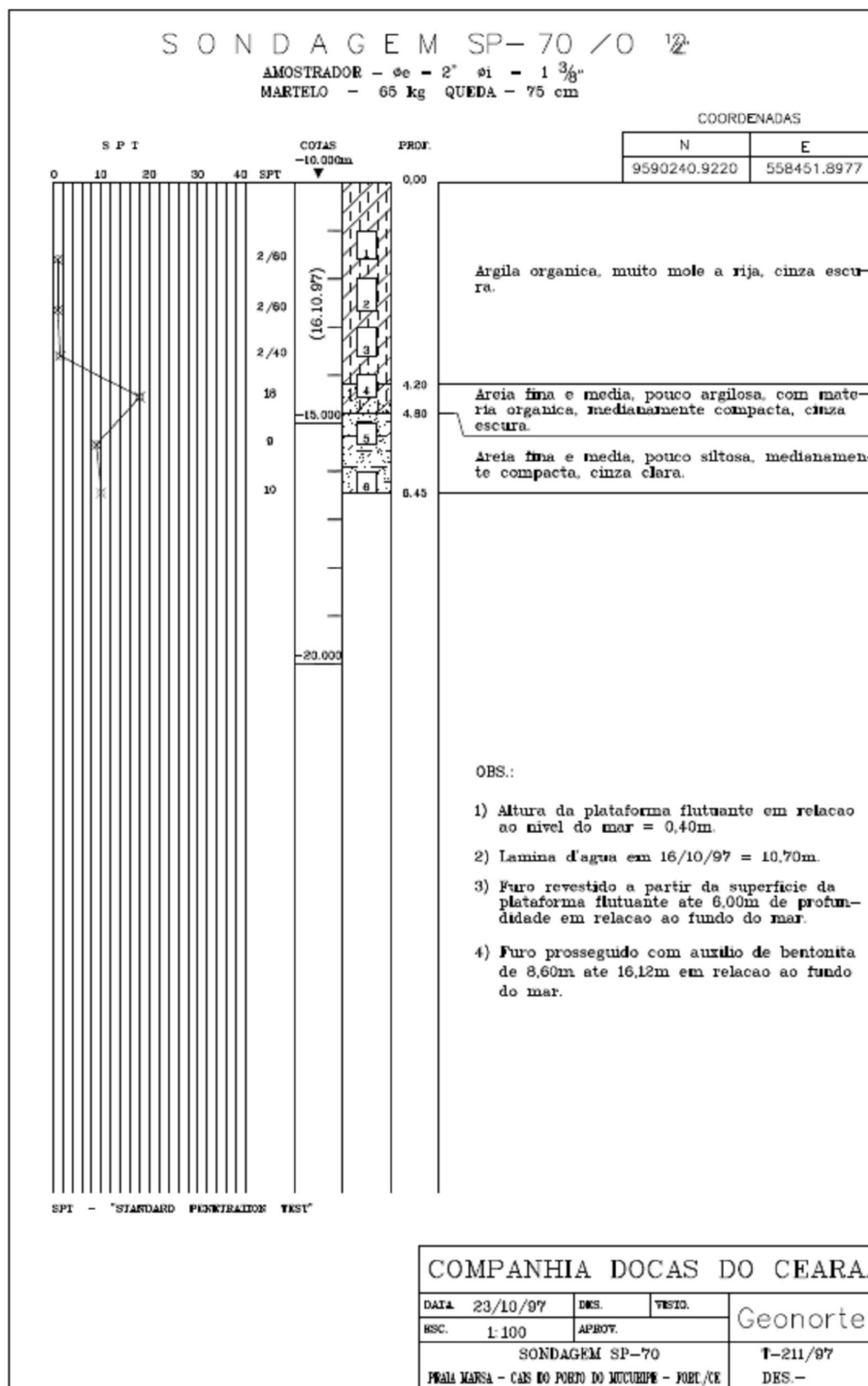


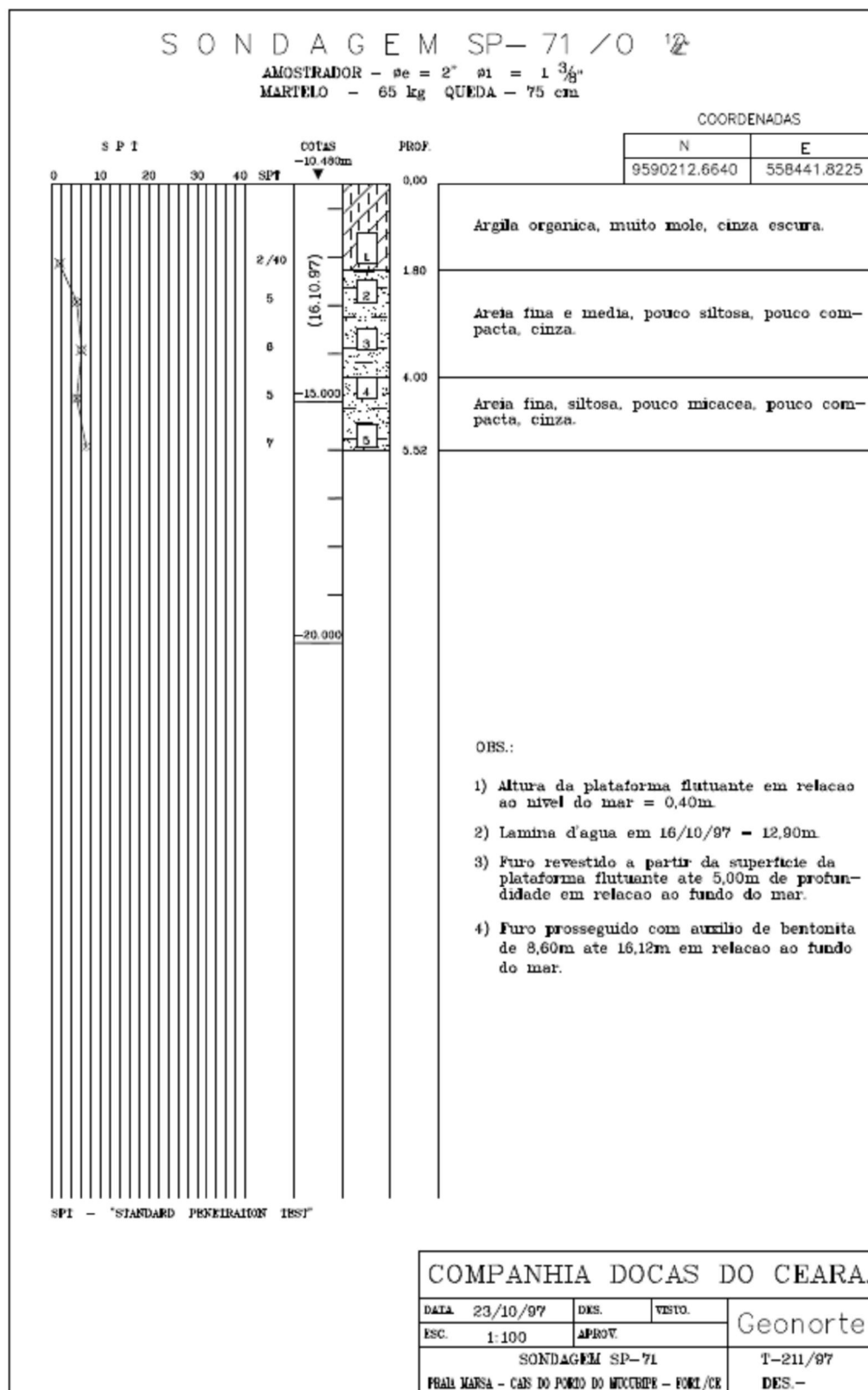


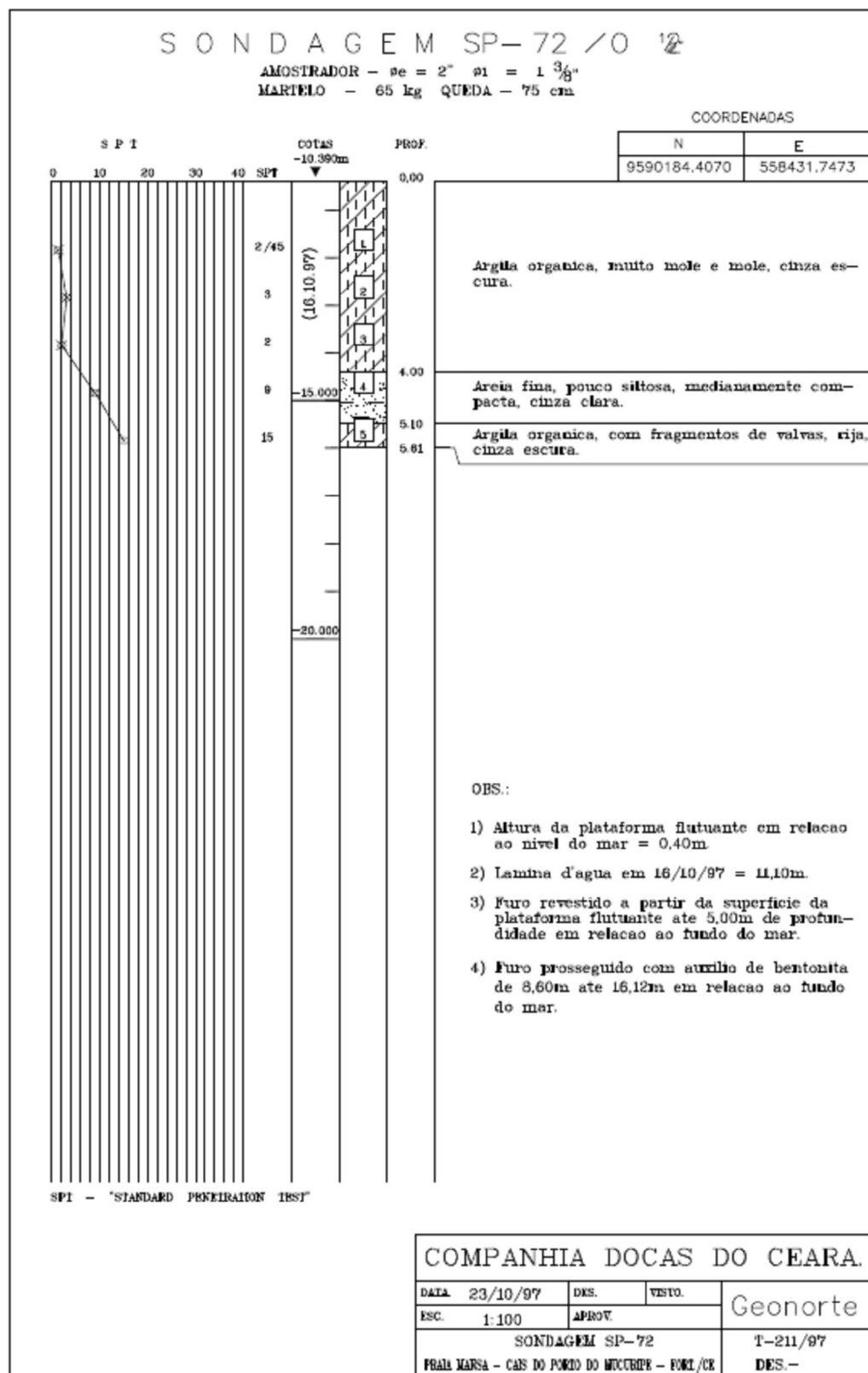


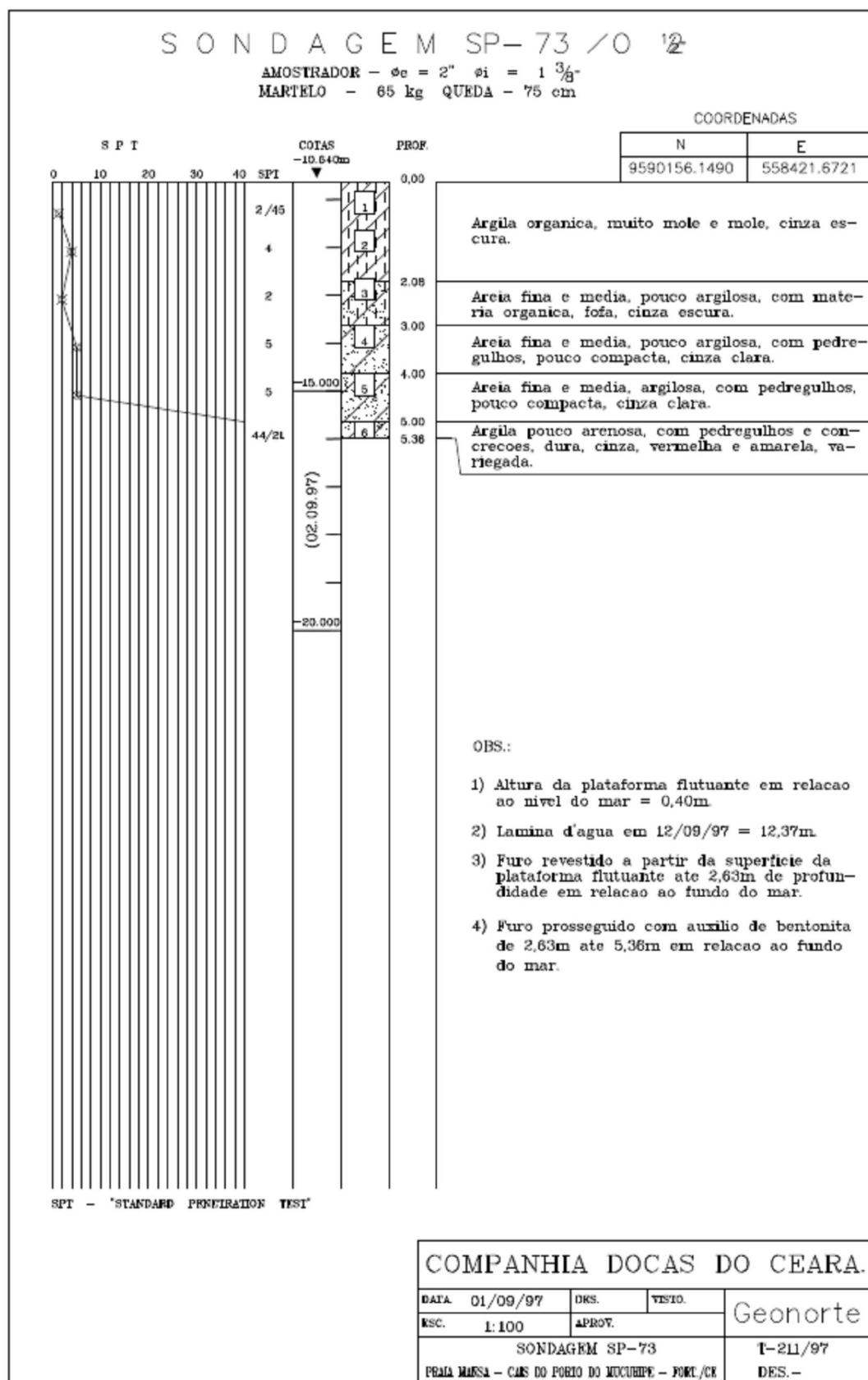


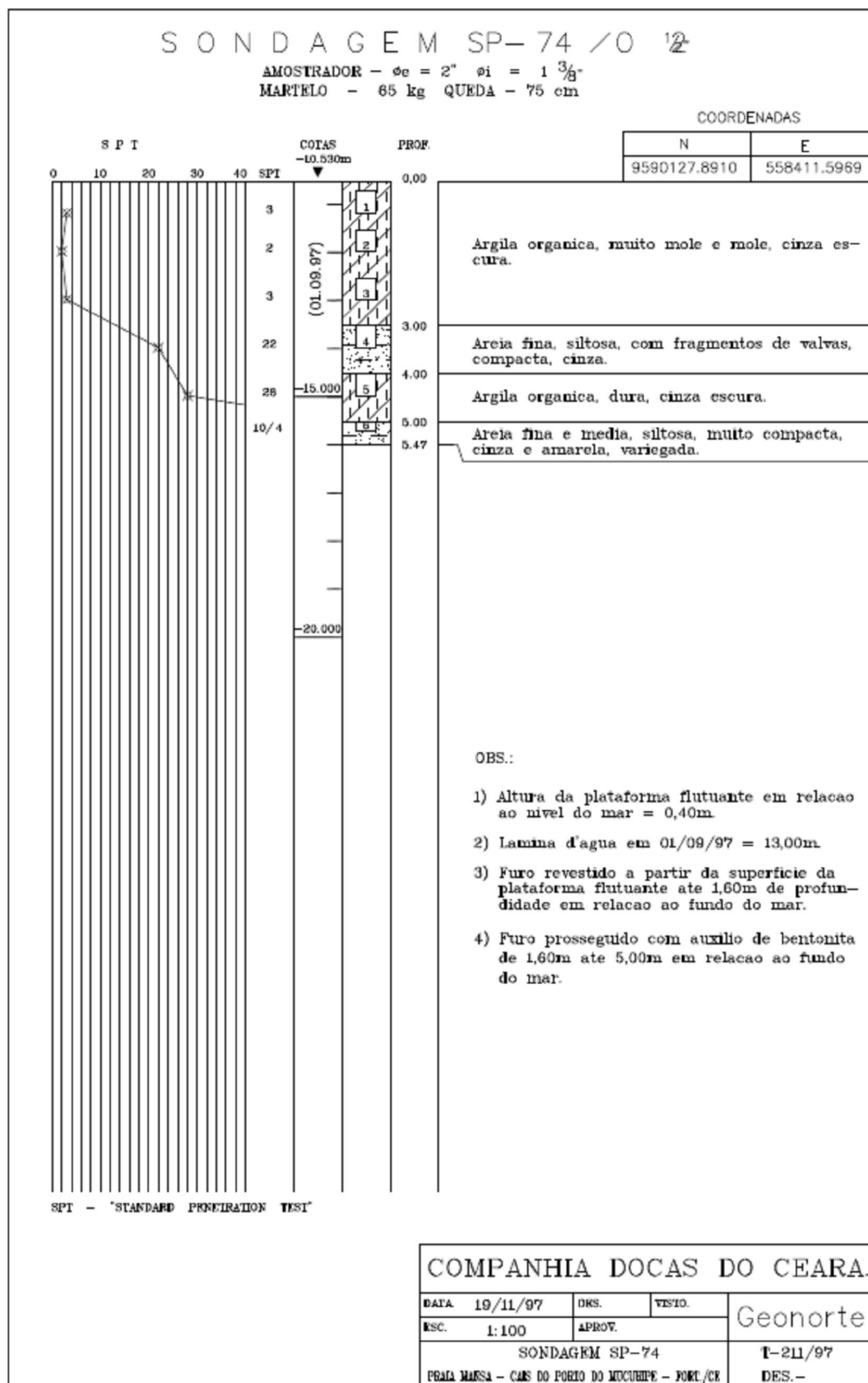




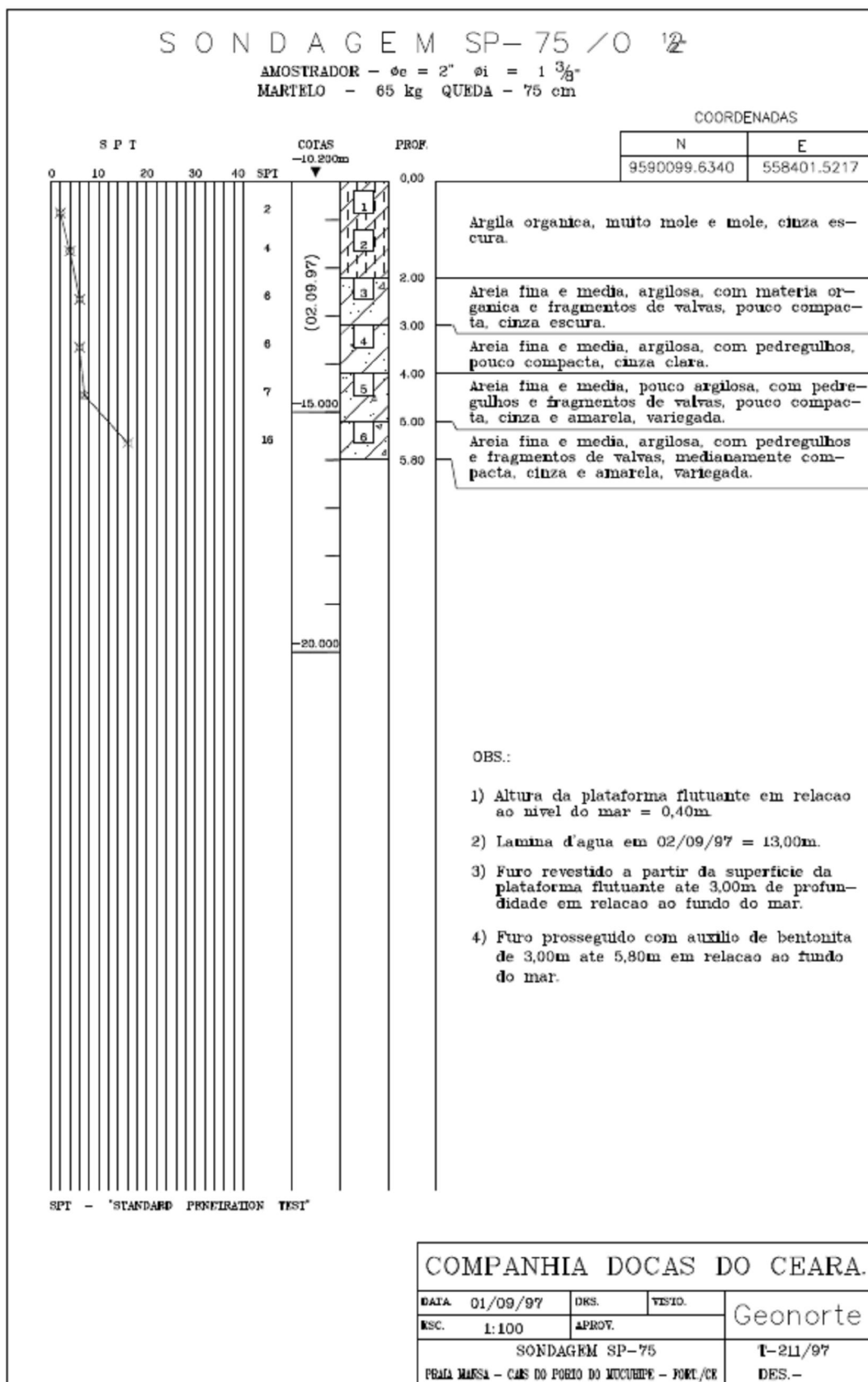


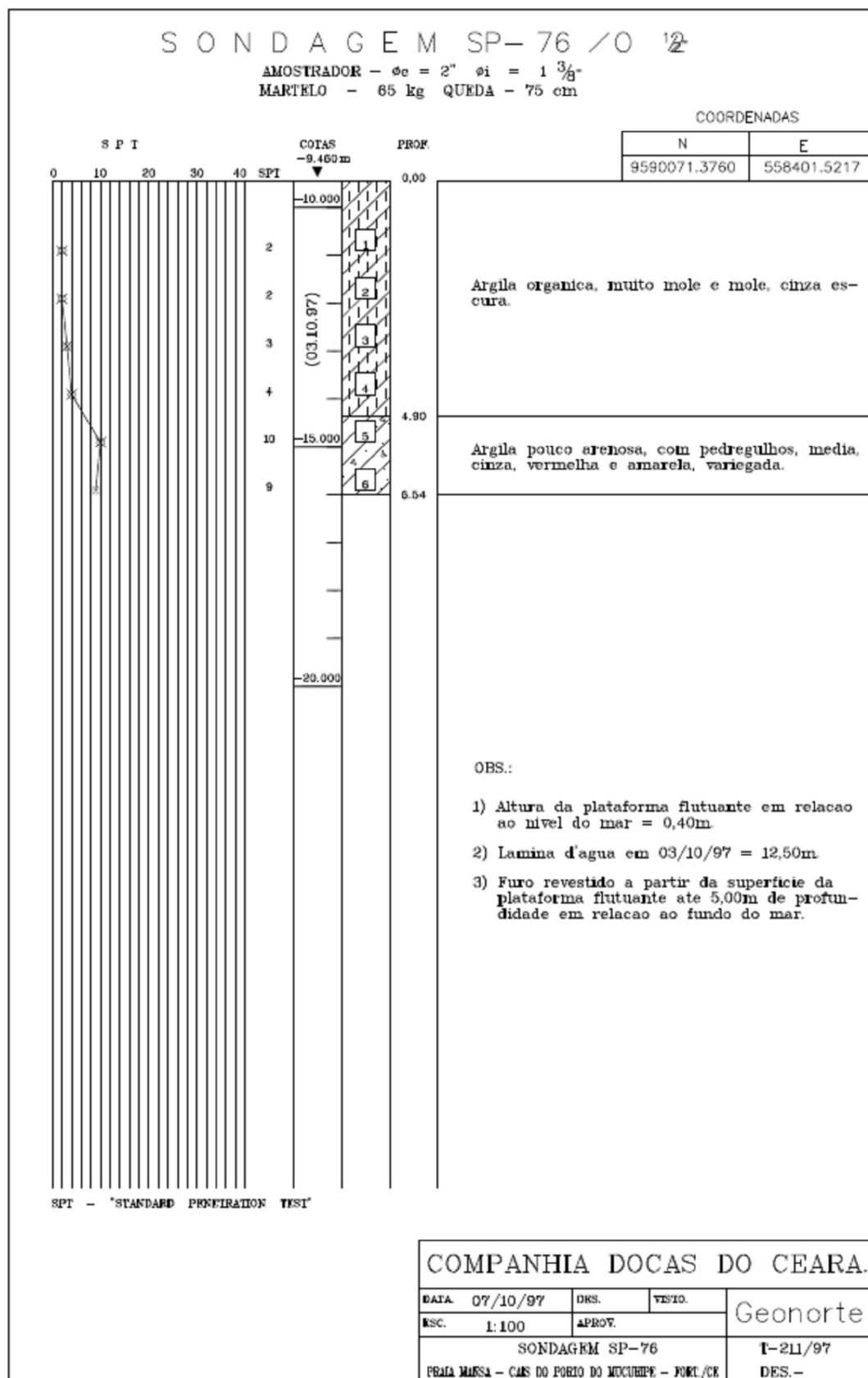


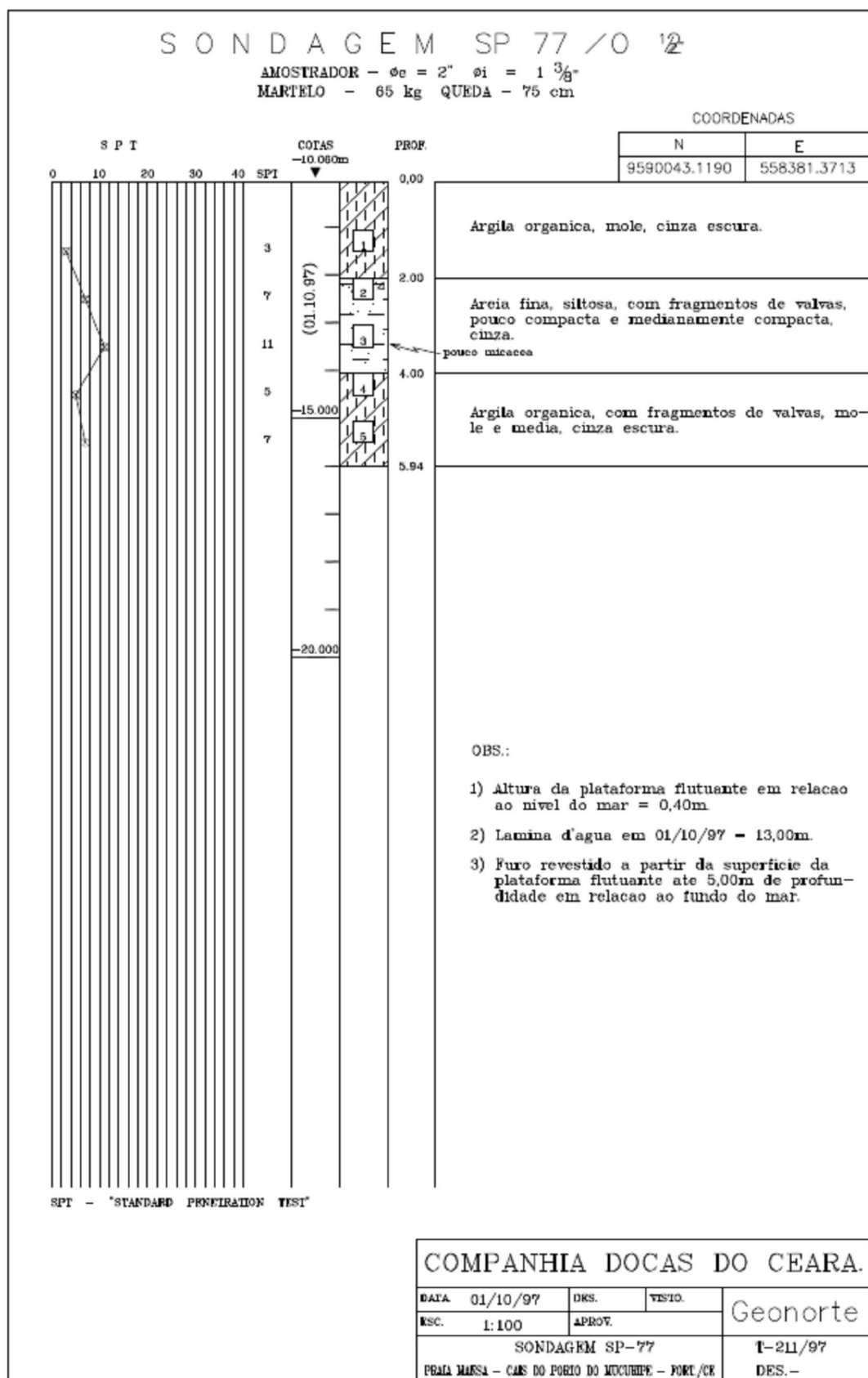


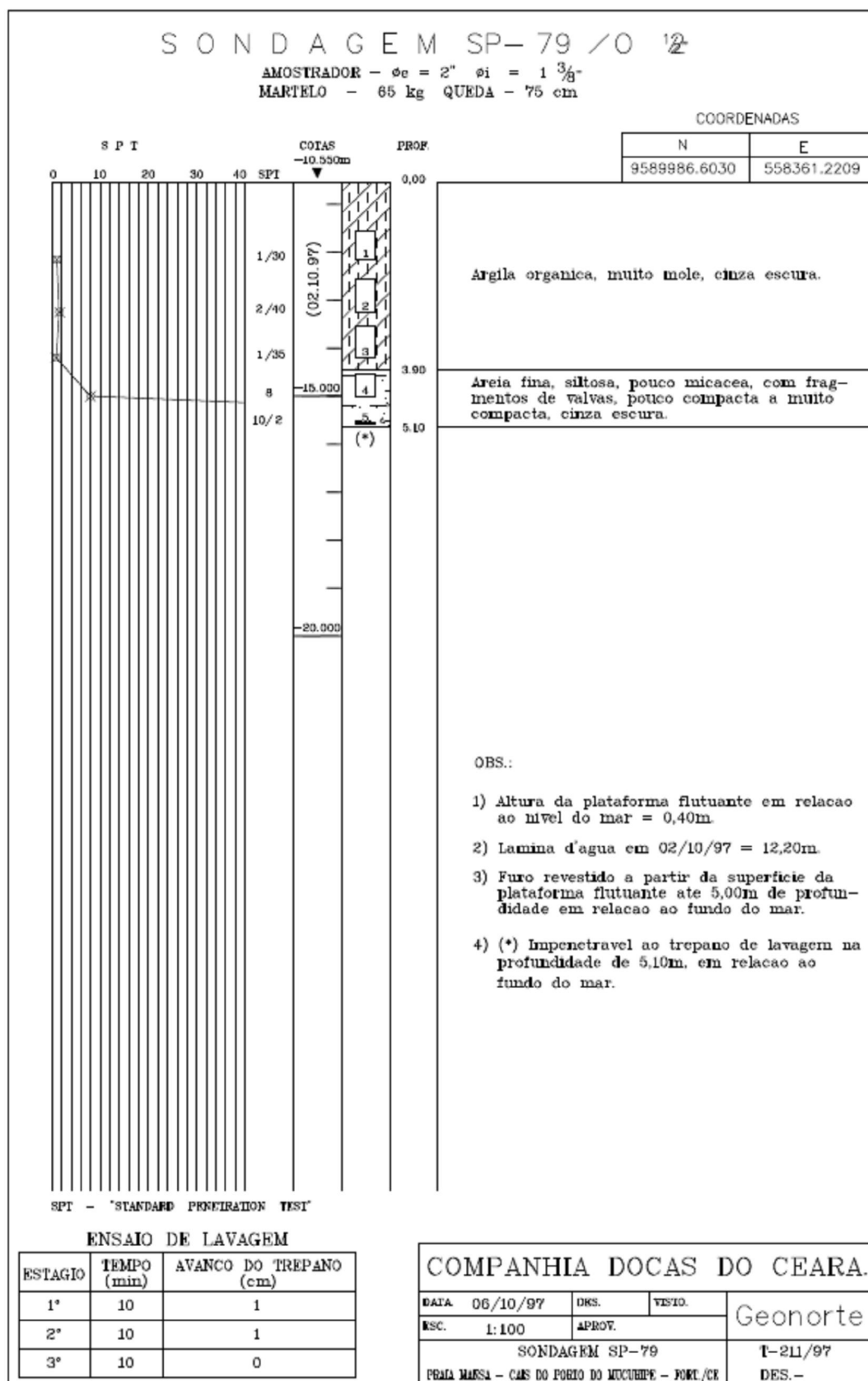


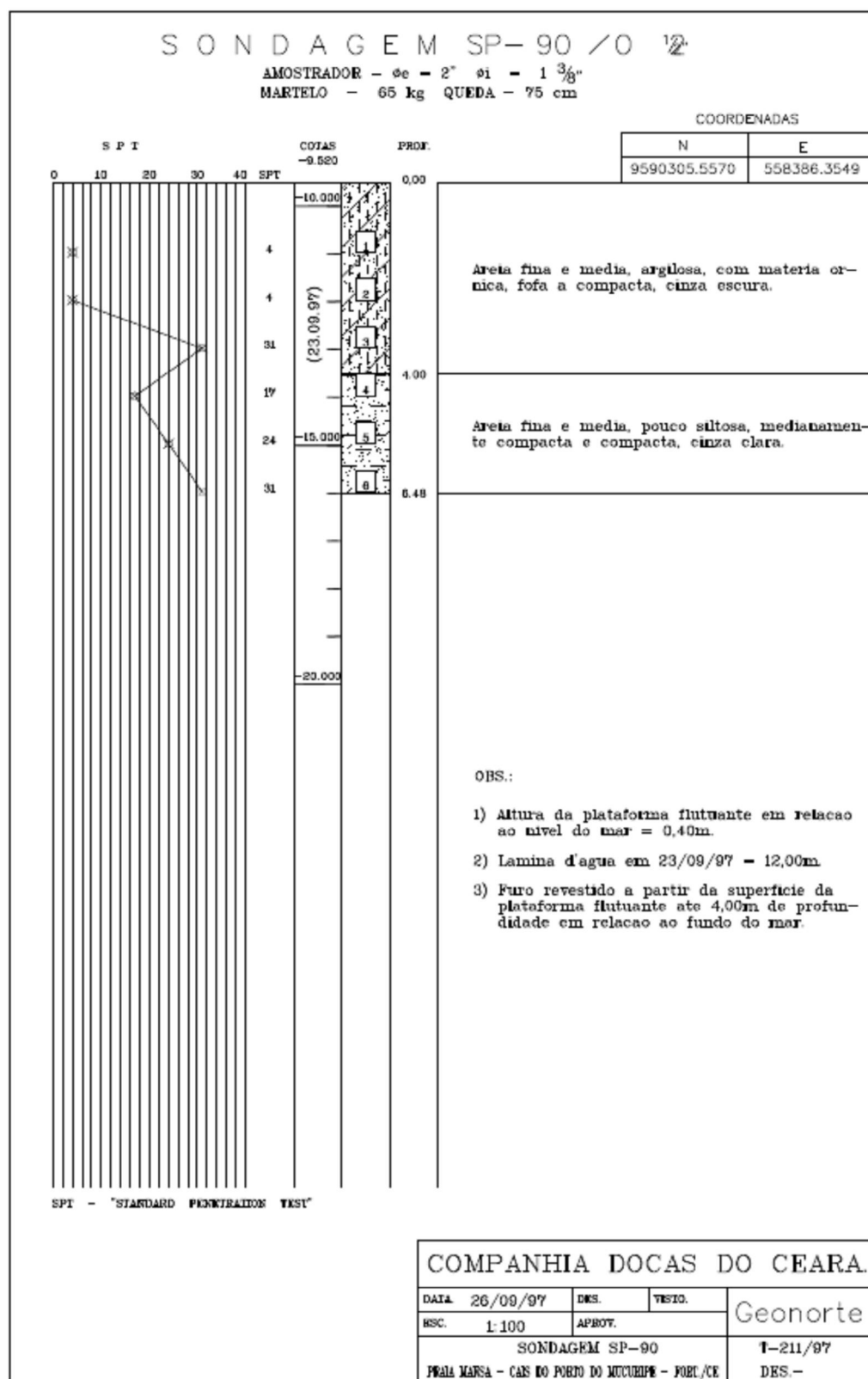


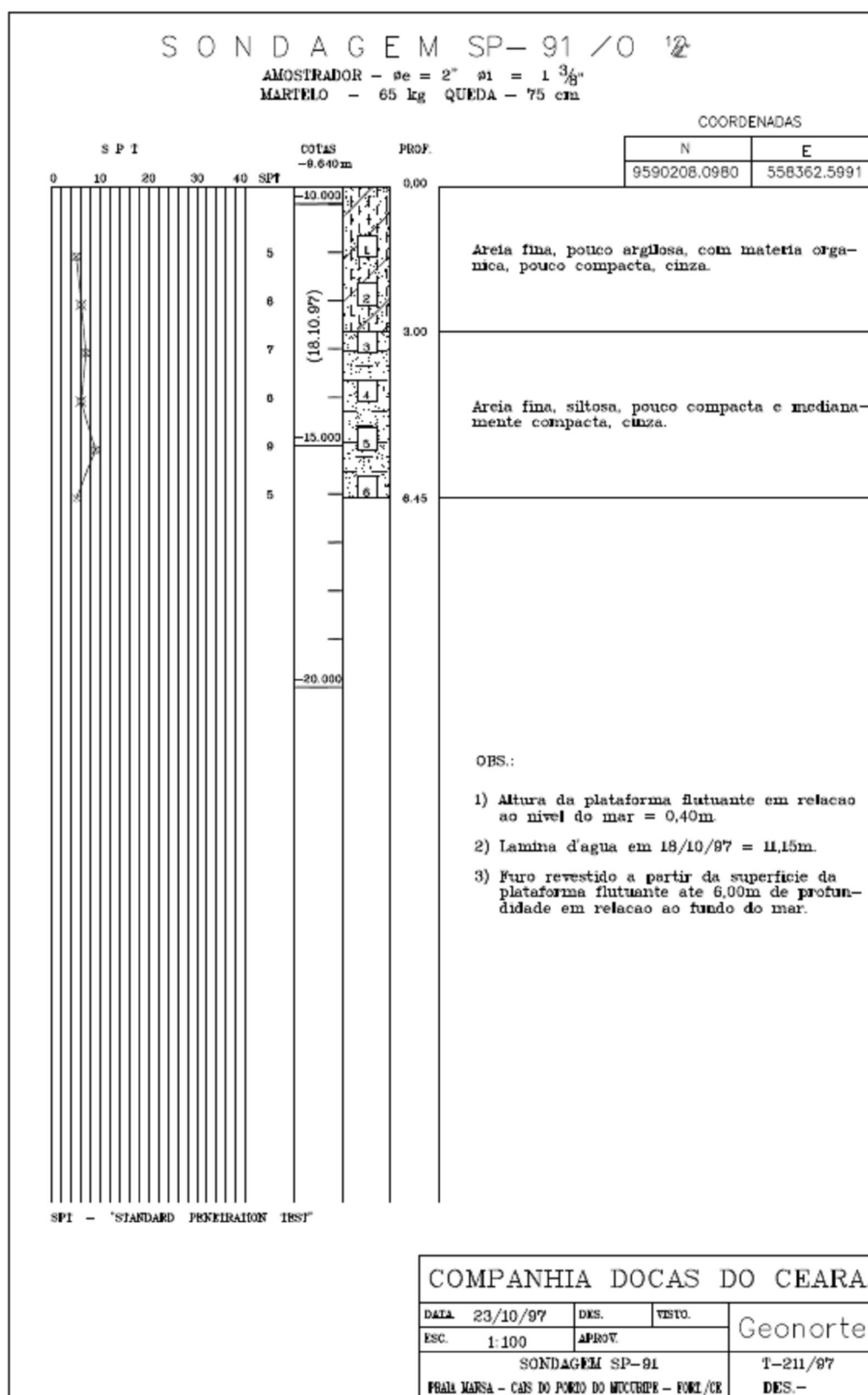




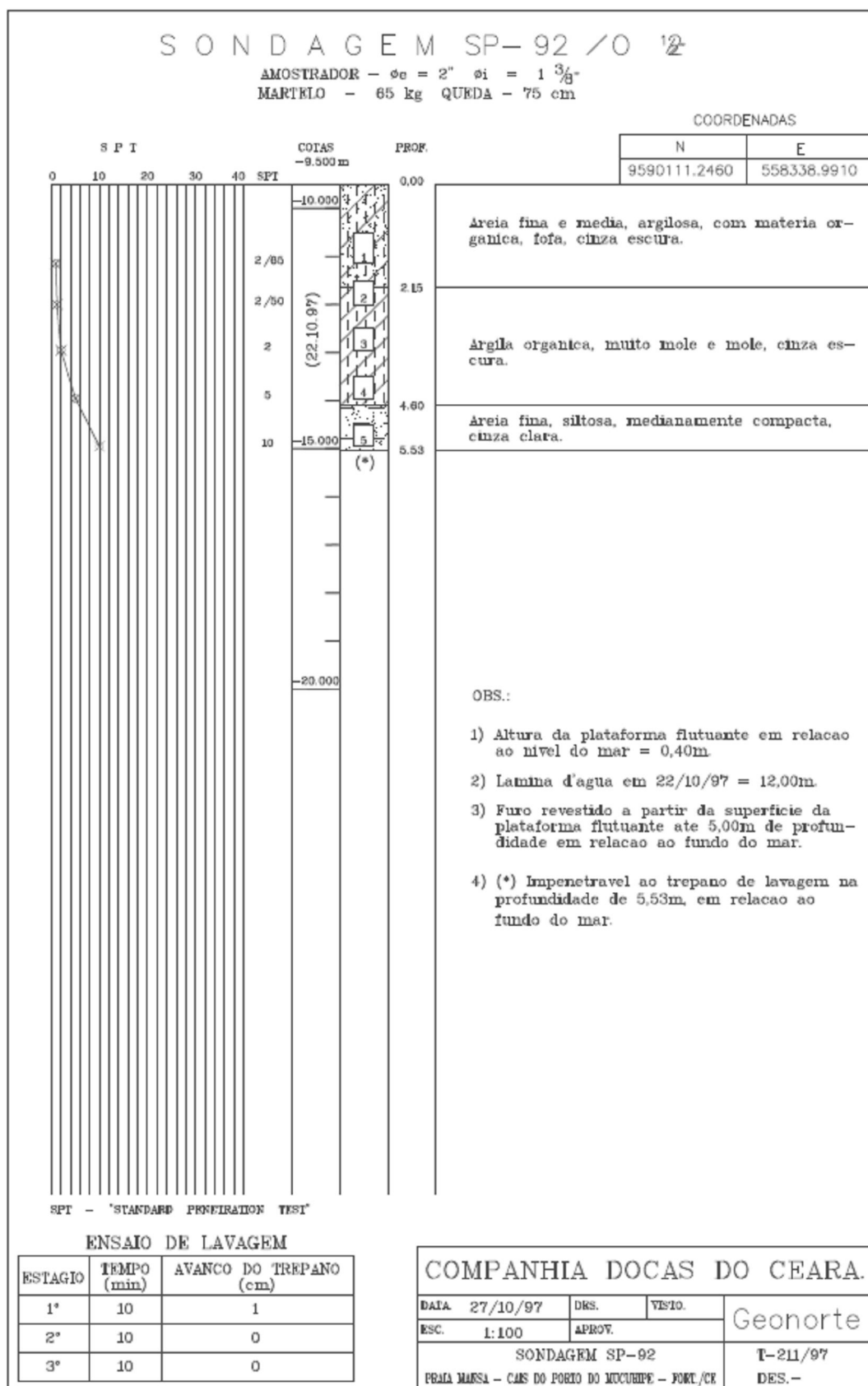




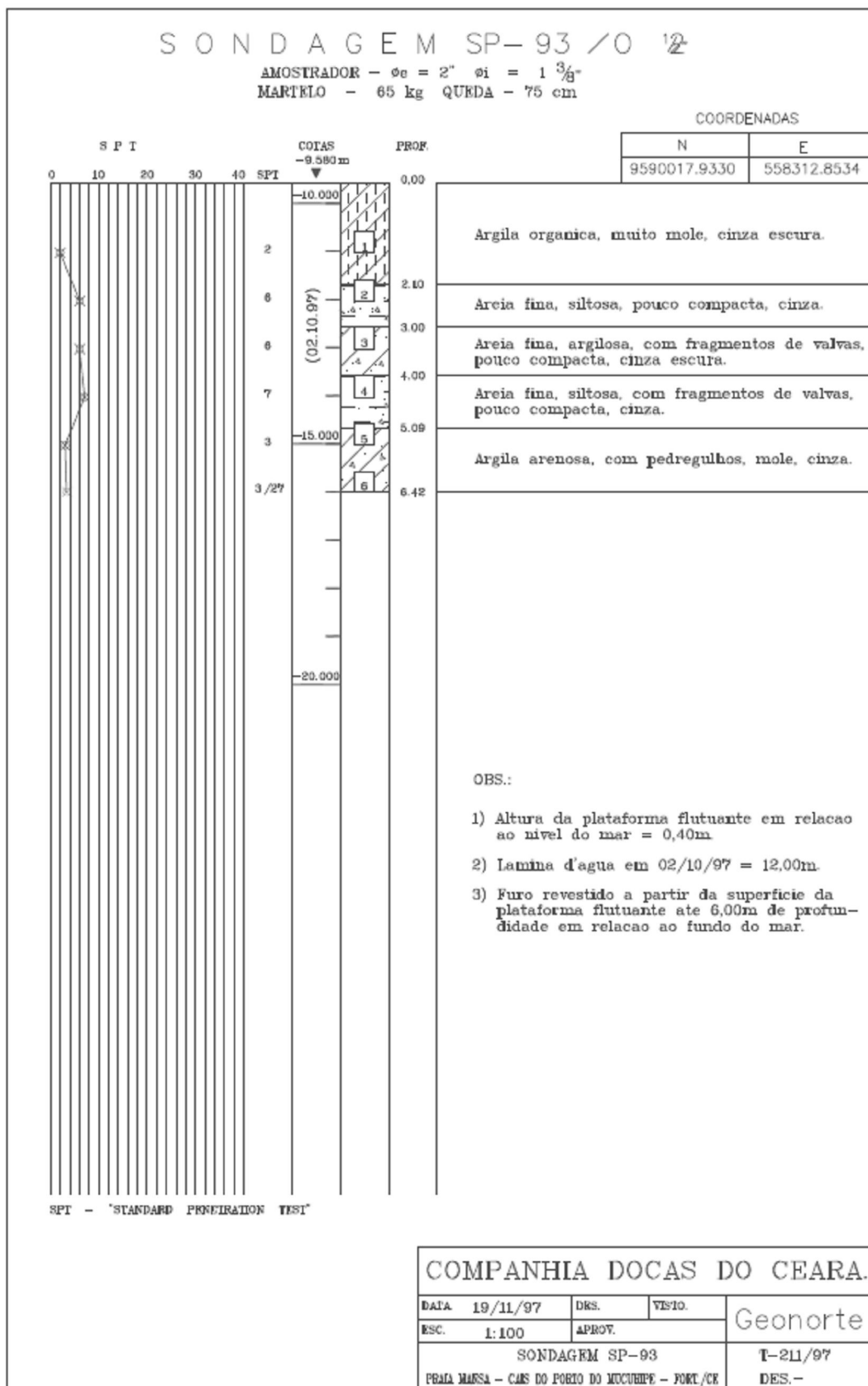


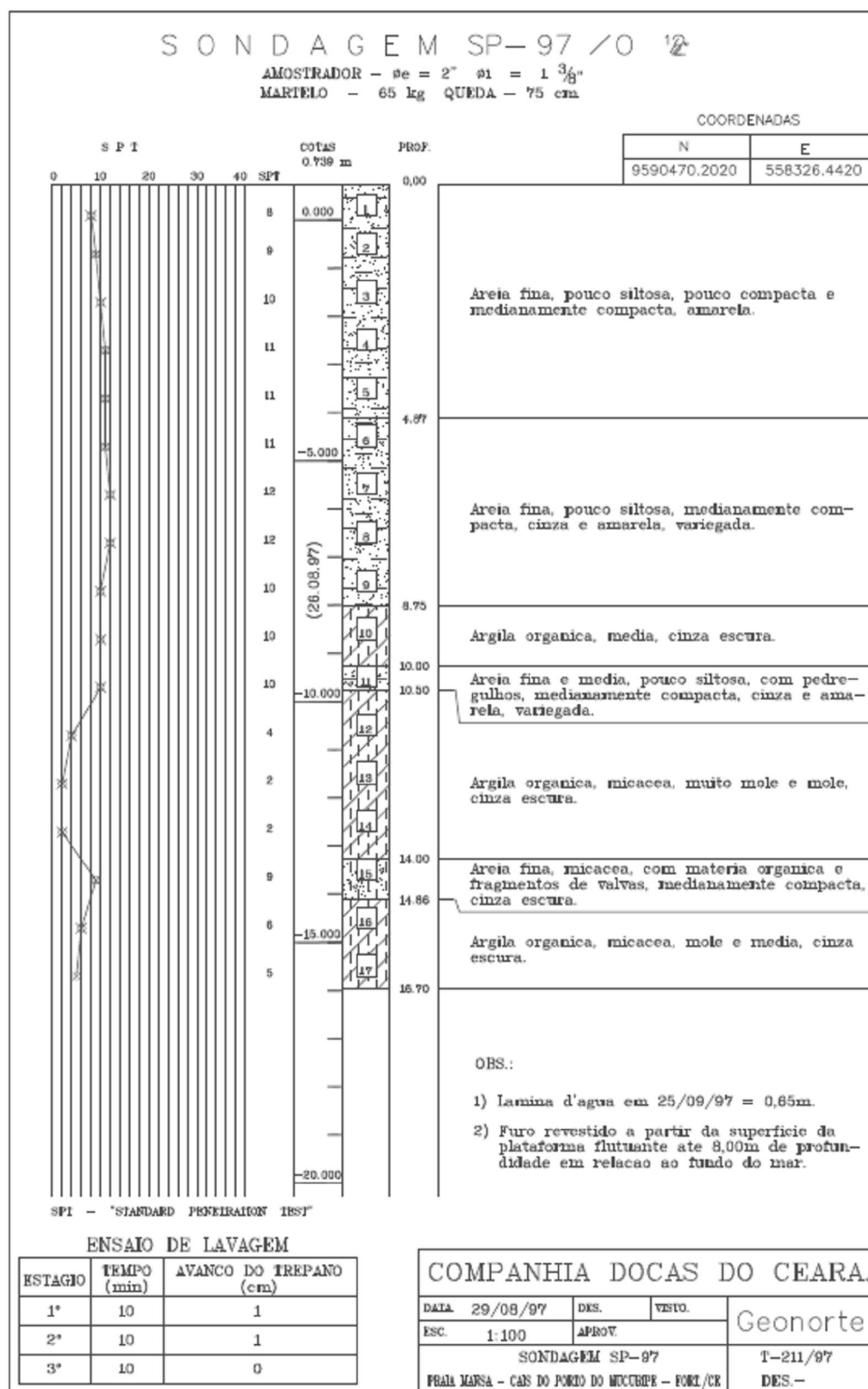


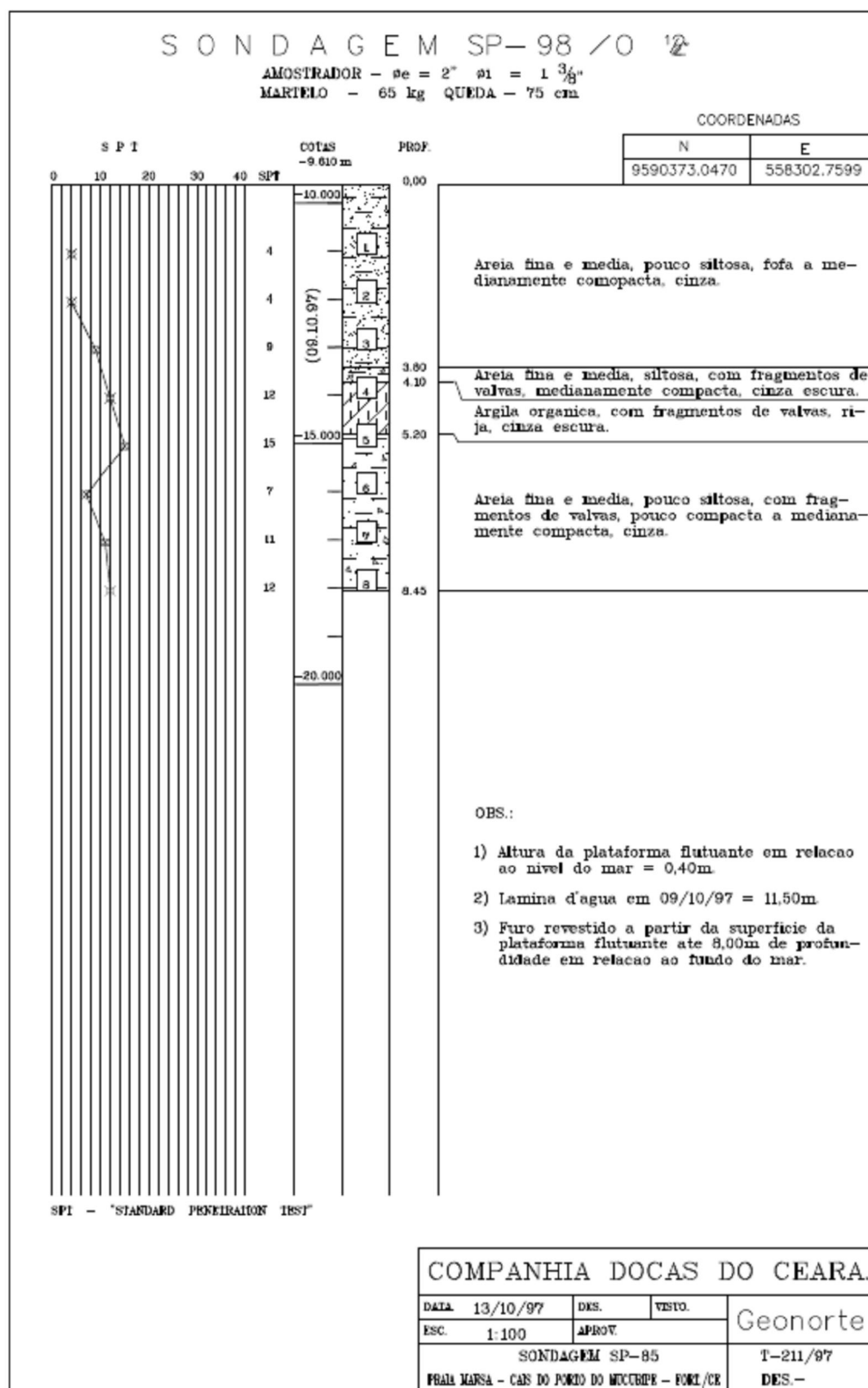


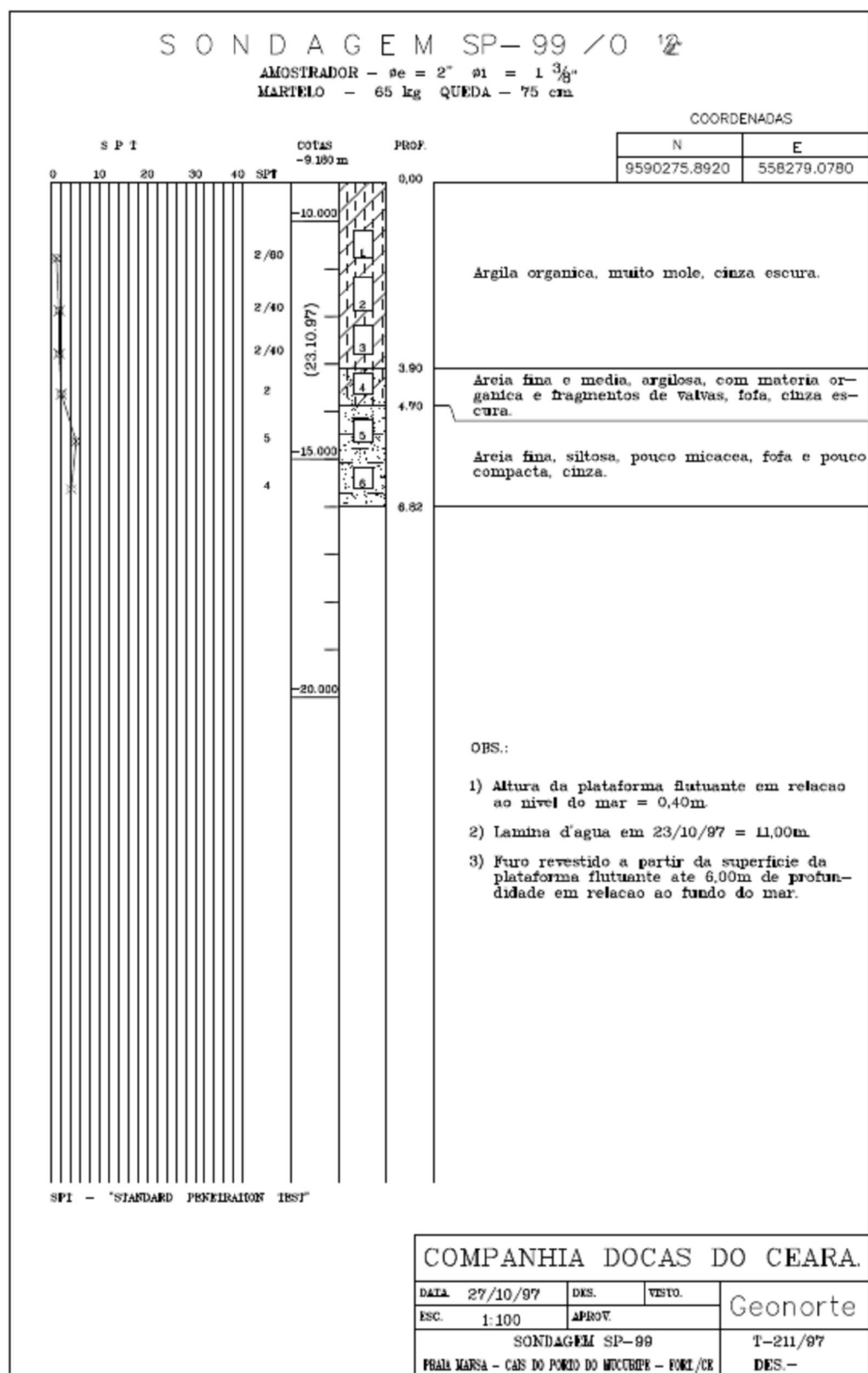


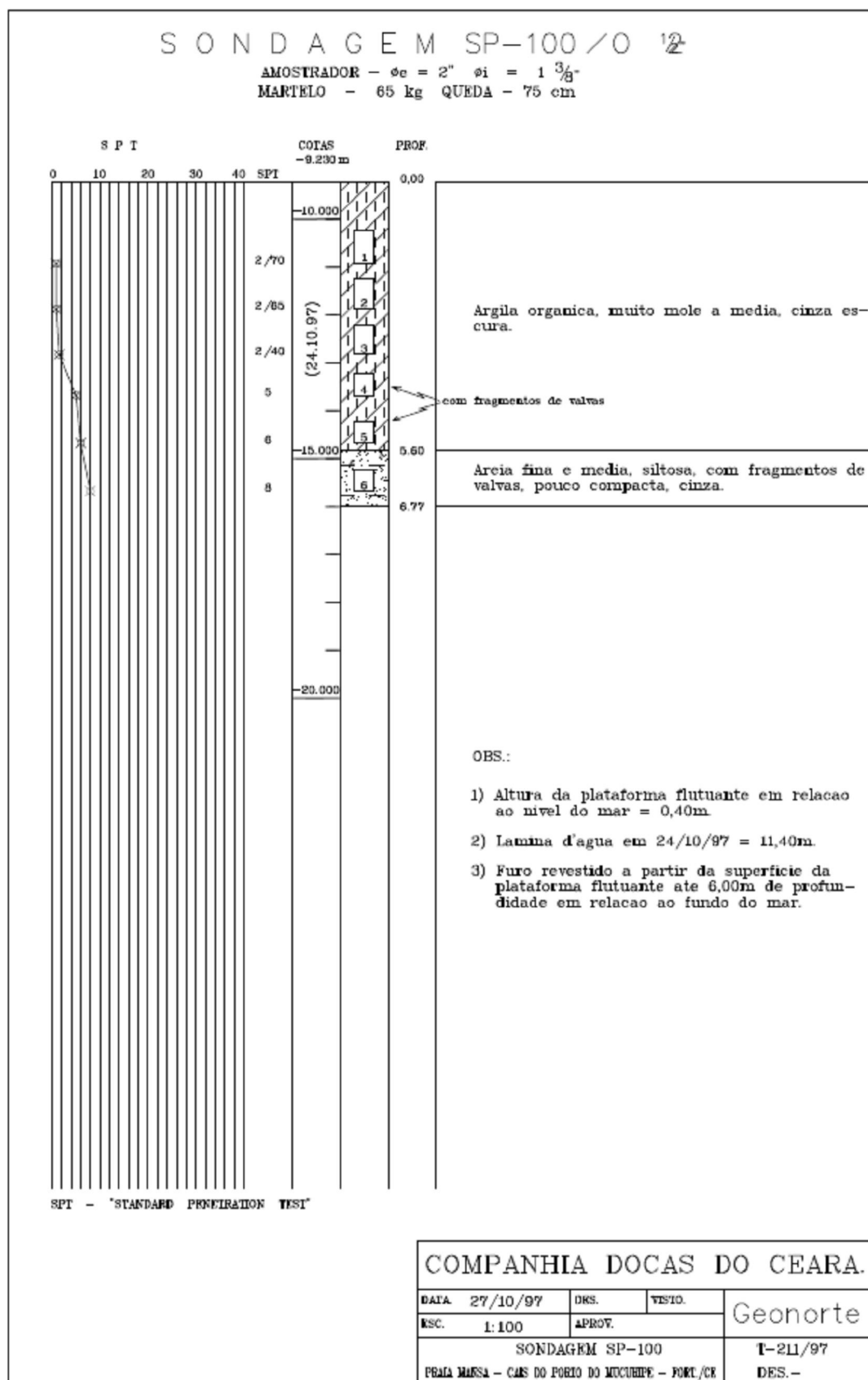


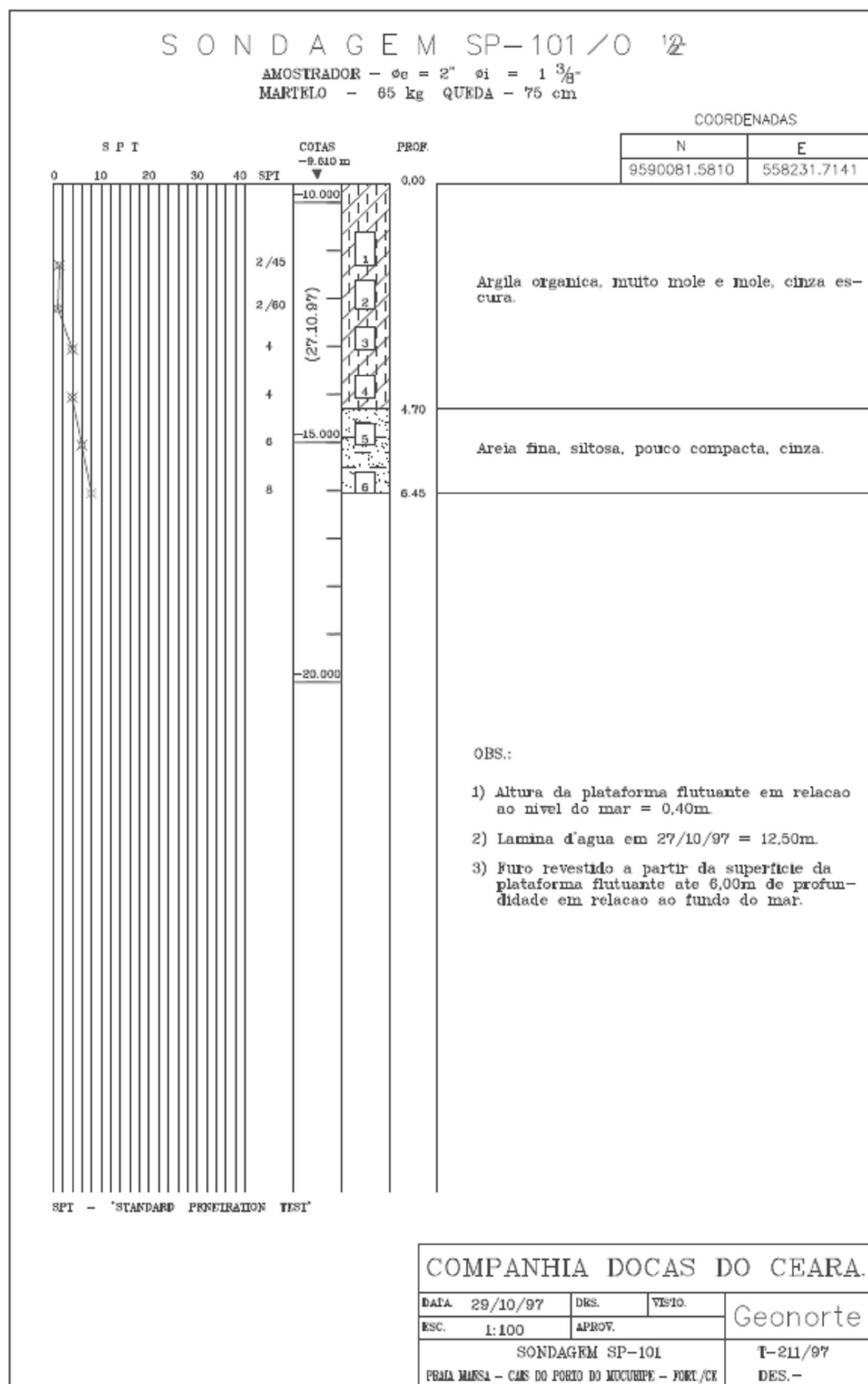


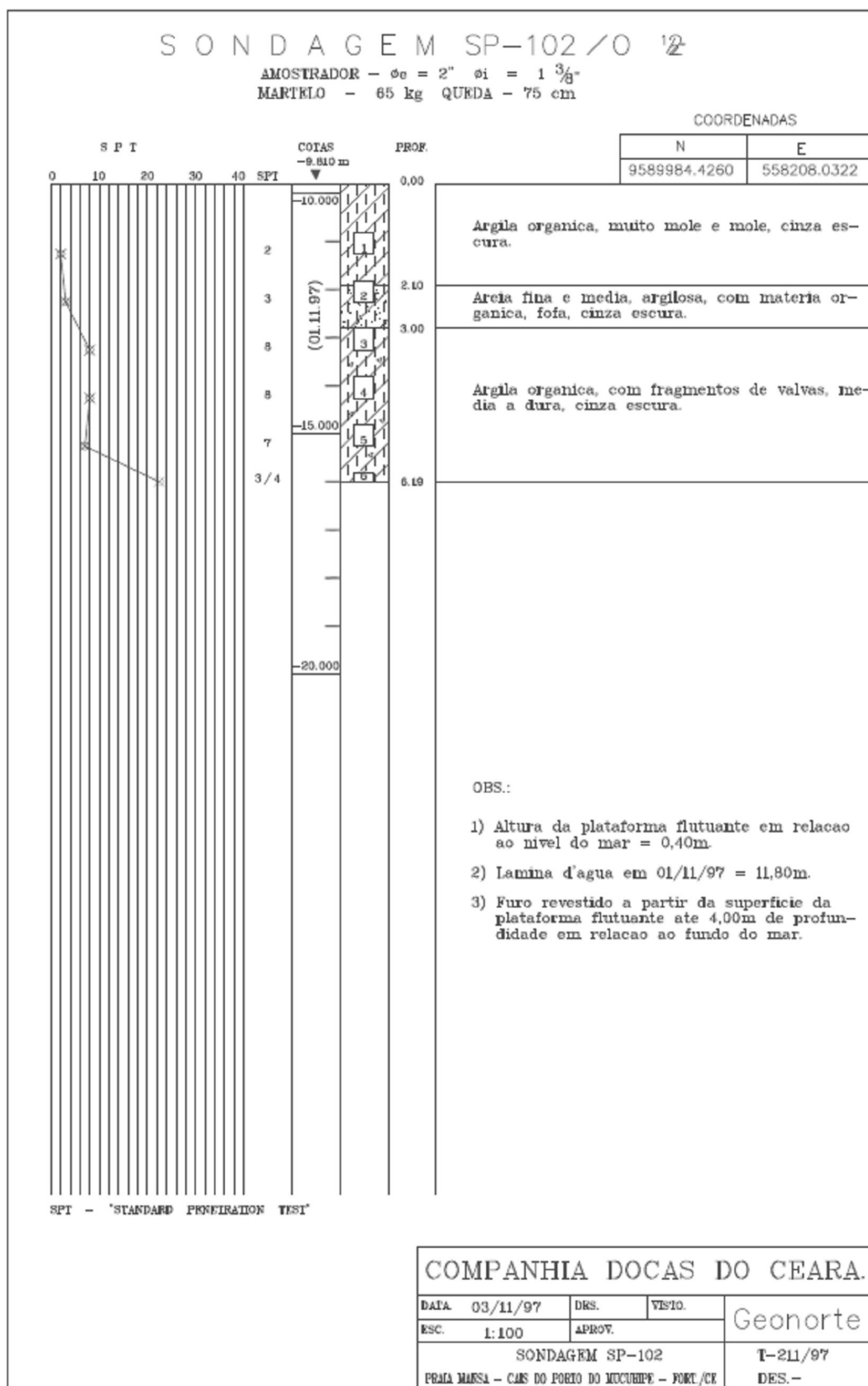


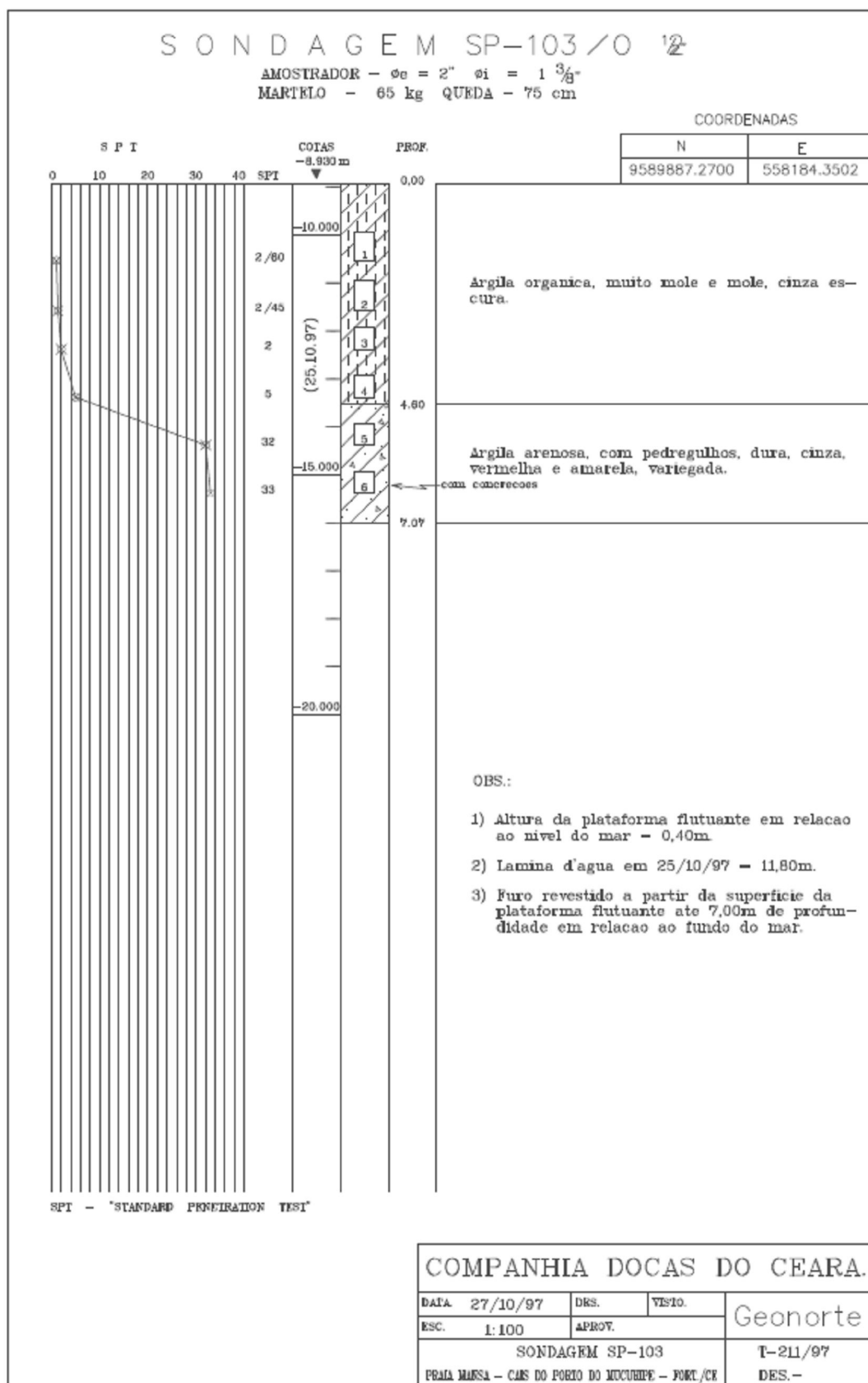




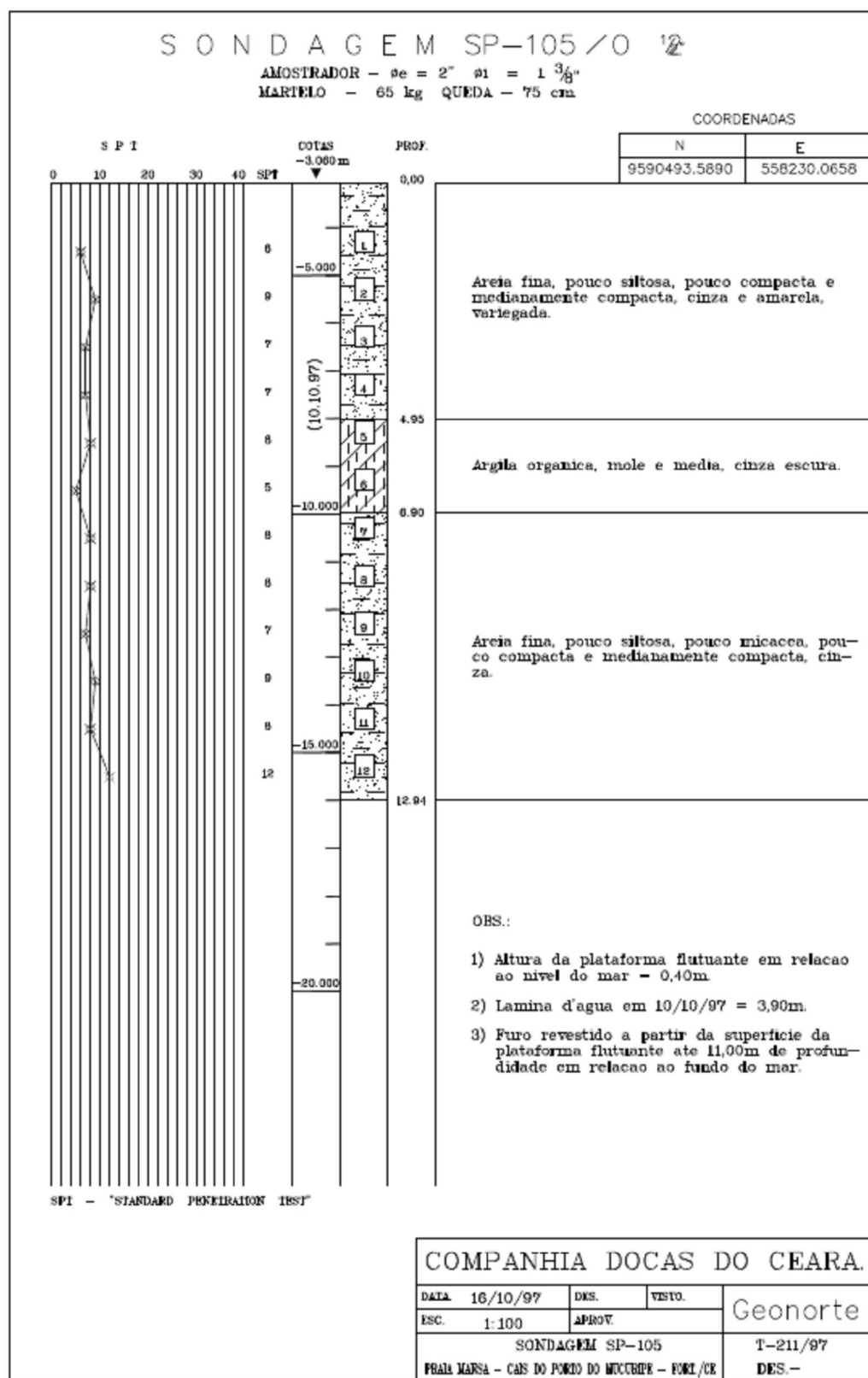


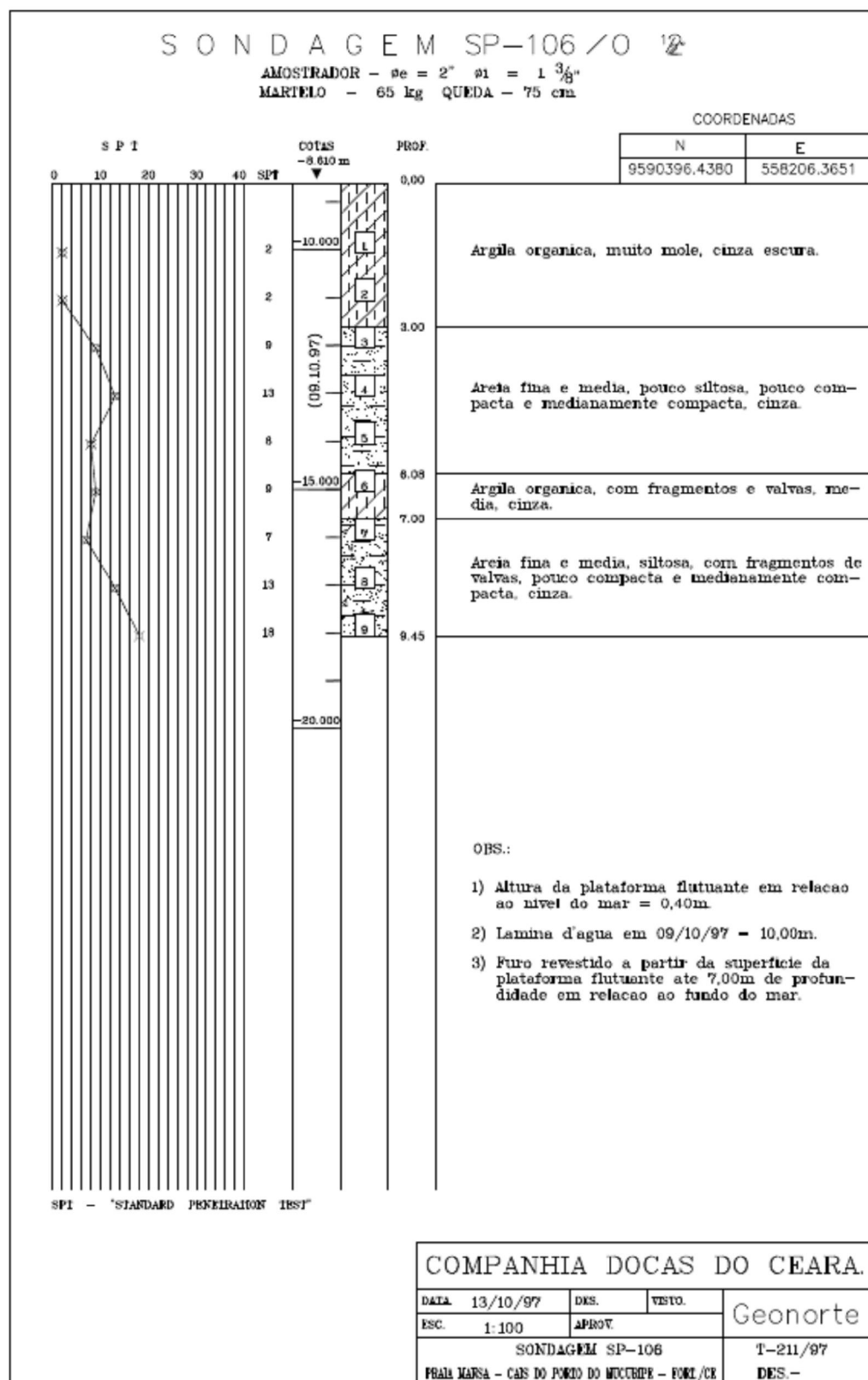


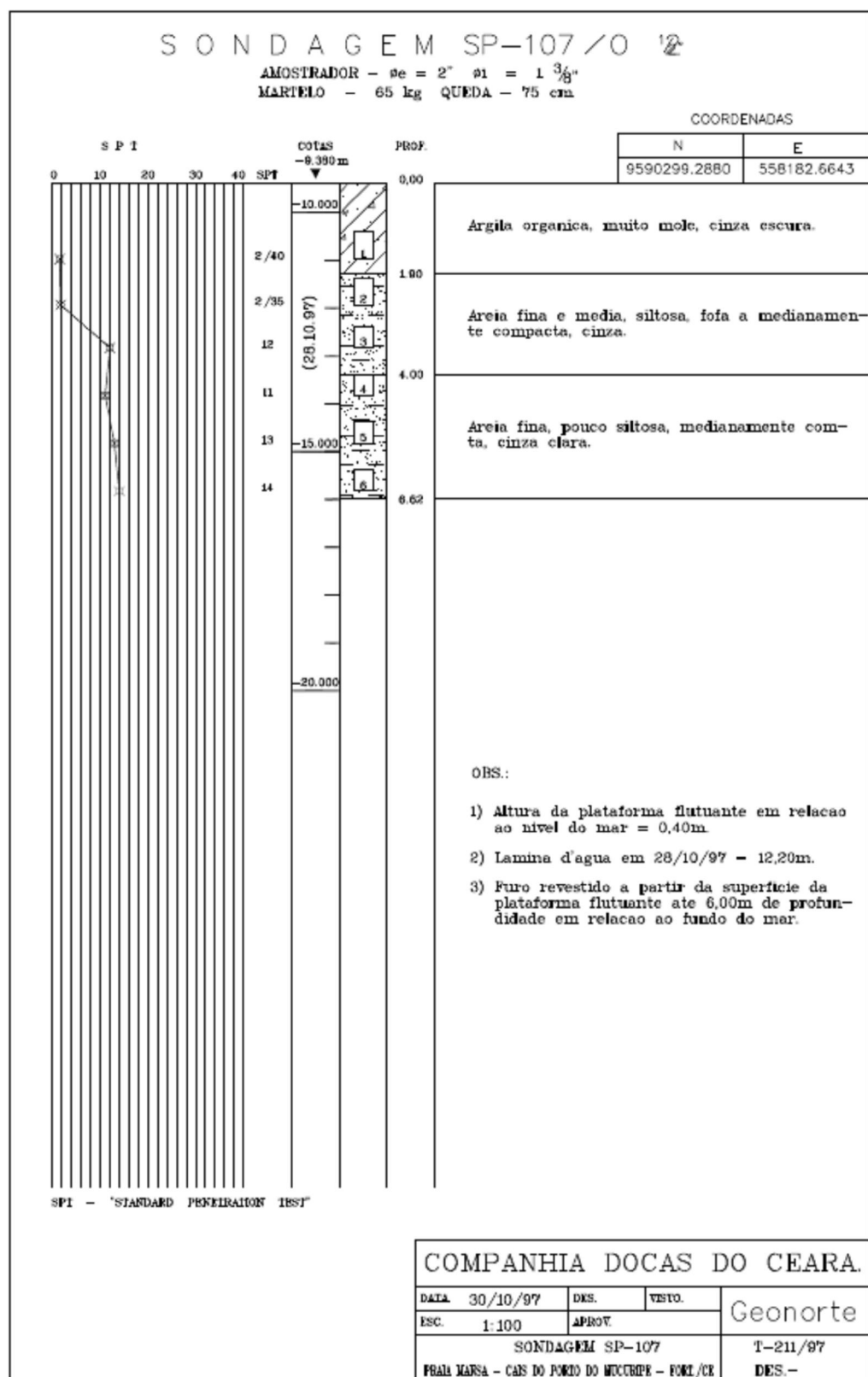


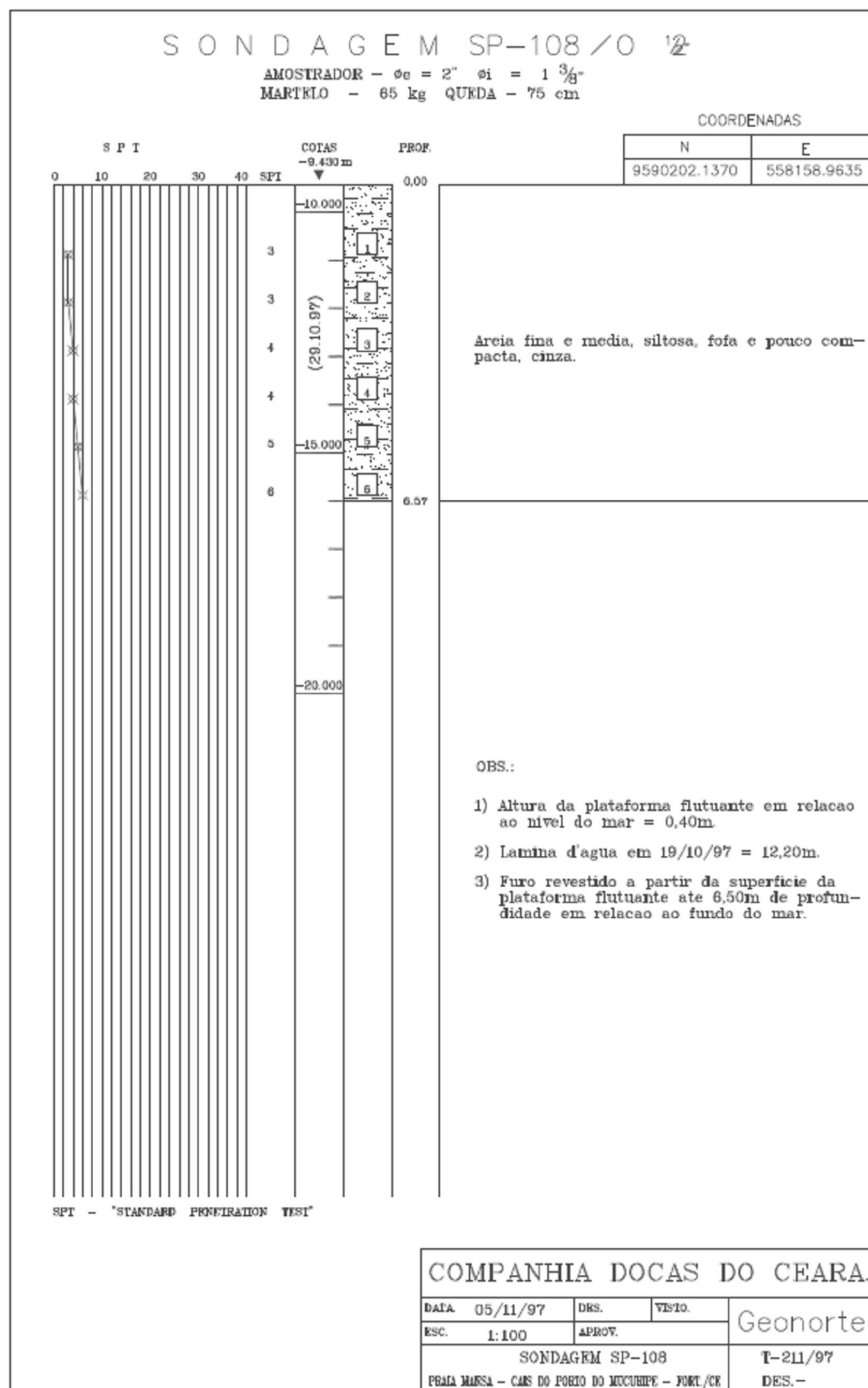


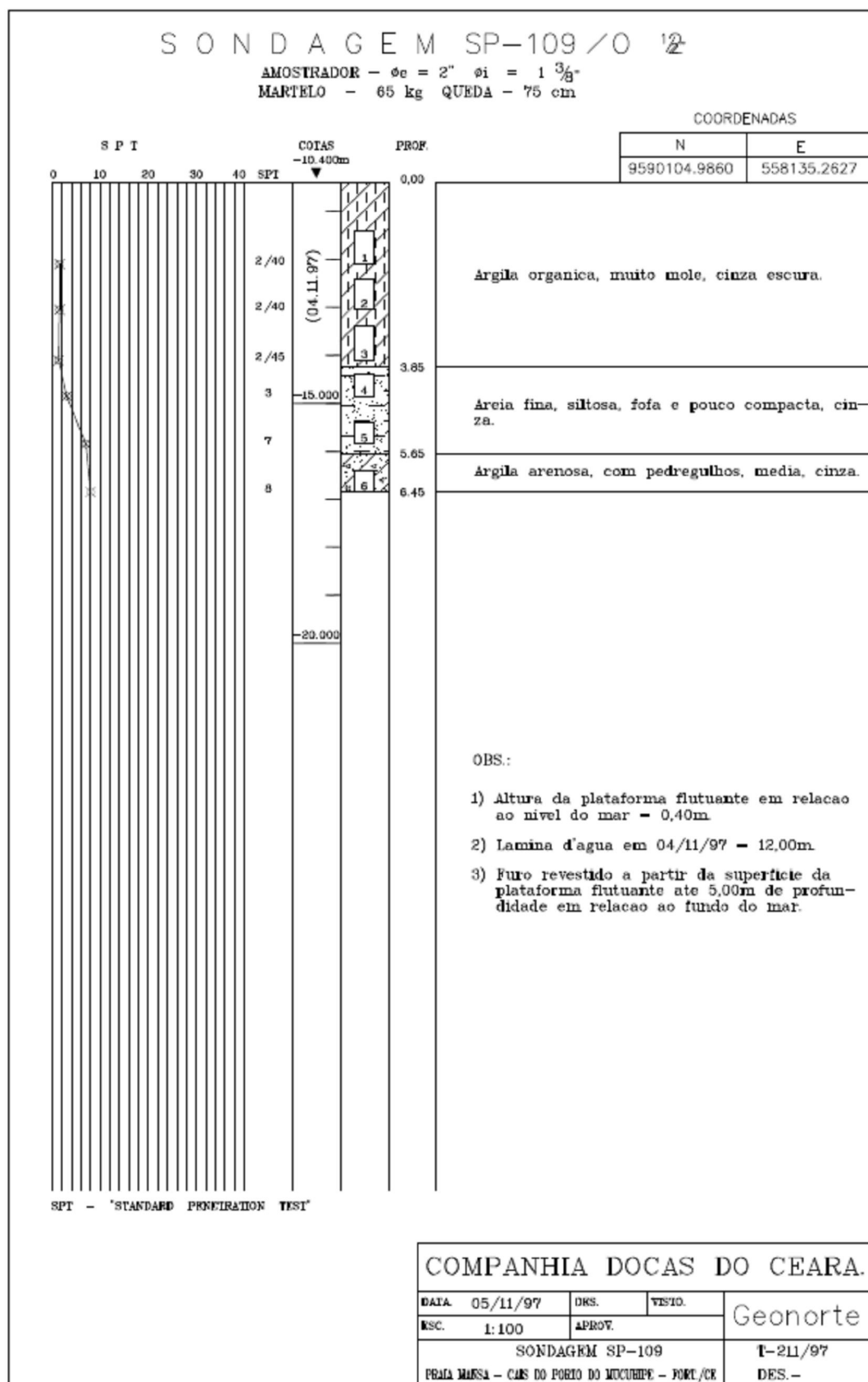


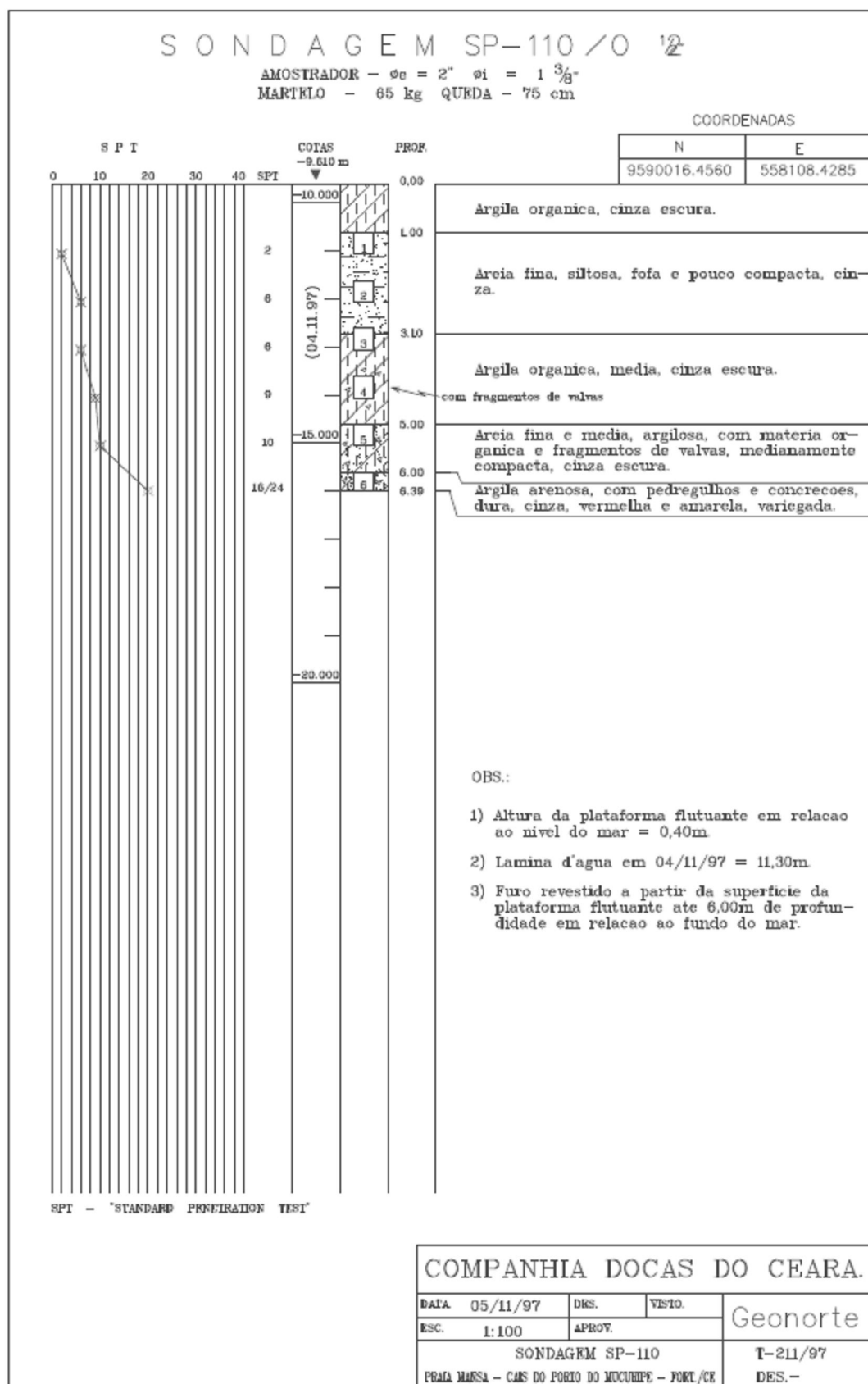


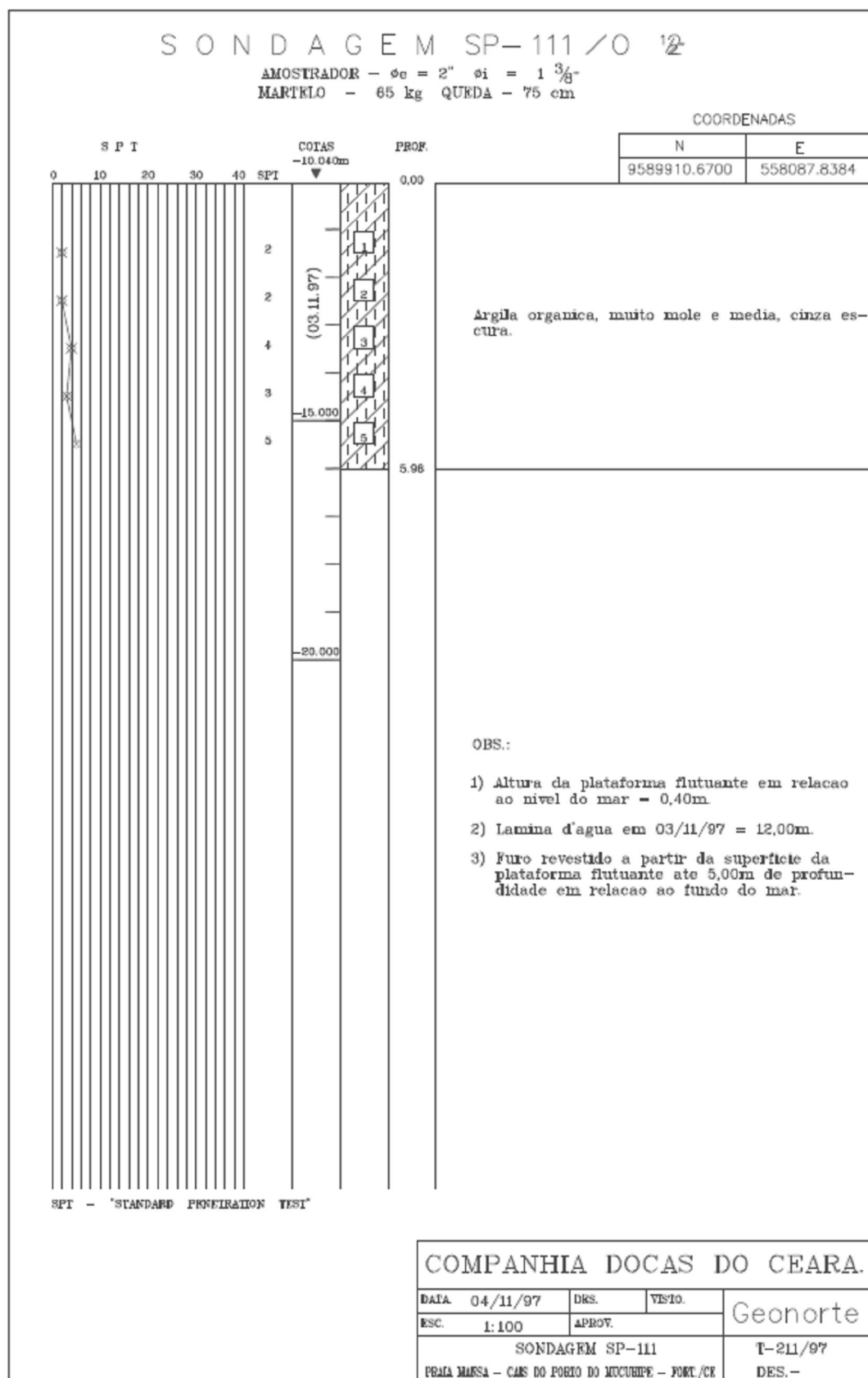


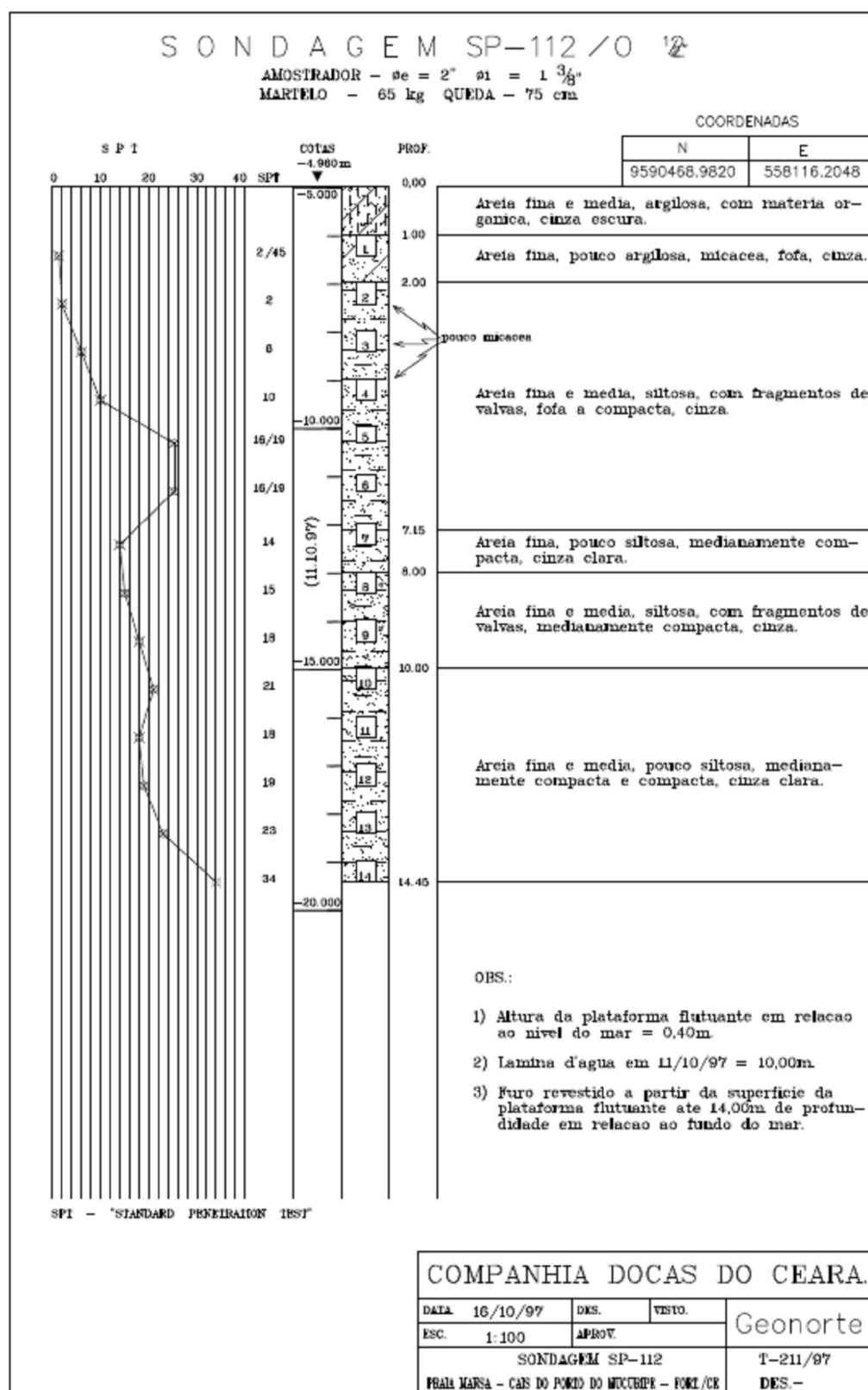




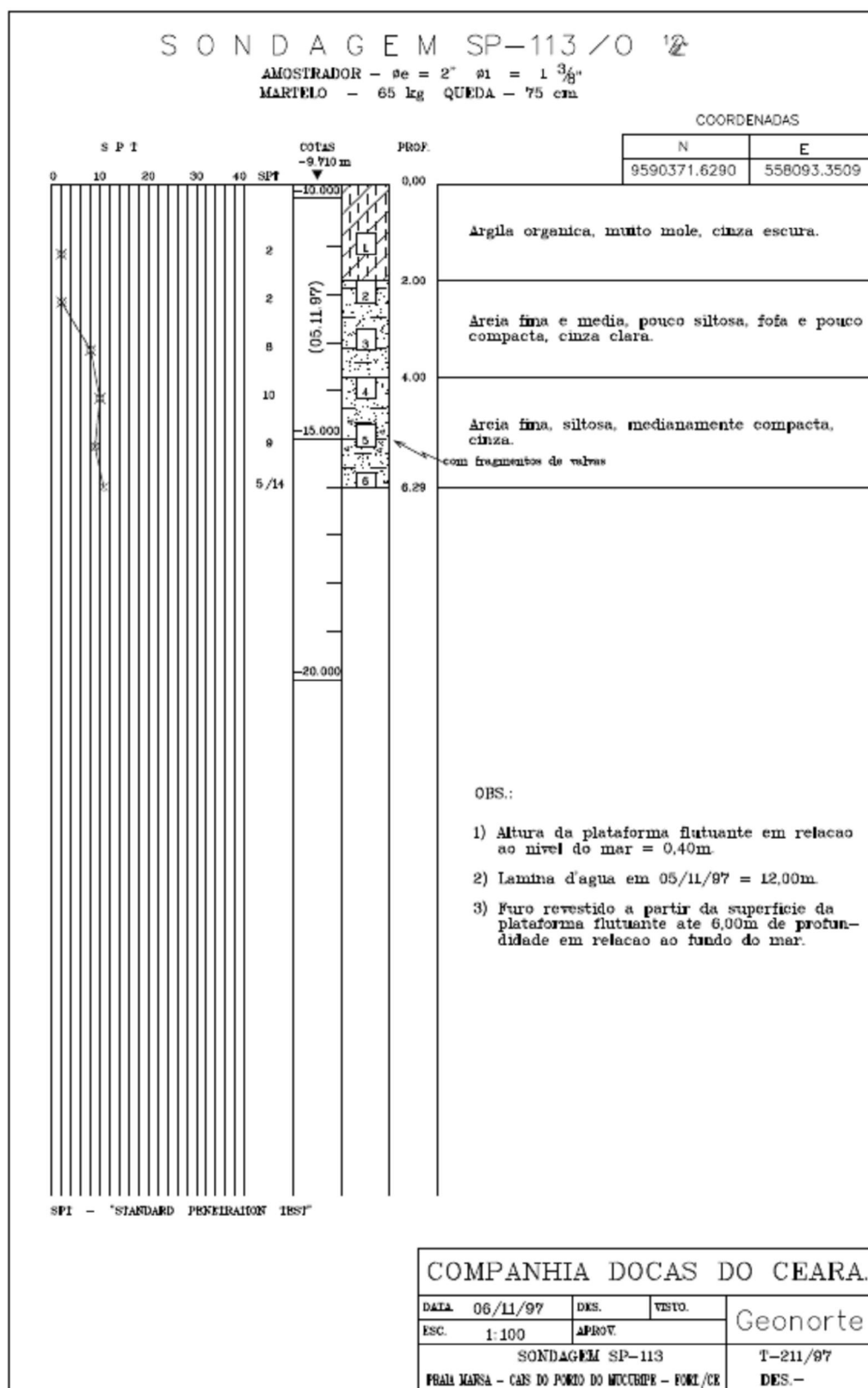


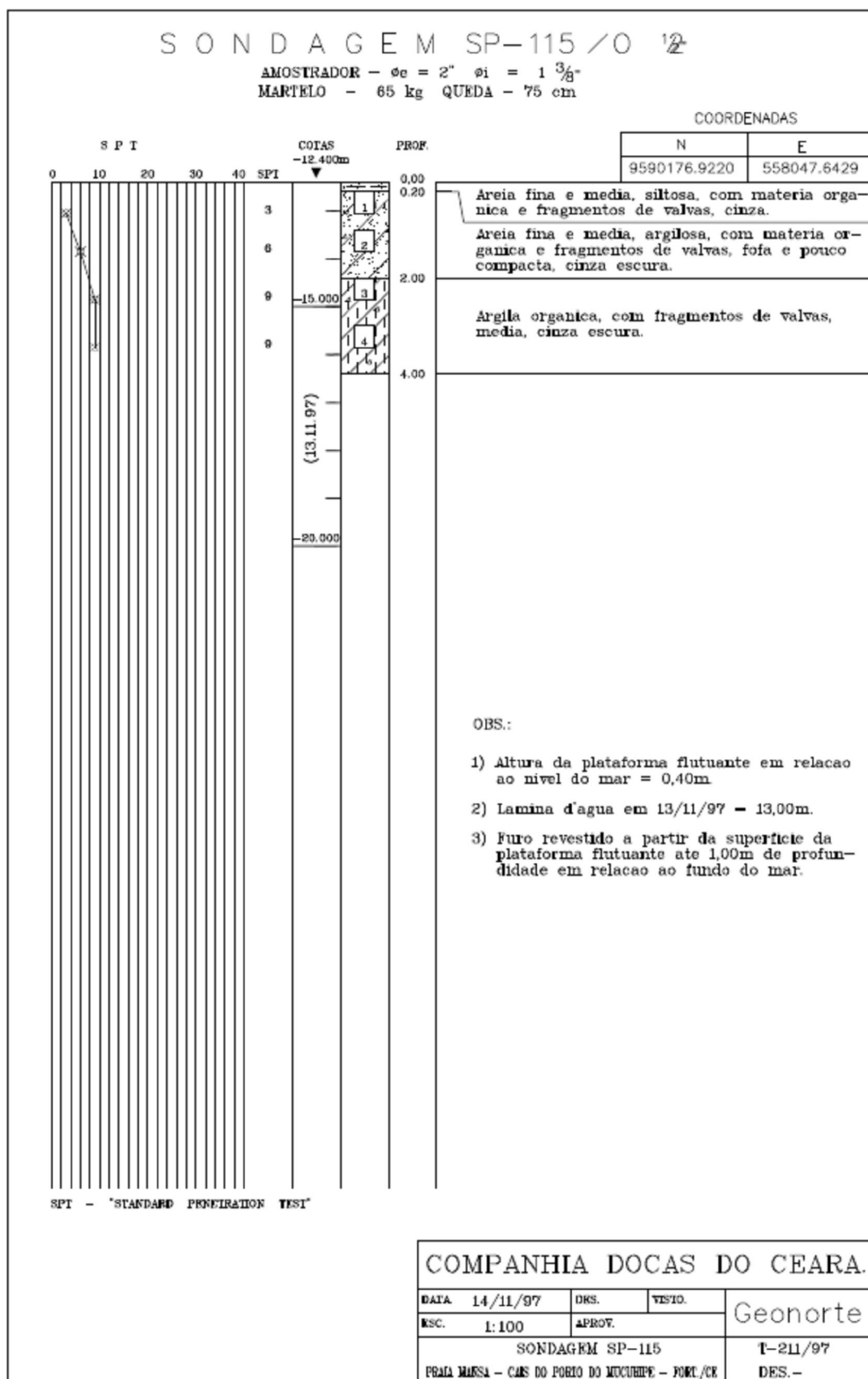


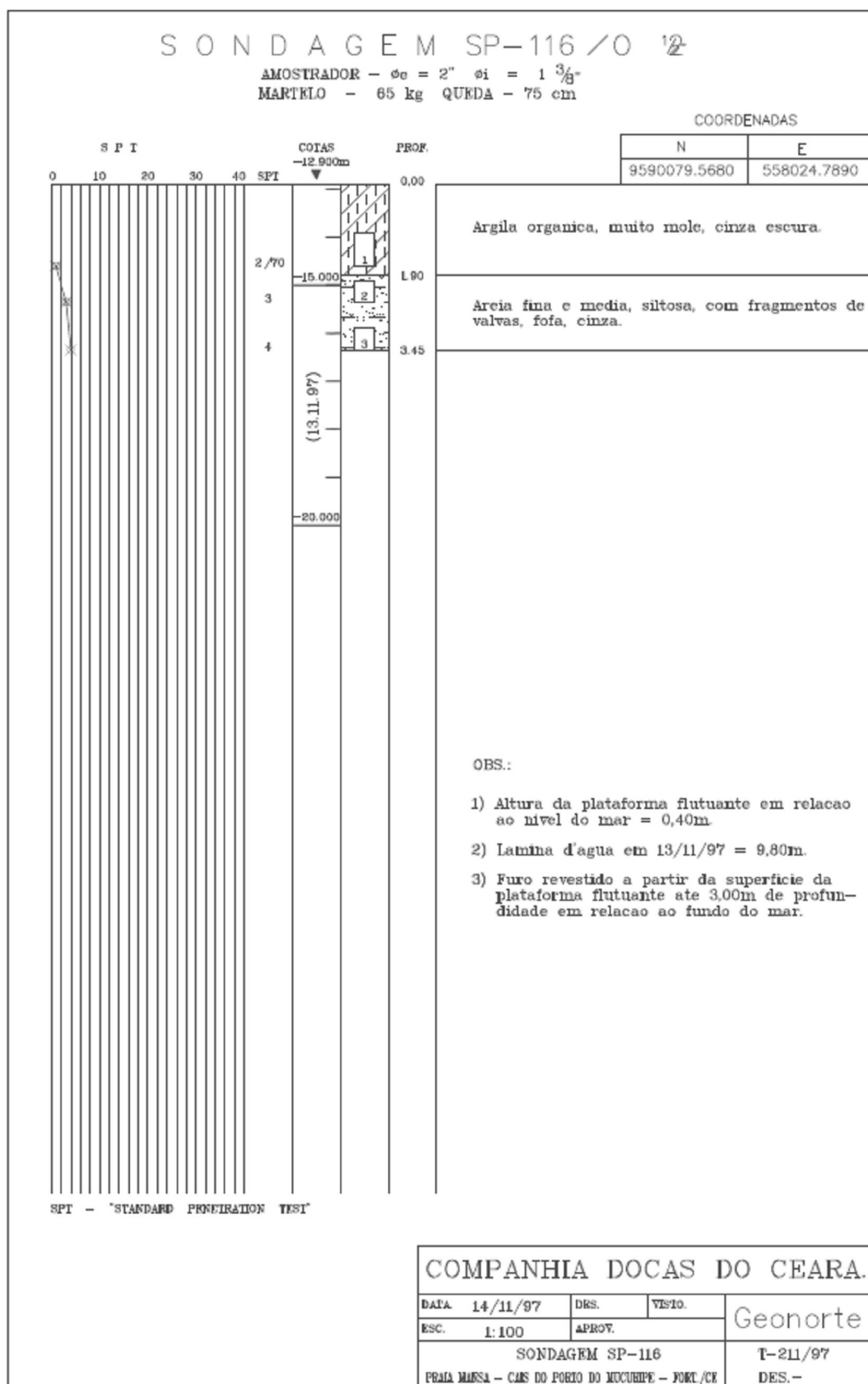


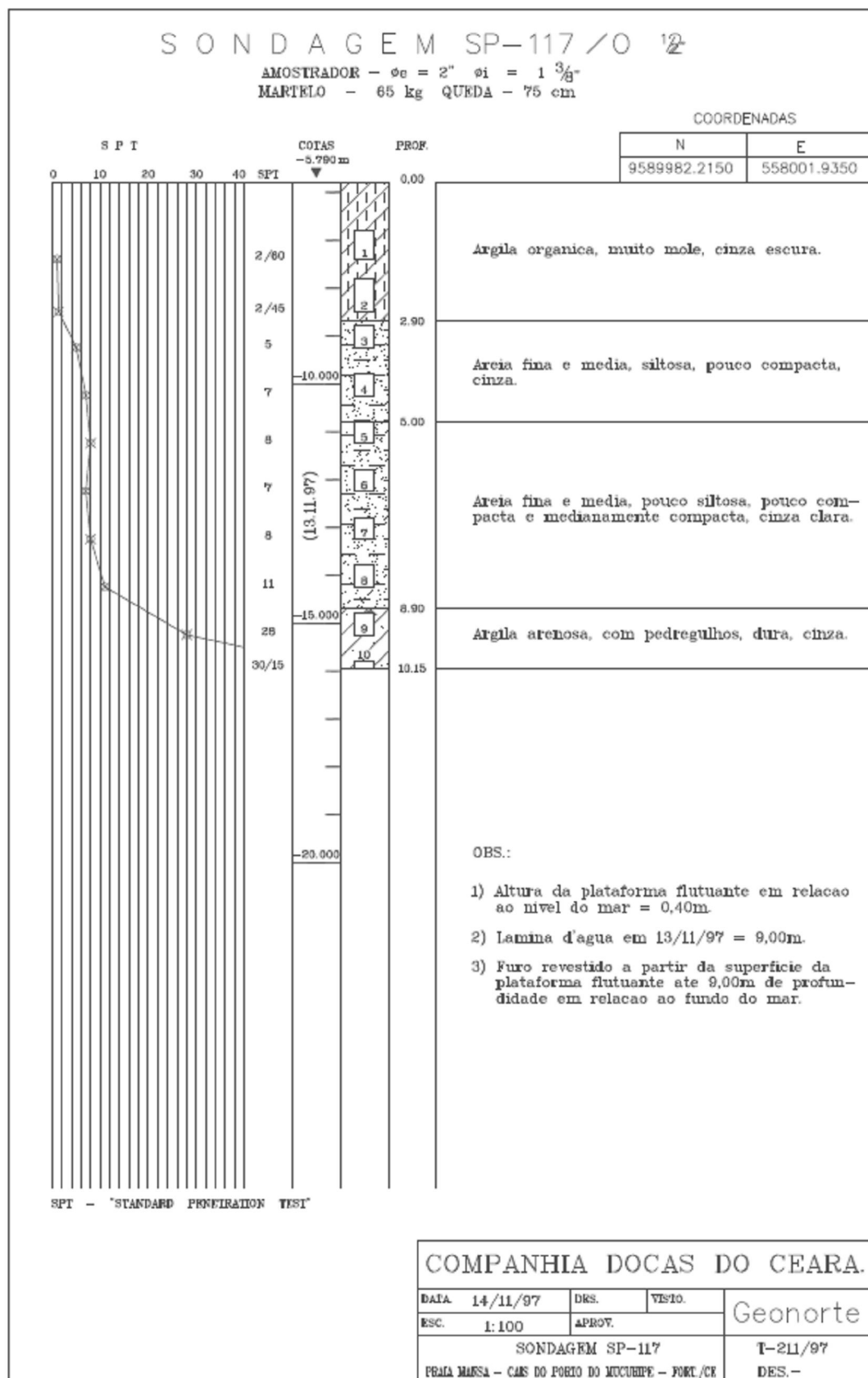


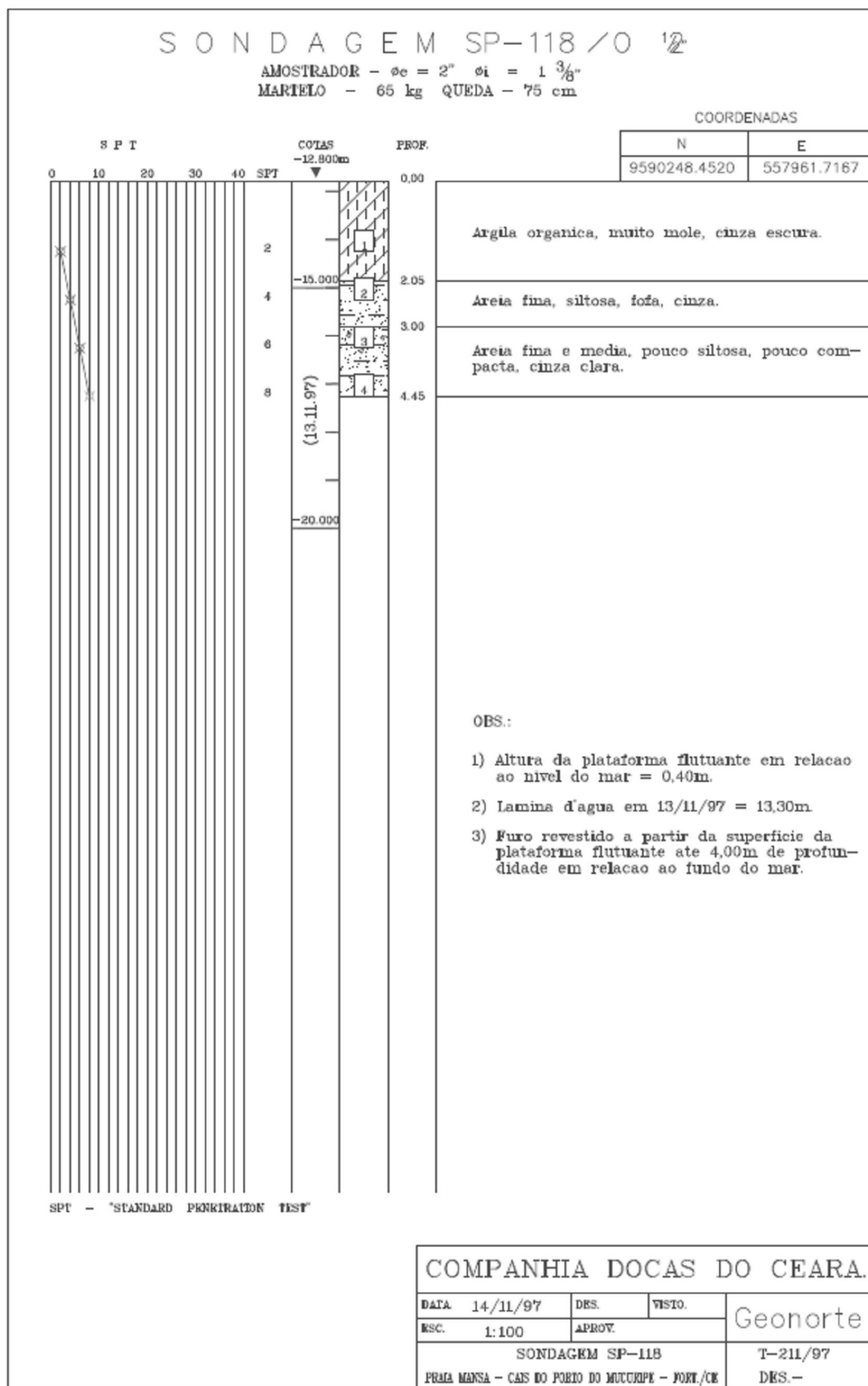


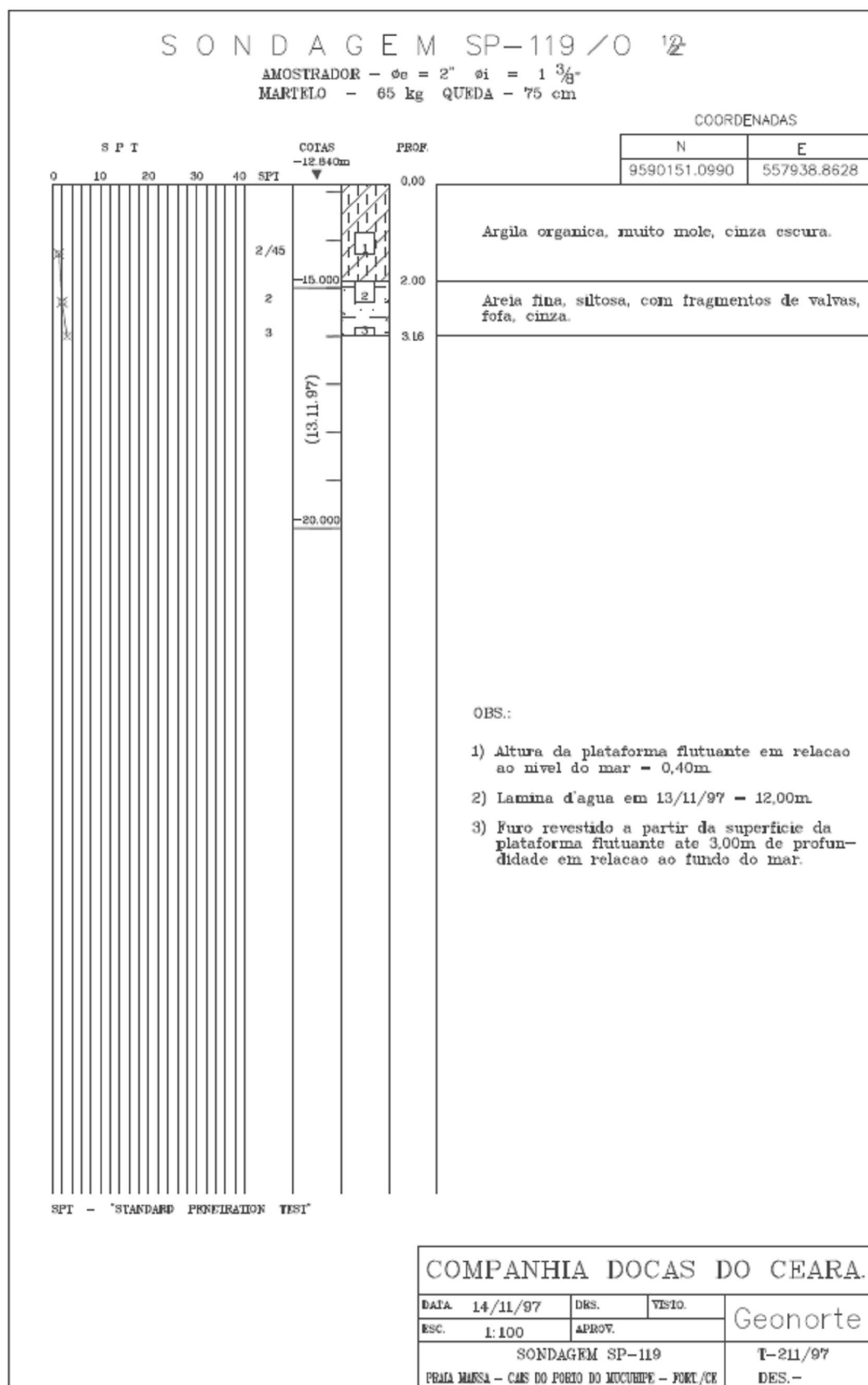


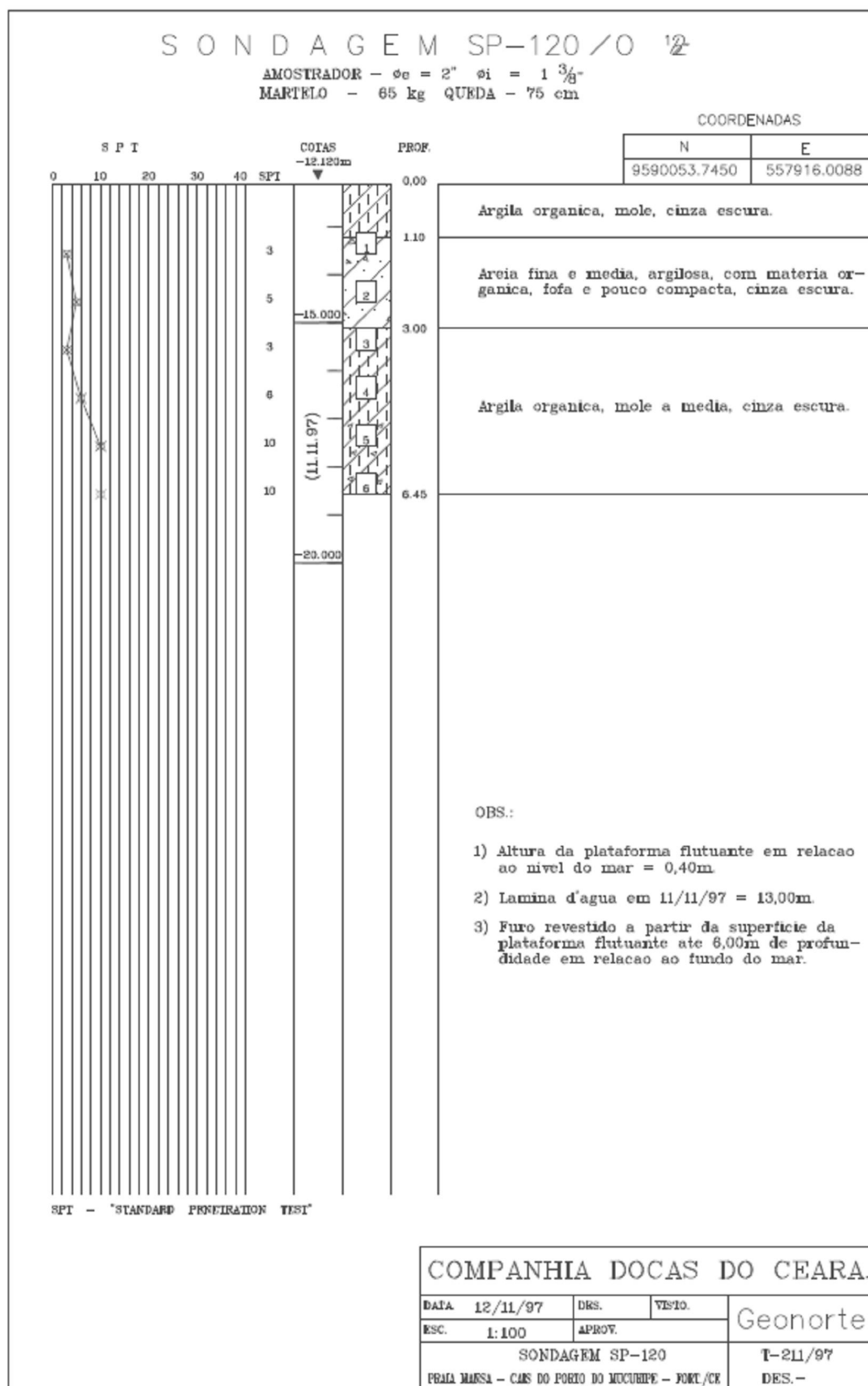


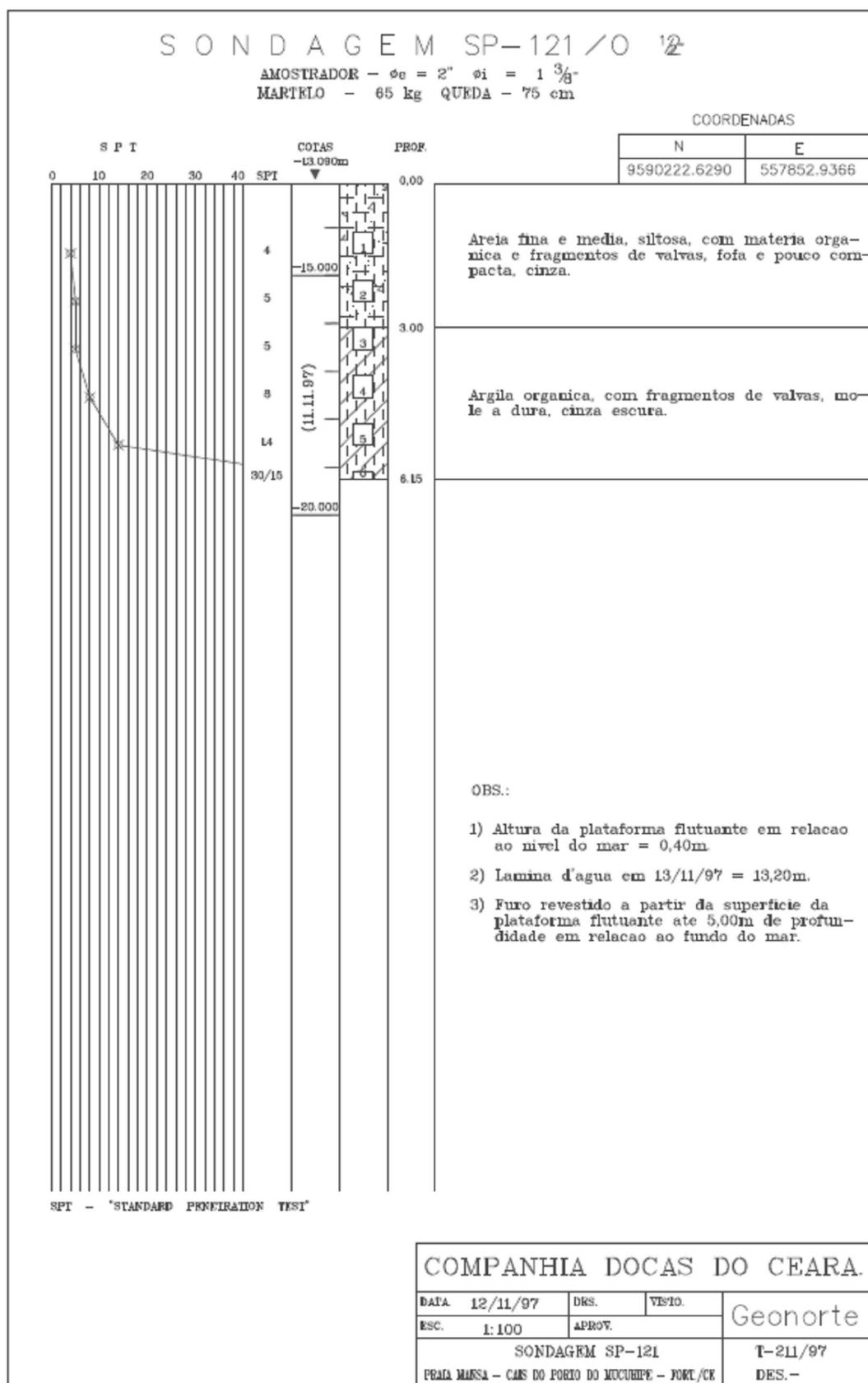




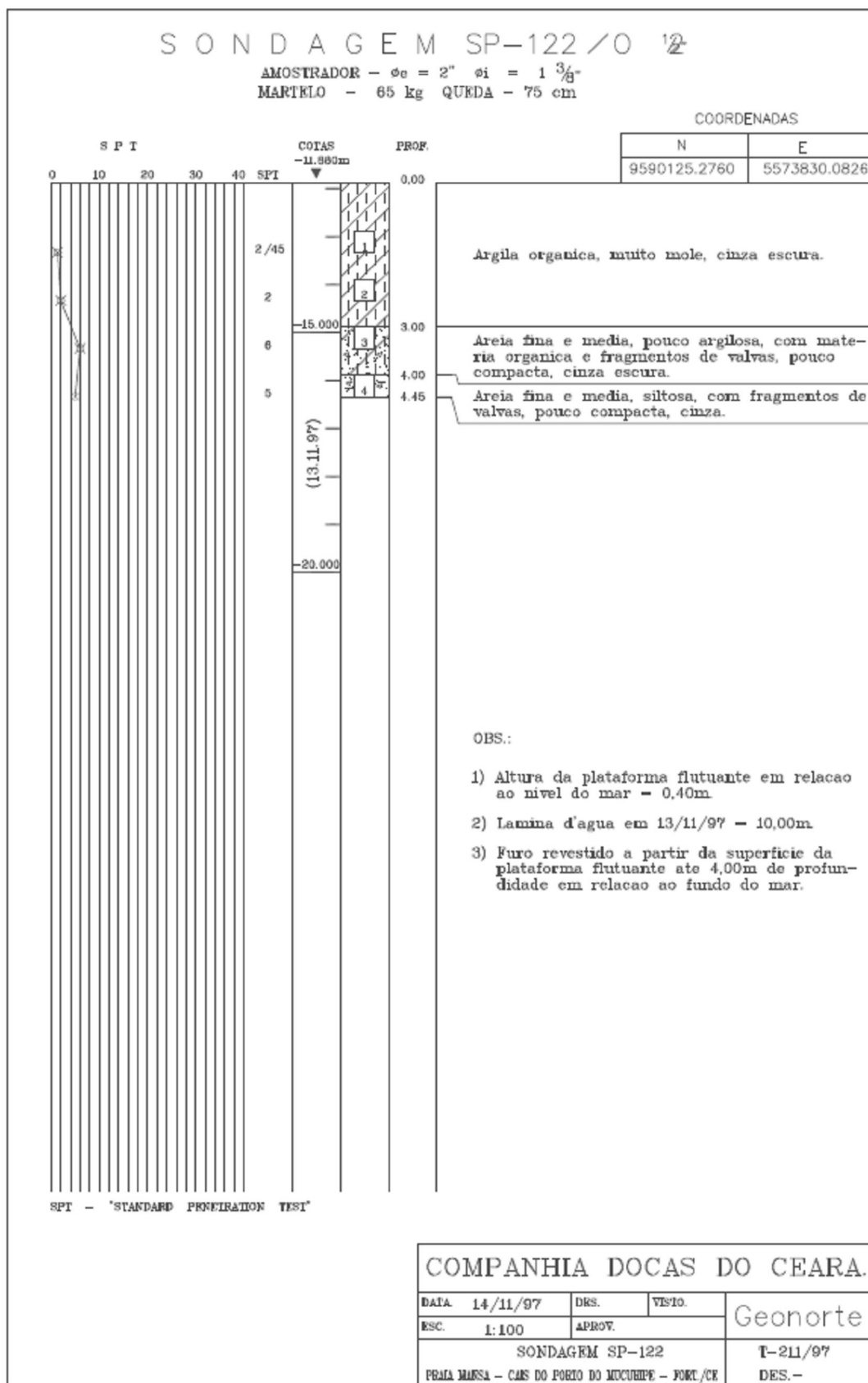






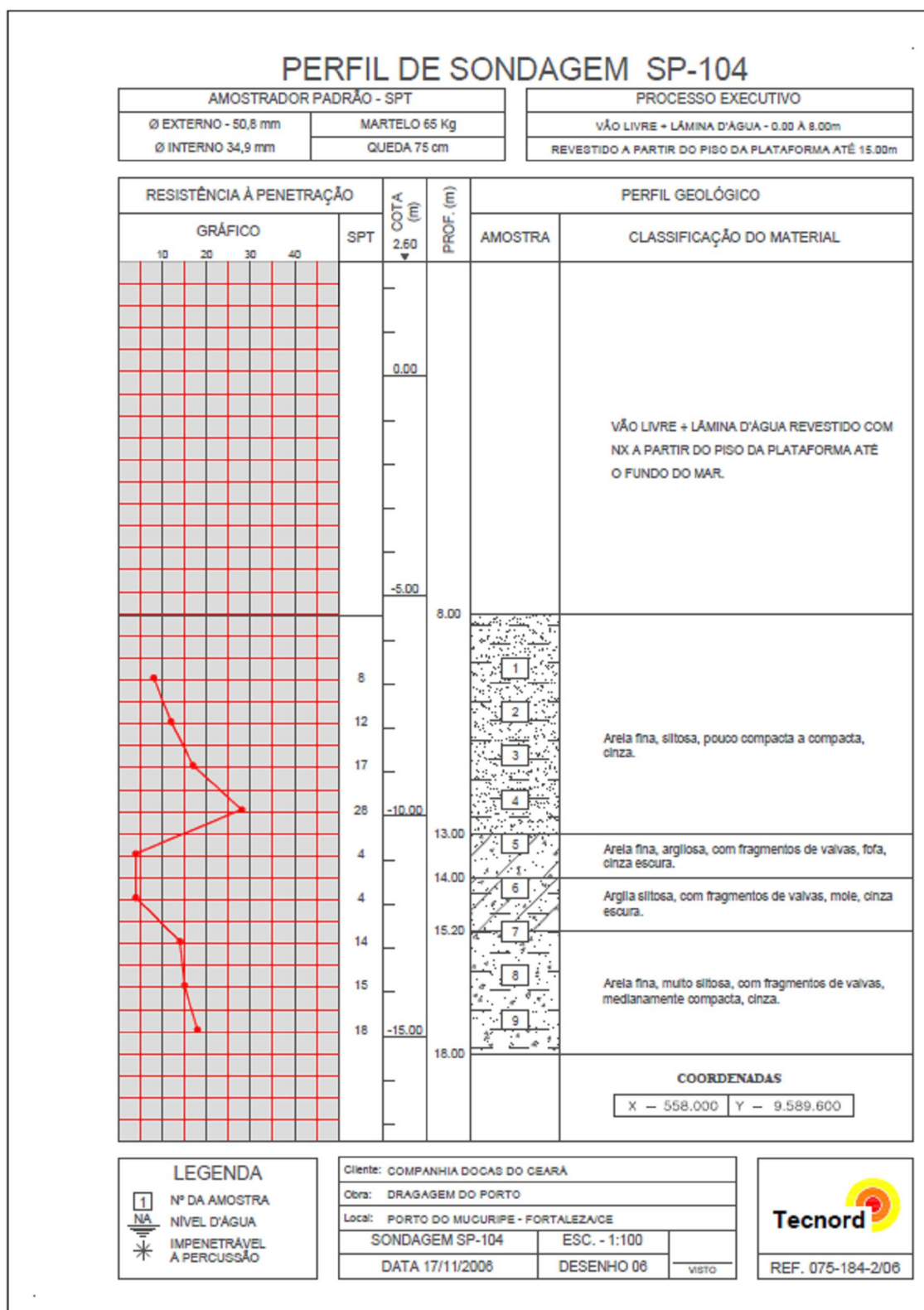




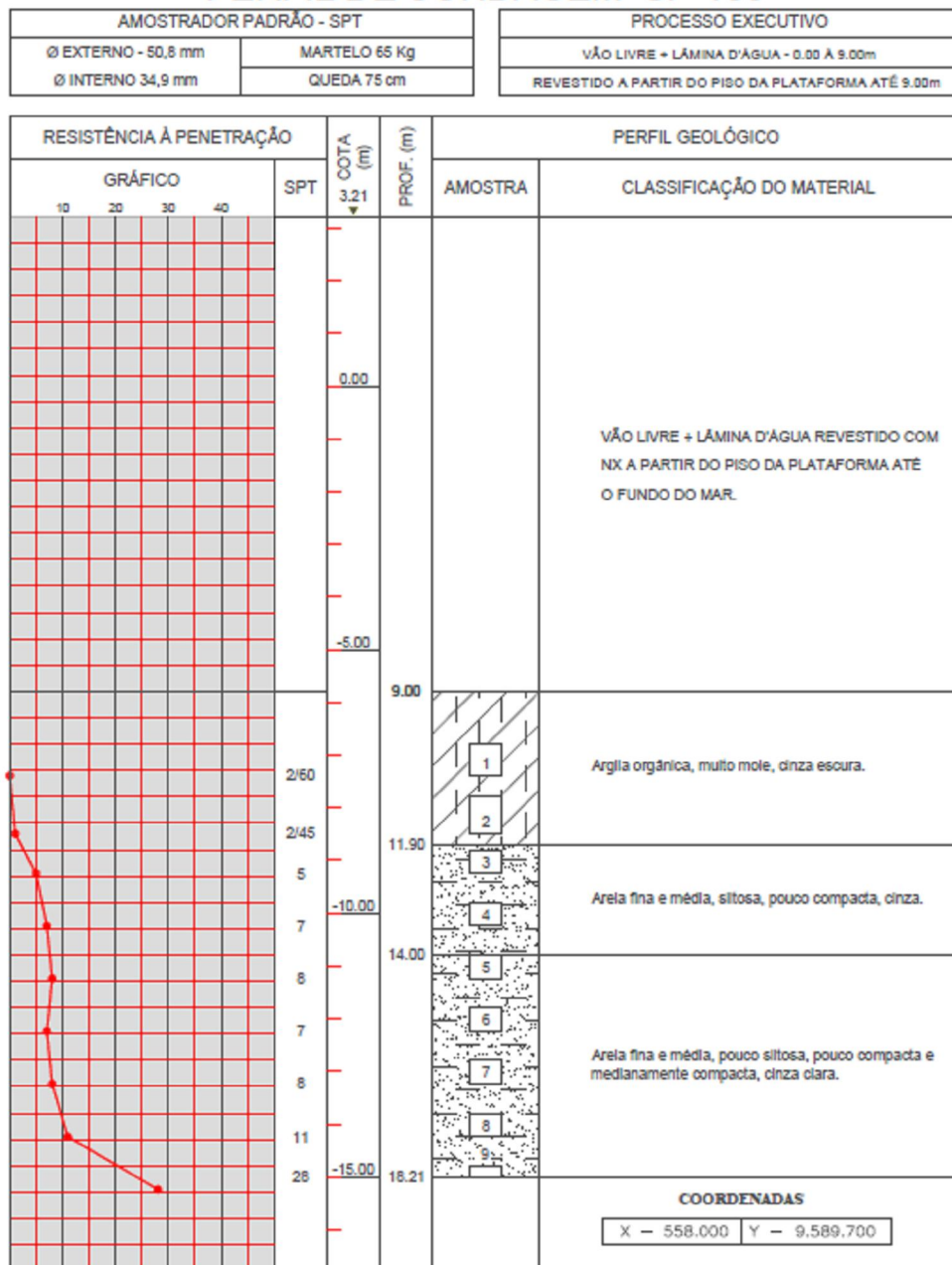




## **ANEXO D - Perfis de sondagens realizadas pela empresa Tecnord – 2006**



# PERFIL DE SONDAGEM SP-105



LEGENDA	
	Nº DA AMOSTRA
	NÍVEL D'ÁGUA
	IMPENETRÁVEL A PERCUSSÃO

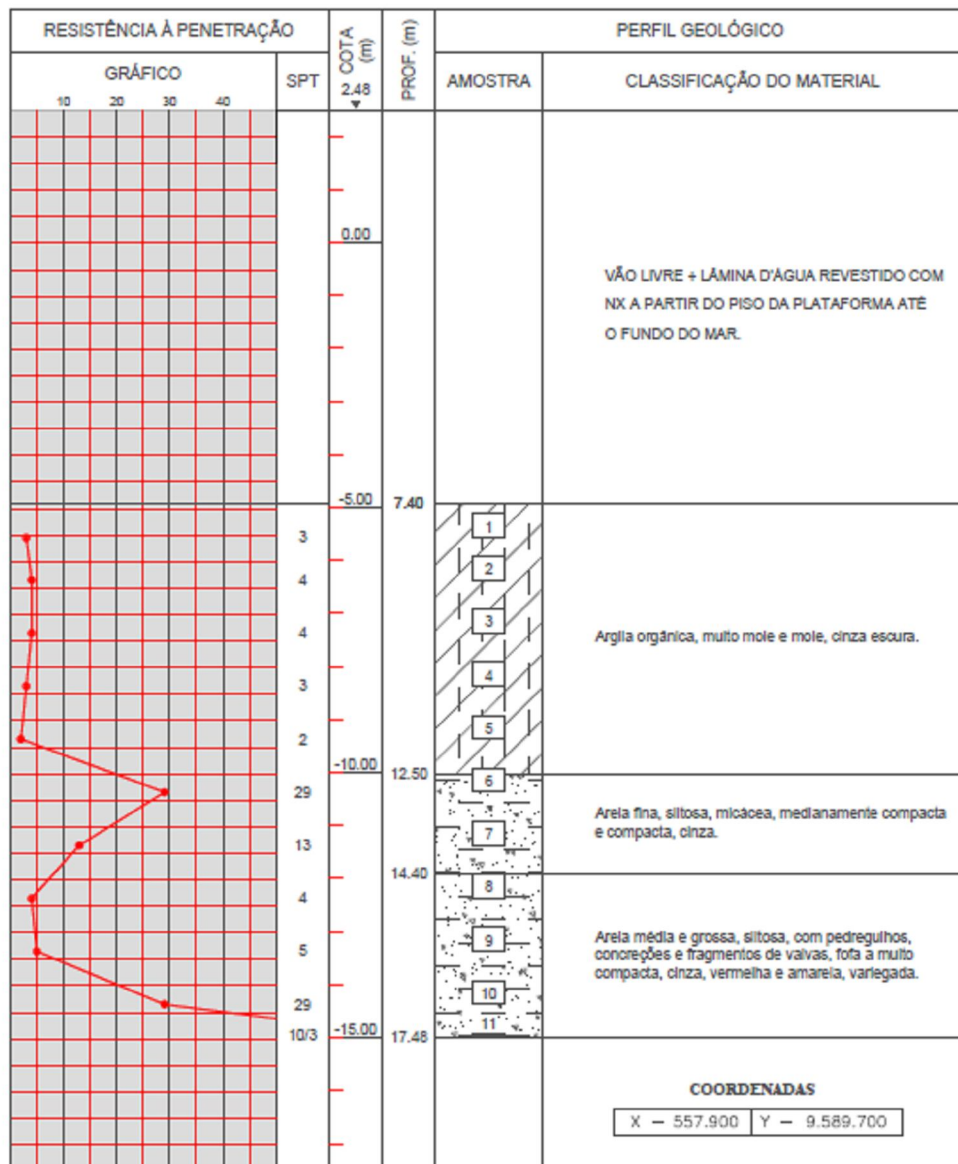
Cliente: COMPANHIA DOCS DO CEARÁ		
Obra: DRAGAGEM DO PORTO		
Local: PORTO DO MUCURIBE - FORTALEZA/CE		
SONDAGEM SP-107	ESC. - 1:100	
DATA 18/11/2006	DESENHO 07	VISTO

REF. 075-184-2/06



# PERFIL DE SONDAGEM SP-107

AMOSTRADOR PADRÃO - SPT		PROCESSO EXECUTIVO	
Ø EXTERNO - 50,8 mm	MARTELO 65 Kg	VÃO LIVRE + LÂMINA D'ÁGUA - 0,00 A 7,40m	
Ø INTERNO 34,9 mm	QUEDA 75 cm	REVESTIDO A PARTIR DO PISO DA PLATAFORMA ATÉ 11,00m	



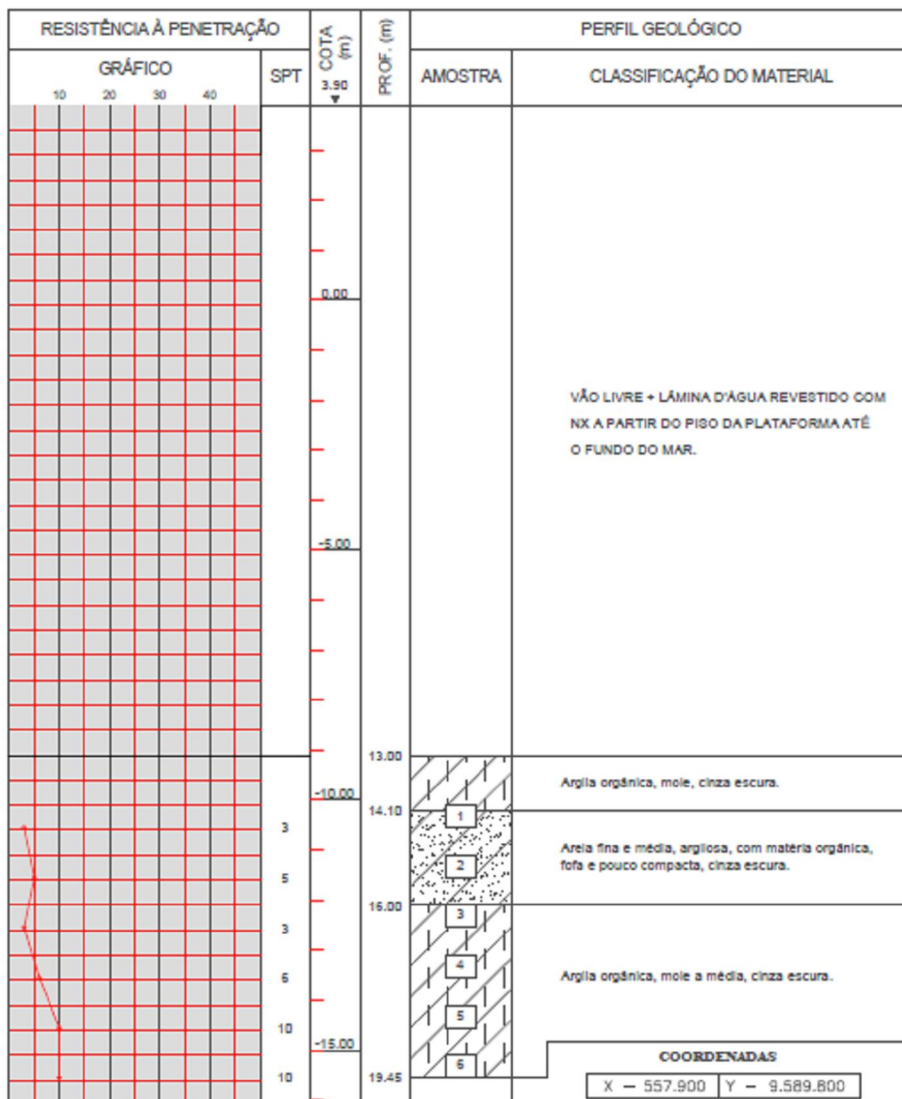
LEGENDA	
1	Nº DA AMOSTRA
NA	NÍVEL D'ÁGUA
*	IMPENETRÁVEL A PERCUSSÃO

Cliente: COMPANHIA DOCS DO CEARÁ		
Obra: DRAGAGEM DO PORTO		
Local: PORTO DO MUCURIBE - FORTALEZA/CE		
SONDAGEM SP-107	ESC. - 1:100	
DATA 24/11/2006	DESENHO 09	VISTO

REF. 075-184-2/06	

# PERFIL DE SONDAGEM SP-108

AMOSTRADOR PADRÃO - SPT		PROCESSO EXECUTIVO
Ø EXTERNO - 50,8 mm	MARTELO 65 Kg	VÃO LIVRE + LÂMINA D'ÁGUA - 0.00 A 13.00m
Ø INTERNO 34,9 mm	QUEDA 75 cm	REVESTIDO A PARTIR DO PISO DA PLATAFORMA ATÉ 6.00m

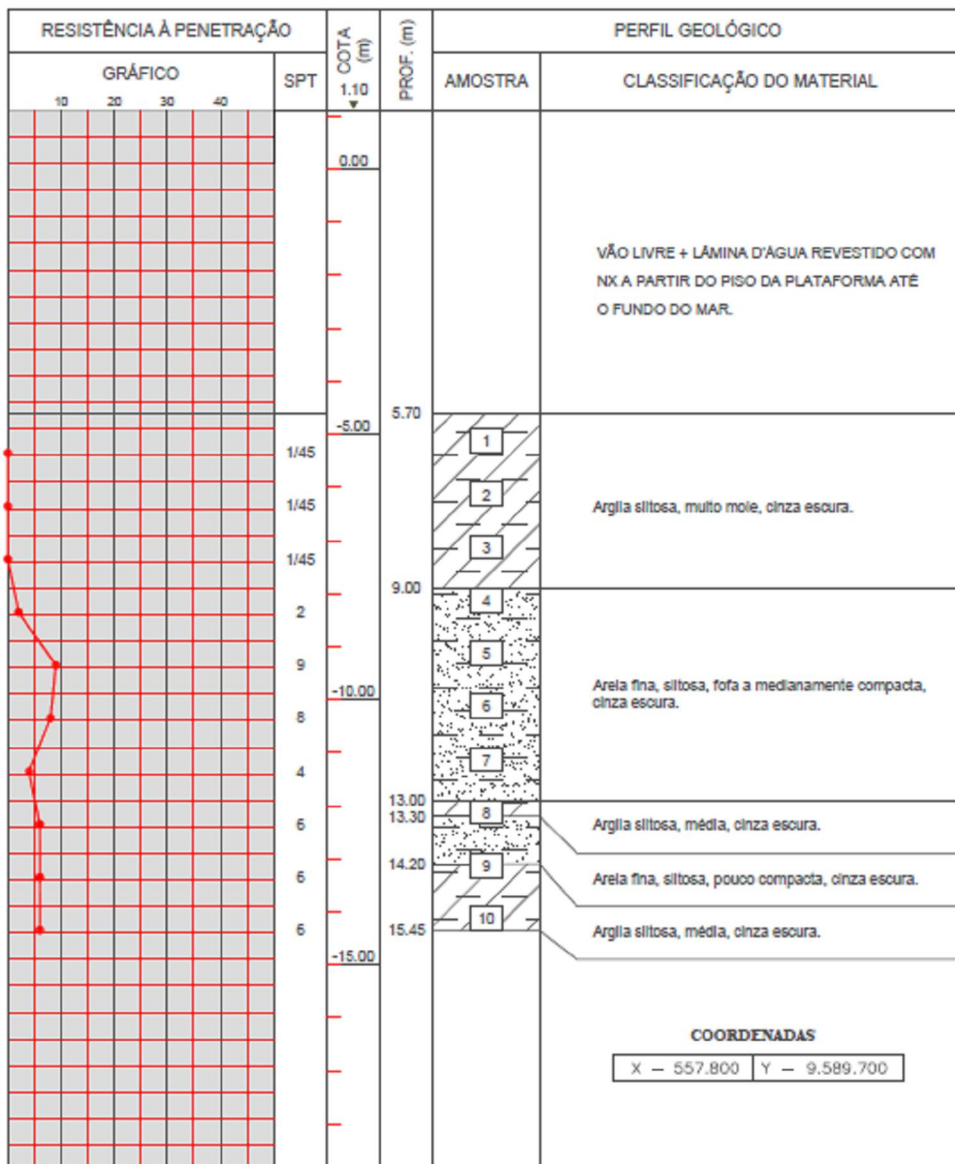


<b>LEGENDA</b> <div> <div>1</div> <div>Nº DA AMOSTRA</div> </div> <div> <div>NA</div> <div>NÍVEL D'ÁGUA</div> </div> <div> <div>*</div> <div>IMPENETRÁVEL À PERCUSSÃO</div> </div>		Cliente: COMPANHIA DOCS DO CEARÁ Obra: DRAGAGEM DO PORTO Local: PORTO DO MUCURIBE - FORTALEZA/CE SONDAGEM SP-108 DATA 08/12/2006		ESC. - 1:100 DESENHO 10 VISTO		 REF. 075-184-2/06
---	--	--	--	-------------------------------------	--	-----------------------



# PERFIL DE SONDAGEM SP-109

AMOSTRADOR PADRÃO - SPT		PROCESSO EXECUTIVO
Ø EXTERNO - 50,8 mm	MARTELO 65 Kg	VÃO LIVRE + LÂMINA D'ÁGUA - 0.00 A 5.70m
Ø INTERNO 34,9 mm	QUEDA 75 cm	REVESTIDO A PARTIR DO PISO DA PLATAFORMA ATÉ 13.00m



LEGENDA	
1	Nº DA AMOSTRA
NA	NÍVEL D'ÁGUA
*	IMPENETRÁVEL À PERCUSSÃO

Cliente: COMPANHIA DOCS DO CEARÁ	
Obra: DRAGAGEM DO PORTO	
Local: PORTO DO MUCURIBE - FORTALEZA/CE	
SONDAGEM SP-109	ESC. - 1:100
DATA 22/11/2008	DESENHO 11
	VISTO

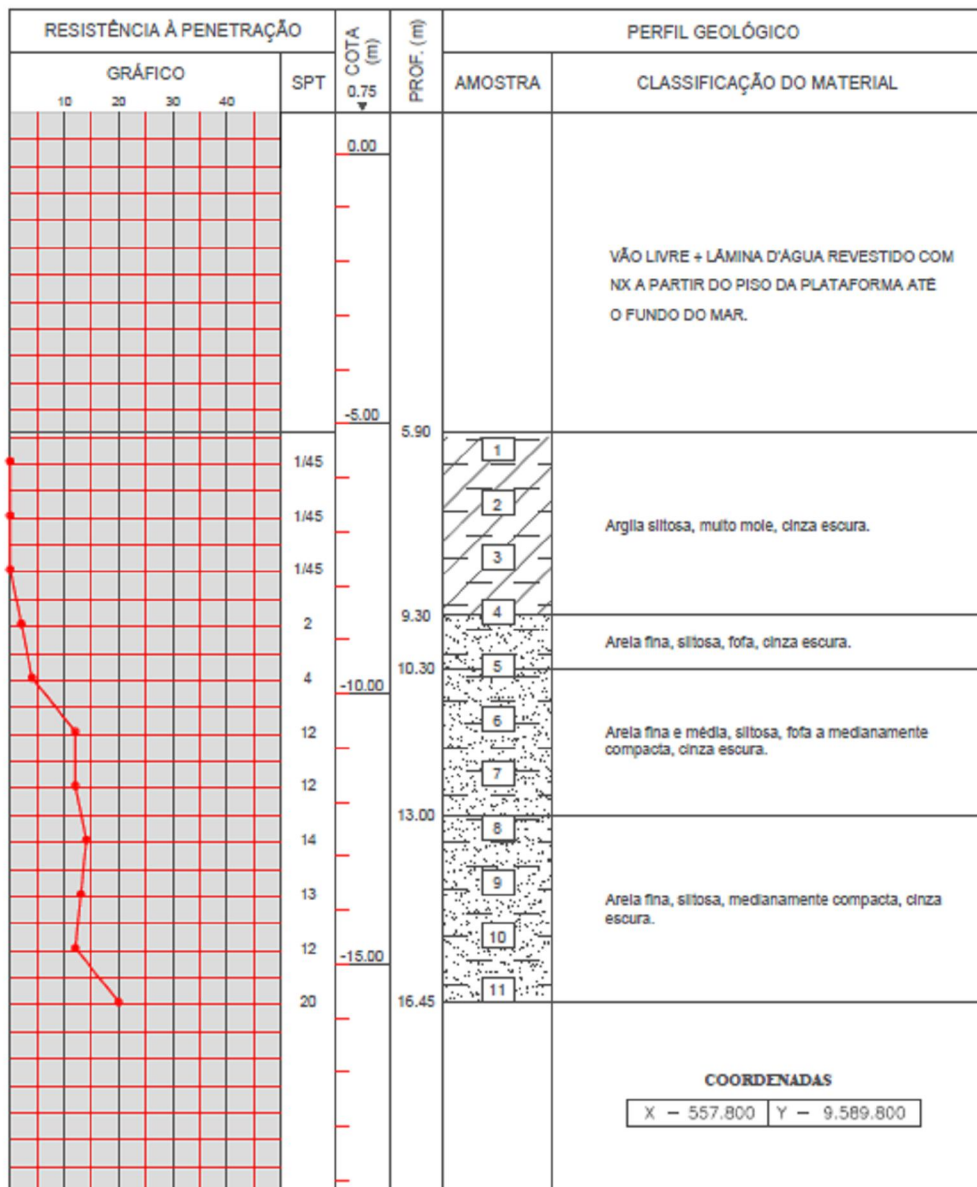
<b>Tecnord</b>
REF. 075-184-2/08





## PERFIL DE SONDAGEM SP-110

AMOSTRADOR PADRÃO - SPT		PROCESSO EXECUTIVO	
Ø EXTERNO - 50,8 mm	MARTELO 65 Kg	VÃO LIVRE + LÂMINA D'ÁGUA - 0.00 À 5.90m	
Ø INTERNO 34,9 mm	QUEDA 75 cm	REVESTIDO A PARTIR DO PISO DA PLATAFORMA ATÉ 15.00m	

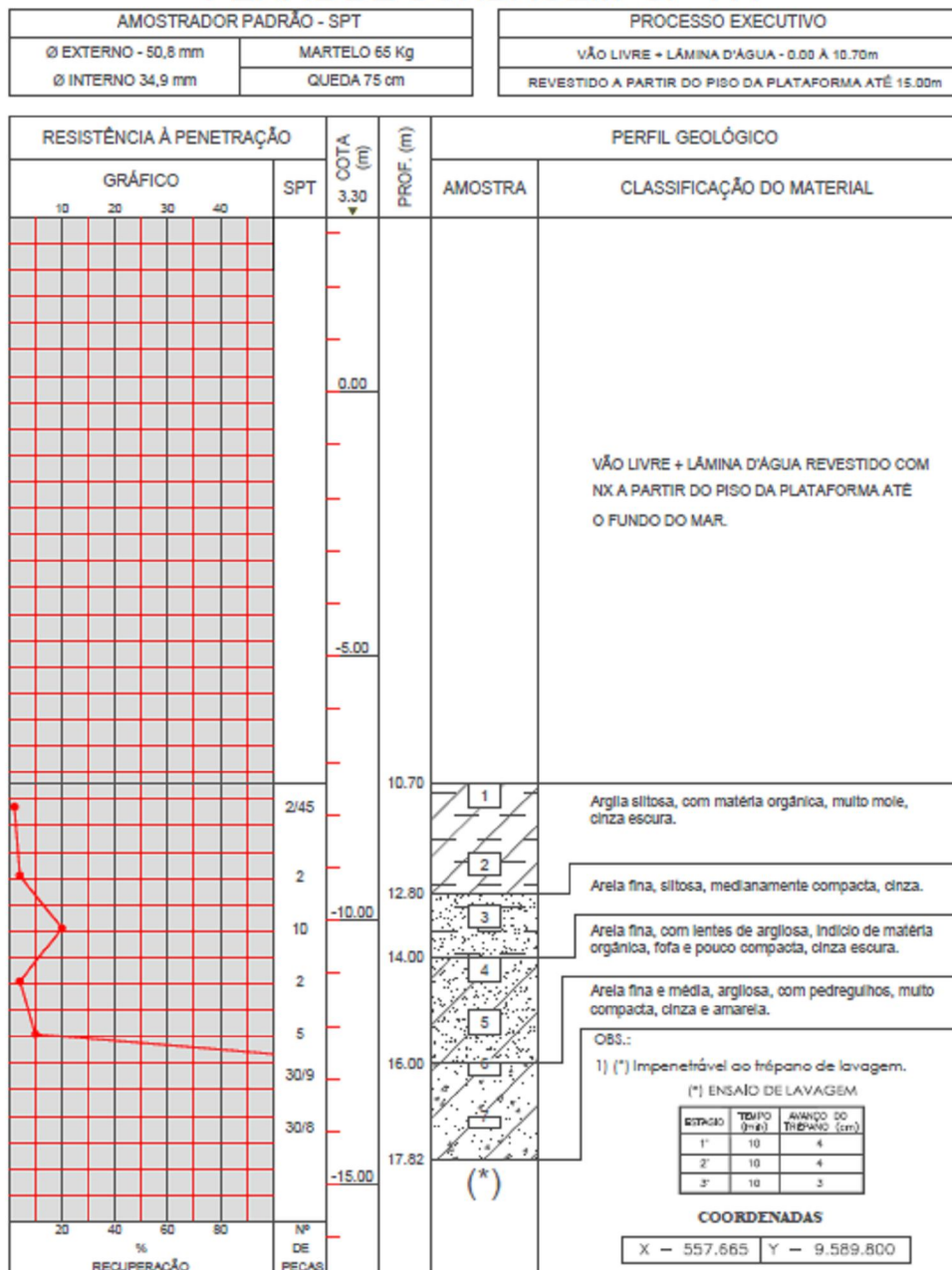


LEGENDA	
1	Nº DA AMOSTRA
NA	NÍVEL D'ÁGUA
*	IMPENETRÁVEL À PERCUSSÃO

Cliente: COMPANHIA DOCS DO CEARÁ		
Obra: DRAGAGEM DO PORTO		
Local: PORTO DO MUCURIPE - FORTALEZA/CE		
SONDAGEM SP-110	ESC. - 1:100	
DATA 23/11/2008	DESENHO 12	VISTO

	
REF. 075-184-2/08	

# PERFIL DE SONDAGEM SP-111



**LEGENDA**  
 1 Nº DA AMOSTRA  
 N.A. NÍVEL D'ÁGUA  
 \* IMPENETRÁVEL À PERCUSSÃO  
 100% RECUPERAÇÃO (%)  
 RGD=100% (100% QUALITY DESIGN)

Cliente: COMPANHIA DOCS DO CEARÁ  
 Obra: DRAGAGEM DO PORTO  
 Local: PORTO DO MUCURIPÉ - FORTALEZA/CE  
 SONDAGEM SP-111 ESC. - 1:100  
 DATA 04/10/2006 DESENHO 13 VISTO

REF. 075-184-2/06



PERFIL DE SONDAGEM SP-112					
AMOSTRADOR PADRÃO - SPT			PROCESSO EXECUTIVO		
Ø EXTERNO - 50,8 mm		MARTELO 65 Kg	VÃO LIVRE + LÂMINA D'ÁGUA - 0.00 A 10.70m		
Ø INTERNO 34,9 mm		QUEDA 75 cm	REVESTIDO A PARTIR DO PISO DA PLATAFORMA ATÉ 16.00m		
RESISTÊNCIA À PENETRAÇÃO		COTA (m)	PROF. (m)	PERFIL GEOLÓGICO	
GRÁFICO	SPT			AMOSTRA	CLASSIFICAÇÃO DO MATERIAL
10 20 30 40		2.50			
		0.00			
		-5.00			
		10.70			
	2	-10.00	12.00	1	Areia fina, argilosa, fofa, cinza escura.
	8			2	Areia fina, muito siltosa, pouco compacta e medianamente compacta, cinza escura.
	11		14.00	3	
	13			4	
	19			5	Areia fina, medianamente compacta a muito compacta, cinza.
	25	-15.00		6	
	42		17.45	7	
					COORDENADAS
					X - 558.000 Y - 9.590.100







LEGENDA	
1	Nº DA AMOSTRA
NA	NÍVEL D'ÁGUA
*	IMPENETRÁVEL À PERCUSSÃO

Cliente: COMPANHIA DOCS DO CEARÁ	
Obra: DRAGAGEM DO PORTO	
Local: PORTO DO MUCURIPE - FORTALEZA/CE	
SONDAGEM SP-112	ESC. - 1:100
DATA 29/12/2006	DESENHO 14
	VISTO


REF. 075-184-2/06

## PERFIL DE SONDAGEM SP-113

AMOSTRADOR PADRÃO - SPT		PROCESSO EXECUTIVO
Ø EXTERNO - 50,8 mm	MARTELO 65 Kg	VÃO LIVRE + LÂMINA D'ÁGUA - 0.00 À 11.00m
Ø INTERNO 34,9 mm	QUEDA 75 cm	REVESTIDO A PARTIR DO PISO DA PLATAFORMA ATÉ 16.00m

RESISTÊNCIA À PENETRAÇÃO				COTA (m)	PROF. (m)	PERFIL GEOLÓGICO	
GRÁFICO				SPT		AMOSTRA	CLASSIFICAÇÃO DO MATERIAL
10	20	30	40				
				2.95			
				0.00			VÃO LIVRE + LÂMINA D'ÁGUA REVESTIDO COM NX A PARTIR DO PISO DA PLATAFORMA ATÉ O FUNDO DO MAR.
				-5.00			
					11.00		
				14			Arela fina, argilosa, medianamente compacta, cinza escura.
				-10.00			
				13			
					14.00		Argila siltosa, rija, cinza escura.
				14			
					15.00		
				15			
							Arela fina, muito siltosa, medianamente compacta, cinza escura.
				16			
					17.45		
				-15.00			
				16			
							<b>COORDENADAS</b>
						X - 557.900 Y - 9.590.100	

## LEGENDA

1	Nº DA AMOSTRA
NA	NÍVEL D'ÁGUA
	IMPENETRÁVEL À PERCUSSÃO

Cliente: COMPANHIA DO CAS DO CEARÁ

Obra: DRAGAGEM DO PORTO

Local: PORTO DO MUCURIPE - FORTALEZA/CE

SONDAGEM SP-113

ESC. - 1:100

VISTO

DATA 28/12/2006

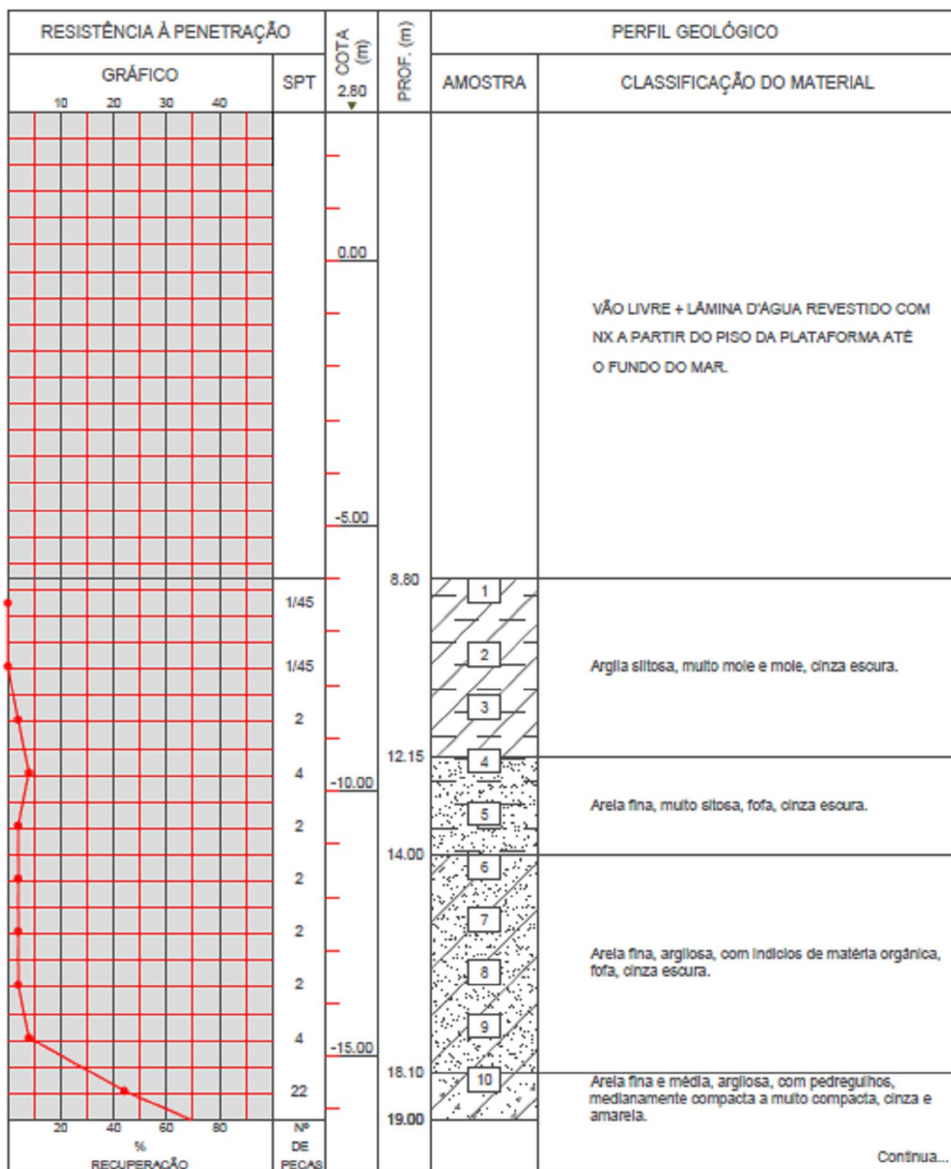
DESENHO 15



REF. 075-184-2/06

# PERFIL DE SONDAGEM SP-114

AMOSTRADOR PADRÃO - SPT		PROCESSO EXECUTIVO
Ø EXTERNO - 50,8 mm	MARTELO 65 Kg	VÃO LIVRE + LÂMINA D'ÁGUA - 0.00 À 8.80m
Ø INTERNO 34,9 mm	QUEDA 75 cm	REVESTIDO A PARTIR DO PISO DA PLATAFORMA ATÉ 13.00m



LEGENDA	
1	Nº DA AMOSTRA
N.A.	NÍVEL D'ÁGUA
*	IMPENETRÁVEL À PERCUSSÃO
100%	RECUPERAÇÃO (%)
RQD=100%	(ROCK QUALITY DESIGNATION)

Cliente: COMPANHIA DOCS DO CEARÁ		
Obra: DRAGAGEM DO PORTO		
Local: PORTO DO MUCURIBE - FORTALEZA/CE		
SONDAGEM SM-02	ESC. - 1:100	
DATA 13/10/2006	DESENHO 16	VISTO

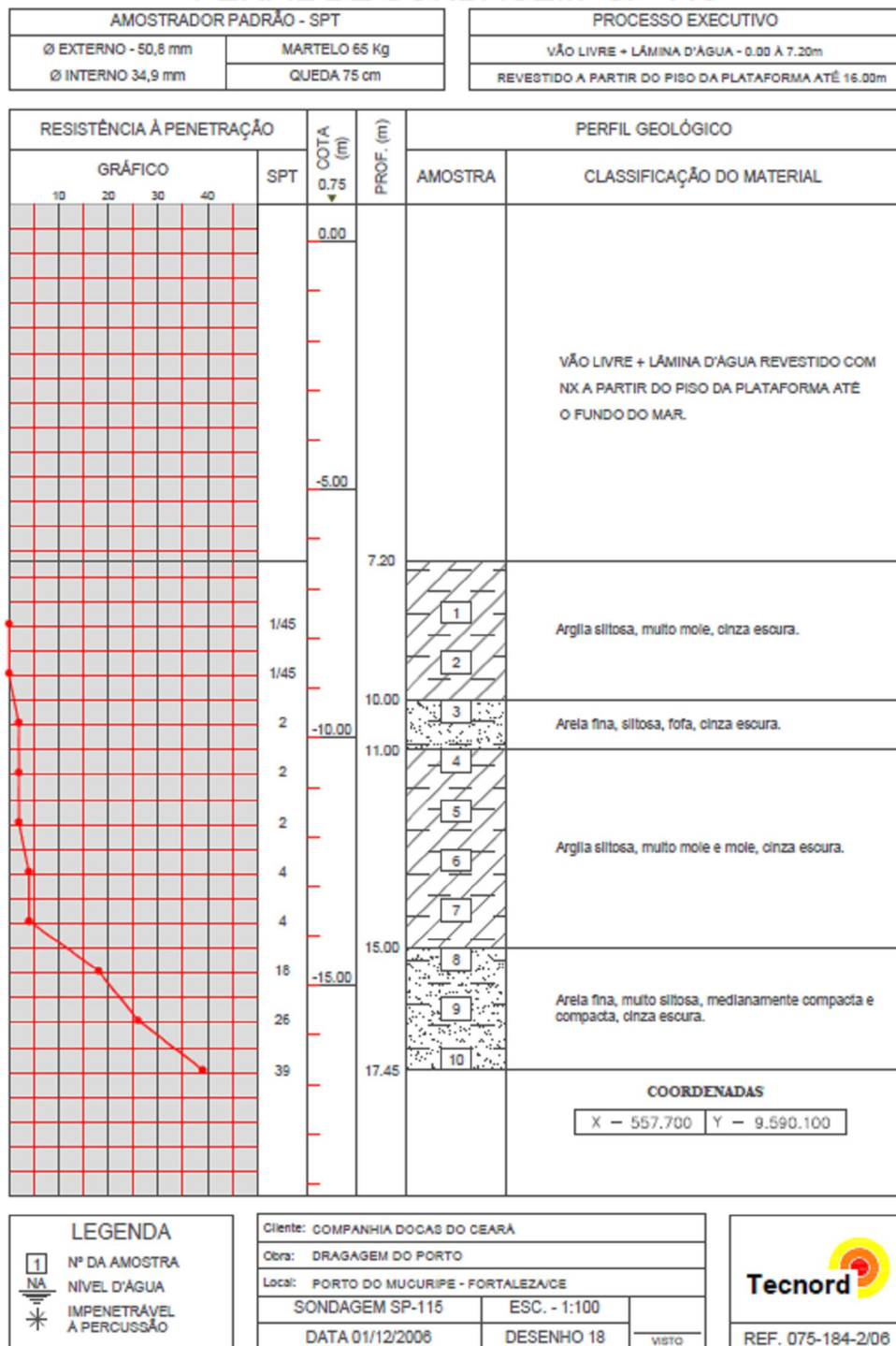
<b>Tecnord</b>
REF. 075-184-2/06







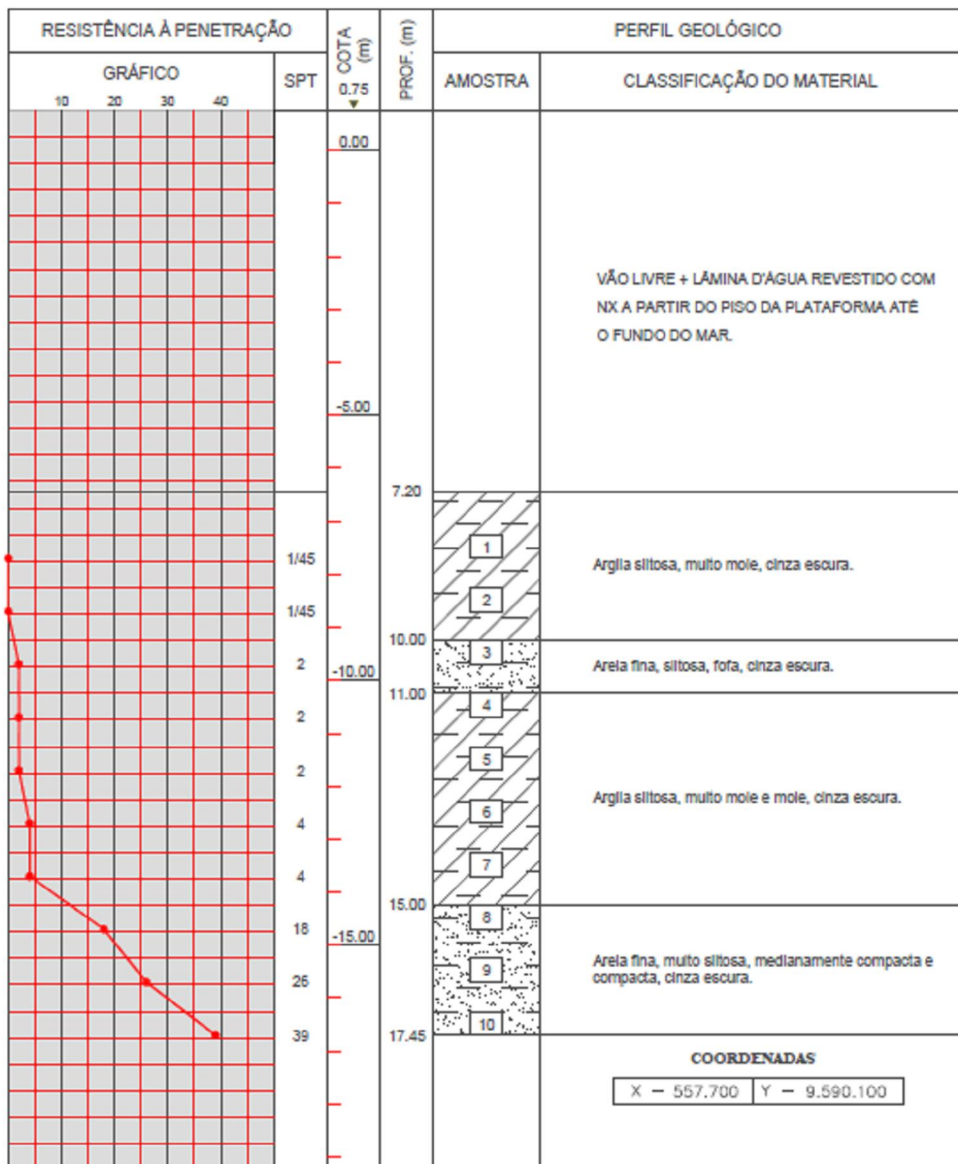
## PERFIL DE SONDAGEM SP-115





## PERFIL DE SONDAGEM SP-115

AMOSTRADOR PADRÃO - SPT		PROCESSO EXECUTIVO
Ø EXTERNO - 50,8 mm	MARTELO 65 Kg	VÃO LIVRE + LÂMINA D'ÁGUA - 0.00 A 7.20m
Ø INTERNO 34,9 mm	QUEDA 75 cm	REVESTIDO A PARTIR DO PISO DA PLATAFORMA ATÉ 16.00m



LEGENDA	
1	Nº DA AMOSTRA
NA	NÍVEL D'ÁGUA
*	IMPENETRÁVEL A PERCUSSÃO

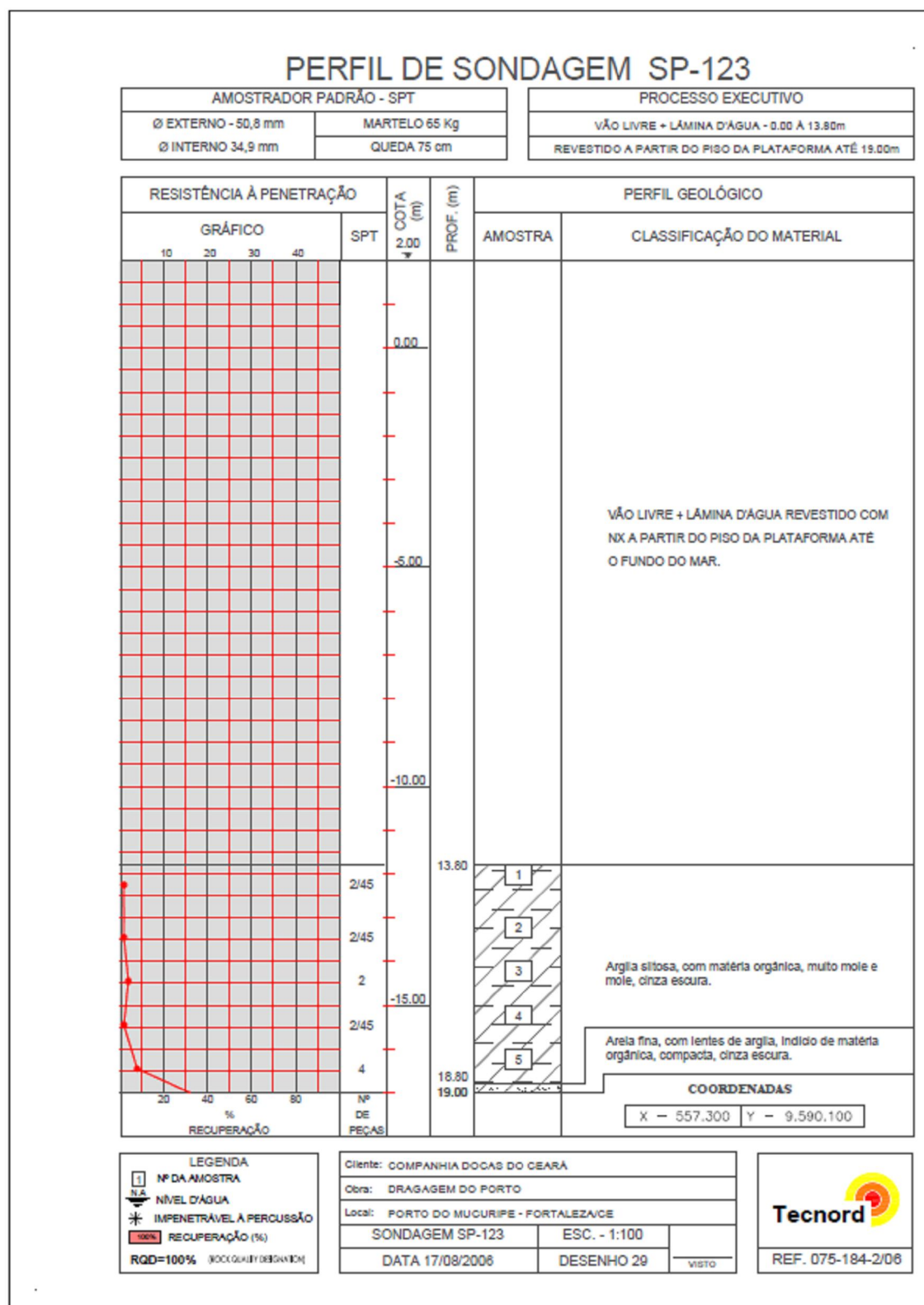
Cliente: COMPANHIA DOCS DO CEARÁ	
Obra: DRAGAGEM DO PORTO	
Local: PORTO DO MUCURIBE - FORTALEZA/CE	
SONDAGEM SP-115	ESC. - 1:100
DATA 01/12/2006	DESENHO 18
	VISTO

<b>Tecnord</b>
REF. 075-184-2/06











## **ANEXO E - Perfis de sondagens realizadas pela empresa CINNOR – 2008**



PERFIL DE SONDAGEM S.P.T.											
PROFUNDIDADE EM (M)	Nº DE GOLPES POR PENETRAÇÃO		DIAGRAMA S.P.T. RECUPERAÇÃO %					MUDANÇA DE CAMADA (F)	DESCRIÇÃO DO PERFIL	PERFIL (G)	CLASSIFICAÇÃO
	INICIAL	FINAL	0	10	20	30	40				
00	ZERO HIDROGRAFICO DHN										
01									LAMINA D'ÁGUA		
02											
03											
04											
05											
06											
07											
08											
09											
10											
11											
12									- 12,10		
13	1/49	0,00							- 13,10	ARGILA SILTOSA POUCO ARENOSA, CINZA AMARELADA, CONSISTÊNCIA MUITO MOLE	
14	2/15	6/30							- 14,10	ARGILA SILTOSA POUCO ARENOSA, CINZA AMARELADA, CONSISTÊNCIA MÉDIA	
15	2/15	6/30							- 15,10		
16											
17											

LIMITE DA SONDAGEM COTA -15,00 m LIMITADO PELO CLIENTE				REVISÃO 00	
CLIENTE	REVESTIMENTO 63,5 mm	MASSA DO MARTELO 75 Kg	DATA	28/06/08	
CIA - DOCS DO CEARÁ	ANOTADOR 50,8 mm	LANÇA D'ÁGUA 12,10 metros	FURO	SP - 01	
LOCAL	ALTURA DE QUEDA 75 cm	PENETRAÇÃO 3,00 metros	ESCALA	1:100	
CANAL DE ACESSO AO	PERFURAÇÃO POR CA				
PORTO DO MUCURIBE					
RESPONSÁVEL TÉCNICO					
ELISHAR BARCA					
CREA - AL - 7463					
HORA					
INÍCIO S.P.T.	TERMINO S.P.T.				
10:00	13:00				

DATUM - CORREGO ALEGRE	
CORDENADA UTM	
ZONA 24 - M	
LESTE - 557.380	
NORTE - 9590.360	



PERFIL DE SONDAGEM S.P.T.												
PROFUNDIDADE EM (M)	Nº DE GOLPES POR PENETRAÇÃO		DIAGRAMA S.P.T. RECUPERAÇÃO %						MUDANÇA DE CAMADA (M)	DESCRIÇÃO DO PERFIL	PERFIL (C)	CLASSIFICAÇÃO
	INICIAL	FINAL	0	10	20	30	40	50				
00	ZERO HIDROGRÁFICO DHN											
01												
02												
03												
04												
05												
06												
07												
08												
09												
10												
11												
12												
13	1/50	0,00										
14	1/25	1/30										
15	1/46	0,00										
16												
17												
LIMITE DA SONDAGEM COTA -15,00 m LIMITADO PELO CLIENTE												
CLIENTE CIA - DOCAS DO CEARÁ		REVESTIMENTO 63,5 mm MASSA DO MARTELO 75 Kg				REVISÃO 00						
LOCAL CANAL DE ACESSO AO PORTO DO MUCURIBE		AMOSTRADOR 50,8 mm LÂMINA D'ÁGUA 12,10 metros				DATA 28/06/08		DATUM- CORREGO ALEGRE				
RESPONSÁVEL TÉCNICO ELISMAR BARCA CREA - AL - 7463		ALTURA DE QUEDA 75 cm PENETRAÇÃO 3,00 metros				FURTO SP - 02		CORDENADA UTM ZONA 24 - M				
HORA INÍCIO S.P.T. 08:00		TERMINO S.P.T. 09:30				ESCALA 1:100		LESTE - 556.966 NORTE - 9.591.000				



PERFIL DE SONDAGEM S.P.T.														
PROFUNDIDADE EM CM	Nº DE GOLPES POR PENETRAÇÃO		DIAGRAMA S.P.T. RECUPERAÇÃO %								MUDANÇA DE CAMADA (m)	DESCRIÇÃO DO PERFIL	PERFIL (m)	CLASSIFICAÇÃO
	INICIAL	FINAL	0	10	20	30	40	50	60	70				
00	ZERO HIDROGRÁFICO DHN													
01														
02														
03														
04														
05														
06														
07														
08														
09														
10														
11	6/15	8/30												
12	1/15	2/30												
13	1/38	0,00												
14	1/15	2/30												
15	1/40	0,00												
16														
17														
LÍMITE DA SONDAGEM COTA -15,00 m LIMITADO PELO CLIENTE														
CLIENTE CIA - DOCS DO CEARÁ			REVESTIMENTO 63,5 mm MASSA DO MARTELO 75 Kg				REVISÃO 00			DATA 27/05/08				
LOCAL CANAL DE ACESSO AO PORTO DO MUCURIBE			AMOSTRADOR 50,8 mm LAMINA D'ÁGUA 10,00 metros				FURO SP - 03			DATUM- CORREGO ALEGRE				
RESPONSÁVEL TÉCNICO ELISMAR BARCA CREA - AL - 7463			ALTURA DE QUEDA 75 cm PENETRAÇÃO - 5,00 metros				ESCALA 1/100			COORDENADA UTM ZONA 24 - M				
HORA INÍCIO S.P.T. 08h20			TERMINO S.P.T. 10h58							LESTE - 556.952 NORTE - 9.592.000				



PERFIL DE SONDAGEM S.P.T.													
PROFUNDIDADE EM (m)	Nº DE GOLPES POR PENETRAÇÃO		DIAGRAMA S.P.T. RECUPERAÇÃO %						MUDANÇA DE CAMADA (m)	DESCRIÇÃO DO PERFIL	PERFIL (m)	CLASSIFICAÇÃO	
	INICIAL	FINAL	0	10	20	30	40	50					60
00			ZERO HIDROGRÁFICO DHN										
01													
02													
03													
04													
05													
06													
07													
08													
09													
10													
11													
12													
13													
14	6/15	12/30											
15	7/15	12/30											
16	4/15	8/30											
17	3/15	8/30											
18	2/15	6/30											
LIMITE DA SONDAGEM COTA -15,00 m LIMITADO PELO CLIENTE													
CLIENTE		REVESTIMENTO 63,5 mm				REVISÃO 00							
CIA - DOCAS DO CEARÁ		MASSA DO MARTELO 75 kg				DATA							
						24/06/08				DATUM -CORREGO ALEGRE			
LOCAL		AMOSTRADOR 50,8 mm				FURO				COORDENADAS - UTM			
CANAL DE ACESSO AO		LAMINA D'AGUA - 12,60 metros				SP - 04				ZONA 24 - M			
PORTO DO MUCURIPÉ		ALTURA DE QUEDA 75 cm				ESCALA				LESTE - 556.939			
RESPONSÁVEL TÉCNICO		PENETRAÇÃO - 5,00 metros				1:100				NORTE - 9.592.859			
ELISVAR BARCA		SONDAGEM POR CA											
CREA - AL - 7463													
HORA		TERMINO S.P.T.											
INÍCIO S.P.T.		16:20											
09:40													





PERFIL DE SONDAGEM S.P.T.										
PROFUNDIDADE EM CM	Nº DE COLPES POR PENETRAÇÃO		DIAGRAMA S.P.T. RECUPERAÇÃO %				MUDANÇA DE CAMADA (m)	DESCRIÇÃO DO PERFIL	PERFIL (m)	CLASSIFICAÇÃO
	INICIAL	FINAL	0	10	20	30				
00	ZERO HIDROGRÁFICO IHN									
01										
02										
03										
04										
05										
06										
07										
08										
09										
10	1/50	00							-9,15	ARGILA SILTOSA, POUCO ARENOSA
11	4/15	10/30							-10,15	CINZA MÉDIA, CONSISTÊNCIA MUITO MOLE
12	4/15	10/30							-11,15	AREIA FINA, ARGILOSA SILTOSA
13	3/15	7/30							-12,15	CINZA ESCURA, CONSISTÊNCIA MÉDIA
14	1/42	00							-13,15	ARGILA SILTOSA, POUCO ARENOSA
15	1/48	00							-14,15	CINZA ESCURA, CONSISTÊNCIA MUITO MOLE
16									-15,15	
17										
LÍMITE DA SONDAGEM COTA -15,00 m LÍMITE DO CLIENTE										
CLIENTE CIA - DOCAIS DO CEARÁ		REVESTIMENTO 63,5 mm MASSA DO MARTELO 75 kg				REVISÃO 00				
LOCAL CANAL DE ACESSO AO PORTO DO MUCURIBE		AMOSTRADOR 50,8 mm LÂMINA D'ÁGUA 9,15 metros				DATA 30/06/08		DATUM - CORREGO ALEGRE		
RESPONSÁVEL TÉCNICO ELIJAH BARCA CREA - AL - 7463		ALTURA DE QUEDA 75 cm PENETRAÇÃO 6,00 metros				FURTO SP - 05		COORDENADAS - UTM ZONA 24 - M		
HORA INÍCIO S.P.T. 0800		TERMINO S.P.T. 1039				ESCALA 1:100		LESTE - 557,577 NORTE - 9,590,370		