

01	Para atender aos comentários da M.B.	Almir Bonilha	26/08/09	
Nº	Revisões	Responsável	Data	Visto



**MARINHA DO BRASIL**  
**ESTALEIRO E BASE NAVAL**  
 (CONTRATO 40000/2008-006/00)

**ODEBRECHT**

PROJETO  	2400 – Estaleiro e Base Naval – Áreas Externas  Obras de Implantação  Memorial Descritivo	GERENCIAMENTO  
NÚMERO DO DOCUMENTO: <b>EBN-1.4.00.000-MD-01</b>		REVISÃO <b>00</b>
RESP. TÉC. Sidney R.B. da Silva	PROJ. Sergio Moreira Gomes	CERTIFICAÇÃO DCNS  VISTO:
CREA 23526-D	DES. Sergio Moreira Gomes	
ART IN00287187	DATA 10/08/2009	APROVAÇÃO FINAL DA MB  VISTO:
Nível de Sigilo		

Número RPGP: 9.99.999-XX-XX-XX99-9999

2400 – Estaleiro e Base Naval – Áreas Externas  
Obras de Implantação  
Memorial Descritivo

Tipo: Memorial Descritivo	Código: EBN-1.4.00.000-MD-01	Revisão: 00	Data: 26/08/2009	Folha: 1 / 7
------------------------------	---------------------------------	----------------	---------------------	-----------------

<b>ÍNDICE</b>	<b>PÁG.</b>
1. GENERALIDADES .....	2
2. PROJETO DE OBRAS DE IMPLANTAÇÃO .....	3
3. DRAGAGEM PARA PREPARAÇÃO DE FUNDAÇÃO DOS ATERROS HIDRÁULICOS E OBRAS MARÍTIMAS, BACIAS DE MANOBRA E CANAIS DE NAVEGAÇÃO DAS EMBARCAÇÕES.....	3
4. OBRAS MARÍTIMAS .....	5
5. TÚNEL RODOVIÁRIO .....	7

2400 – Estaleiro e Base Naval – Áreas Externas  
Obras de Implantação  
Memorial Descritivo

Tipo: Memorial Descritivo	Código: EBN-1.4.00.000-MD-01	Revisão: 00	Data: 26/08/2009	Folha: 2 / 7
------------------------------	---------------------------------	----------------	---------------------	-----------------

## 1. GENERALIDADES

O Estaleiro e Base Naval da Marinha do Brasil (EBN) a ser construída no Município de Itaguaí no Estado do Rio de Janeiro, contará com um Conjunto Fabril a ser construído em terreno cedido pela NUCLEP e terá seu complexo principal em terrenos, que são em grande parte de propriedade do Governo Federal, situadas na Ilha da Madeira.

Neste Projeto Básico são abordadas tão somente as questões atinentes ao complexo principal supra referido.

O Empreendimento em questão tem por objetivo permitir a construção de submarinos e ser a Base Naval de apoio à operação e manutenção dos mesmos. Ele faz parte do Programa de Desenvolvimento de Submarino Nuclear Brasileiro (SM-BR), objeto de acordos de transferência de tecnologia e financiamento, firmados entre o Governo Brasileiro e o Governo Francês.

A área escolhida para implantação do Empreendimento fica compreendida entre o espaço ocupado pelo Porto de Itaguaí e o futuro Porto de Embarques de Minério da Empresa LLX.

Sua concepção foi tal que respeitou integralmente os condicionantes impostos para o desenvolvimento destas instalações e preservou integralmente as condições de acesso ao povoado da Ilha da Madeira.

As áreas em terra, a serem ocupadas pelo EBN, são essencialmente constituídas de terrenos degradados pela ação antrópica, e sua implantação facultará a preservação da Mata Atlântica, que vem se regenerando nas encostas das elevações limdeiras no Empreendimento.

Por sua vez as obras marítimas, que facultarão a criação de terrenos ganhos ao mar, ocuparão áreas degradadas por sedimentos contaminados por metais pesados, cujos impactos negativos serão grandemente remediados com a implantação do EBN.

Para determinação da abrangência do Empreendimento nas áreas em terra, projetou-se o contorno da faixa de domínio necessário, seja para compreender as obras de contenção de encostas que se farão necessárias, seja para permitir a criação das barreiras de proteção do complexo, que é militar e de grande relevância estratégica.

Disto resultou o mapeamento das áreas a serem das áreas a serem desapropriadas, seja em função da ocupação direta, seja em decorrência do bloqueio de acesso imposto.

O conjunto de desenhos do Projeto Básico numerados de 0000111DE-01 a DE-04, permitem a perfeita compreensão do acima exposto.

2400 – Estaleiro e Base Naval – Áreas Externas  
Obras de Implantação  
Memorial Descritivo

Tipo: Memorial Descritivo	Código: EBN-1.4.00.000-MD-01	Revisão: 00	Data: 26/08/2009	Folha: 3 / 7
------------------------------	---------------------------------	----------------	---------------------	-----------------

## **2. PROJETO DE OBRAS DE IMPLANTAÇÃO**

As obras básicas de implantação do empreendimento são aquelas que criam os terraplenos para assentamento das instalações e que facultam as condições de acesso interno e marítimos para elas.

Deste conjunto fazem parte as obras de dragagem e aterros hidráulicos e suas estruturas associadas de obras marítimas. E, em terra, o túnel rodoviário concebido para interligar os lados sul e norte da Ilha da Madeira.

## **3. DRAGAGEM PARA PREPARAÇÃO DE FUNDAÇÕES DOS ATERROS HIDRÁULICOS E OBRAS MARÍTIMAS, BACIAS DE MANOBRA E CANAIS DE NAVEGAÇÃO DAS EMBARCAÇÕES**

### **3.1 ESTUDOS EFETUADOS**

Para desenvolver estes projetos foram efetuados os seguintes estudos:

- Estudos batimétricos;
- Estudos geomecânicos;
- Estudos e mapeamento de solos contaminados;
- Estudos de hidrologia marinha.

### **3.2 CONDICIONANTES E DESENVOLVIMENTO DOS PROJETOS**

#### **3.2.1 Condicionantes Básicas**

- Calado mínimo de 12 m referido à cota 0 (zero) do DNH;
- Canal de navegação para o EBN com largura mínima de 90 m;
- Bacia de manobra com diâmetro mínimo de 400 m;
- Darcena para acesso aos diques secos, de manutenção e alimentação com combustível nuclear dos submarinos, com largura mínima de 200 m;
- Programa de necessidades e dimensões dos diques, cais e píer.

#### **3.2.2 Arranjo Geral de Estruturas Marítimas**

Tomando-se por base estes condicionantes e ainda a disposição das edificações e seus respectivos programas de necessidades foi possível definir o Arranjo Geral do Projeto, que

2400 – Estaleiro e Base Naval – Áreas Externas  
Obras de Implantação  
Memorial Descritivo

Tipo: Memorial Descritivo	Código: EBN-1.4.00.000-MD-01	Revisão: 00	Data: 26/08/2009	Folha: 4 / 7
------------------------------	---------------------------------	----------------	---------------------	-----------------

também foi condicionado pelas instalações atuais e futuras do Porto de Itaguaí e do Terminal da LLX na Ilha da Madeira.

Em seguida, foram estudadas individualmente cada estrutura marítima projetada e suas condições de estabilidade, o que permitiu estabelecer a configuração e locação das mesmas, ensejando a realização dos estudos hidrodinâmicos de engenharia marítima para sua validação.

### 3.2.3 Programa de Dragagem

Com base nessa configuração foi possível determinar as áreas e cotas da dragagem em tela, levando-se em conta para isso o estudo de estabilidade das diversas estruturas que serão assentadas sobre a superfície de dragagem criada no fundo do mar. A saber:

- Aterros hidráulicos;
- Cais;
- Piers;
- Muros de contenção;
- Diques secos.

Estes estudos foram efetuados para as fases intermediárias e final de construção.

Determinados os perfis e seções de dragagem foi possível estabelecer os volumes e natureza dos materiais dragados e com isso selecionar os processos construtivos, que levaram em conta:

- A natureza e destinação do material dragado;
  - Contaminado
  - Não contaminado
- Os cuidados e produção dos equipamentos disponíveis para cada profundidade de escavação, calado disponível e sistema de escavação, transporte e disposição do material dragado;
- A composição e dimensionamento das flotilhas de dragas e balsas, e sistemas de transferência para atender os prazos de construção.

Estes elementos estão contidos no relatório elaborado pela DJN – Jan De Nul, empresa internacional especializada neste tipo de obra, que se encontra reproduzido anexo a este memorial.

Quanto ao processo de tratamento e disposição final do lodo contaminado por metais pesados, o processo selecionado foi o que emprega o uso de “Geotubes”, que são geomembranas filtrantes em forma de grandes colchões.

A aplicação deste processo implica na criação de um aterro controlado, que serão construído em terra, no lado sul da Base. Ela está detalhada no relatório “Projeto de Limpeza da Baía da Base

2400 – Estaleiro e Base Naval – Áreas Externas  
Obras de Implantação  
Memorial Descritivo

Tipo: Memorial Descritivo	Código: EBN-1.4.00.000-MD-01	Revisão: 00	Data: 26/08/2009	Folha: 5 / 7
------------------------------	---------------------------------	----------------	---------------------	-----------------

Naval de Itaguaí”, elaborado pela empresa ALLONDA – Geossintéticos Ambientais, que representa no Brasil a TENCATE, que é a detentora de toda tecnologia do processo.

Este relatório será reproduzido anexo a este memorial.

#### 4. OBRAS MARÍTIMAS

Uma vez definida a dragagem de remoção para estabilização da fundação das obras marítimas referidas, foi possível estabelecer o projeto de cada estrutura conforme o indicado nos desenhos do projeto.

Para cada estrutura projetada foi possível estabelecer uma sequência construtiva, como a apresentada adiante, e que se refere à construção das estruturas de cais de atracação.

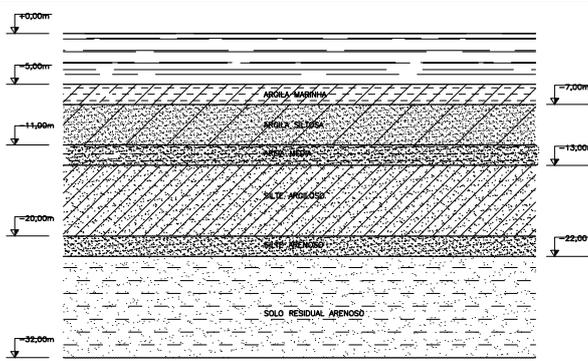
Estudadas as técnicas construtivas e suas etapas de implantação foi possível estabelecer todo o planejamento de construção, que induziu a necessidade de construção de um canteiro de apoio no terreno do lado norte da Ilha da Madeira.

Neste canteiro serão preparadas as estacas e elementos pré-moldados, que serão aplicados na construção das estruturas marítimas de cais, píer e muro de contenção, utilizando para isso uma logística marítima.

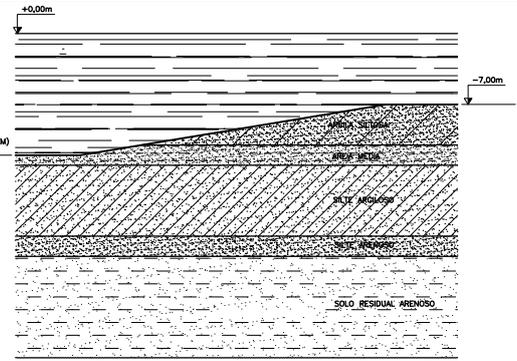
Os enrocamentos serão realizados com material escavado do túnel, suplementado com material extraído de jazidas licenciadas. Eles serão feitos, simultaneamente, com emprego de logística marinha, onde o calado permitir, e por encabeçamento por terra.

Os aterros hidráulicos serão feitos com material arenoso extraído no mar, em local já estudado, e que será objeto de licenciamento antes de sua exploração.

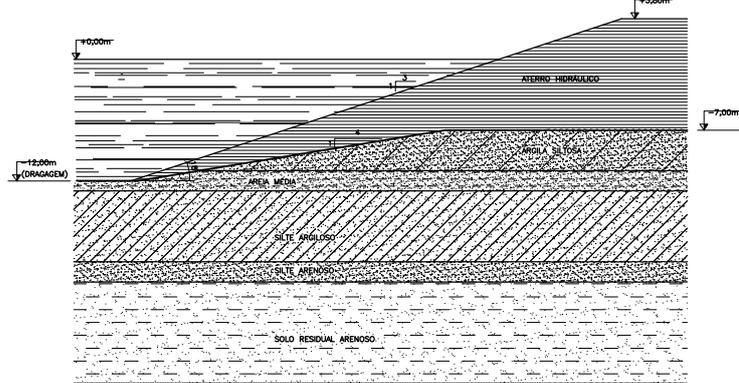
A exploração da jazida estudada assegurará volume suficiente para execução integral das obras e facultará o aprofundamento e o alargamento do novo canal de acesso ao Porto de Itaguaí.



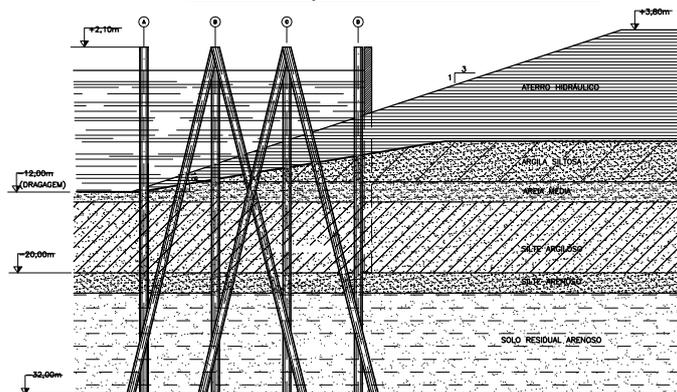
SEÇÃO DO TERRENO ATUAL



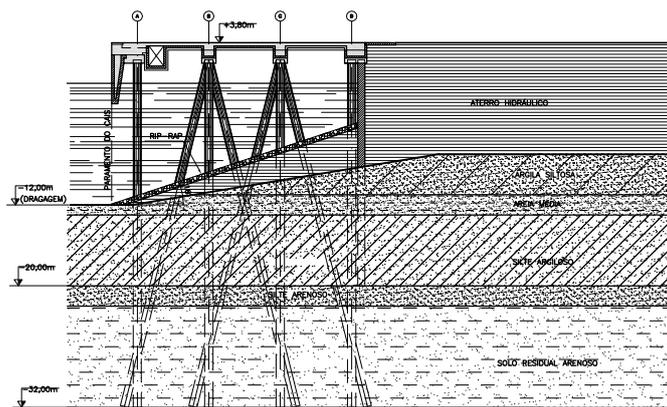
FASE 1 - EXECUÇÃO DA DRAGAGEM ATÉ -12.00m



FASE 2 - EXECUÇÃO DO ATERRAMENTO HIDRÁULICO ATÉ +3.80m



FASE 3 - EXECUÇÃO DAS ESTACAS METÁLICAS Ø80cm



FASE 4 - EXECUÇÃO DE RIP-RAP, ESTRUTURAS e COMPLEMENTAÇÃO DO ATERRAMENTO

NOTAS:

- 1 - DIMENSÕES EM CENTÍMETRO, ELEVAÇÕES EM METRO, EXCETO ONDE INDICADO.
- 2 - NÍVEIS REFERIDOS AO ZERO DA DHN

Nº.	Revisões	Responsável	Data	Visto

 <b>MARINHA DO BRASIL</b> <b>ESTALEIRO E BASE NAVAL</b> (CONTRATO 40000/2008-006/00)		<b>ODEBRECHT</b>	
PROJETO <b>RPGP</b>		3101 - Estaleiro Naval - Obras Marítimas - Cais <b>Projeto Básico de Estruturas de Concreto</b> <b>Cais F</b> Sequência Construtiva	
NÚMERO DO DOCUMENTO: EBN-3101131-DE-0020		GERENCIAMENTO <b>SONDOTÉCNICA</b>	
RESP. TÉCNICO: SIDNEY R. B. DA SILVA CREA: 23.528-D-RJ ART: IN00287187		PROJ. QUEIROZ DES. AJUVENCIO DATA: 19/09/09	
Nível de Sigilo		ESCALA	
REVISÃO: 00		CERTIFICAÇÃO DCNS Visto: APROVAÇÃO FINAL DA MB Visto:	

2400 – Estaleiro e Base Naval – Áreas Externas  
Obras de Implantação  
Memorial Descritivo

Tipo: Memorial Descritivo	Código: EBN-1.4.00.000-MD-01	Revisão: 00	Data: 26/08/2009	Folha: 7 / 7
------------------------------	---------------------------------	----------------	---------------------	-----------------

## 5. TÚNEL RODOVIÁRIO

O túnel rodoviário para ligação da Base Sul e do Estaleiro Naval com a Base Norte teve o seu traçado em planta e perfil definido pela Via Principal de Acesso do Complexo Industrial Militar.

Esta via foi concebida também para permitir o transporte por terra das estruturas de grandes seções do casco do submarino, que serão construídas na unidade industrial contígua à NUCLEP, integrante do complexo.

Desta forma a seção útil do túnel foi projetada considerando a necessidade de acomodação do veículo especial, destinado a este tipo de transporte, transportando a seção normal do submarino nuclear e/ou a seção do submarino convencional, já com a vela incorporada.

Em função destas necessidades foi possível conceber um gabarito envoltório de obstáculos, que necessariamente terá que ser envolvido pela seção útil do túnel. Com isto, foi possível compor a seção útil, utilizando uma configuração geométrica que busca a melhor distribuição de esforços no maciço escavado.

Esta configuração foi conseguida pela justaposição de arcos de círculos concordantes, que envolvem a plataforma da via de circulação, com 14 m de largura, e deixam uma altura livre de 15,3 m sobre a mesma.

Com as informações geotécnicas obtidas por sondagens geomecânicas e prospecções geofísicas foi possível estabelecer o perfil geotécnico do maciço a ser atravessado.

Neste perfil foi possível identificar três classes de competência do material do maciço a ser escavado, cuja análise de estabilidade indicaram as seções construtivas típicas apresentadas no projeto.

Por se tratar em sua maior parte de rocha de ótima competência, o projeto considerou que o material escavado pode e deve ser usado para construção dos enrocamentos, que foram projetados para o confinamento dos aterros hidráulicos.



## ESTALEIRO E BASE NAVAL DA MARINHA

2400 – Estaleiro e Base Naval – Áreas Externas  
Obras de Implantação  
Memorial Descritivo

Tipo: Memorial Descritivo	Código: EBN-1.4.00.000-MD-01	Revisão: 00	Data: 26/08/2009	Folha: 8 / 7
------------------------------	---------------------------------	----------------	---------------------	-----------------

## ANEXOS

Project **Itaguai Port**  
**BRASIL**

Document Title **METHOD STATEMENT DREDGING AND  
RECLAMATION WORKS**

Revision 01  
Submission Date June 1<sup>st</sup>, 2010  
Bidder Jan De Nul NV  
Client  
Country BRASIL  
Project Ref.  
Tender n° xxx



Jan De Nul n.v.  
Tragel 60 | 9308 Hofstade-Aalst | BELGIUM  
T +32 53 73 17 11 F +32 53 78 17 60  
info@jandenul.com | www.jandenul.com

## TABEL OF CONTENTS:

1	SCOPE OF WORKS	3
2	METHOD STATEMENTS	3
2.1	DREDGING OF THE CONTAMINATED MATERIALS	3
2.2	DREDGING OF THE NON-CONTAMINATED MATERIALS	11

## 1 SCOPE OF WORKS

The Works consist of removing all material with an SPT-value  $N \leq 4$  and dredging between the future docks up to -12.0m N.R. This material needs to be dumped offshore. Appr. 298,000m<sup>3</sup> of this material is contaminated and cannot be disposed off offshore and needs to be treated in a different way. One part will be pumped in geotubes and the other part will be placed inside a cofferdam.

## 2 METHOD STATEMENTS

### 2.1 DREDGING OF THE CONTAMINATED MATERIAL

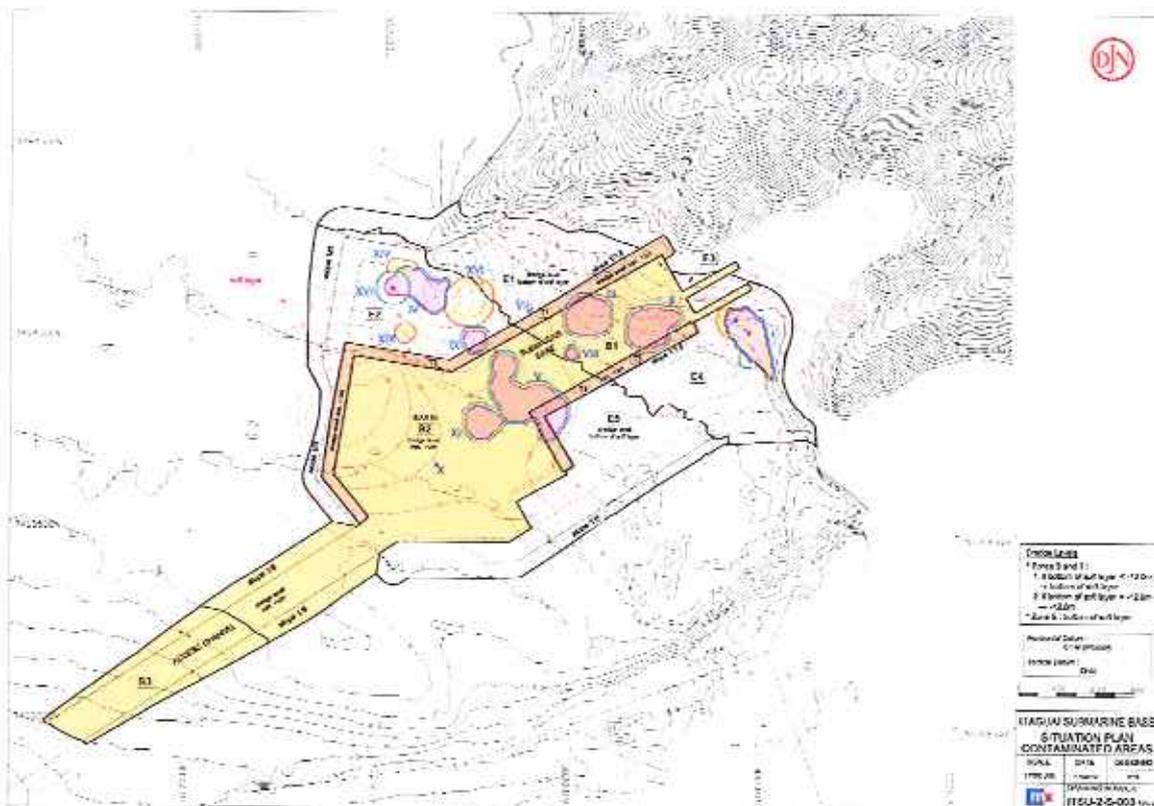


Fig. 1. General Layout

In total 298,000m<sup>3</sup> of contaminated material needs to be dredged (see Fig. 1. General Layout).

The material to be pumped into geotubes is approximately 84,000m<sup>3</sup> and is located in the area I, II, III, VII and VIII, the areas closest to shore. The equipment that will be used to dredge this part of the contaminated areas is a small Cutter Suction Dredge type Hendrik Geeraert (See Fig 2. and Fig 3 below for specifications) or similar. In this material this type of dredge can attain a production of approximately 170m<sup>3</sup> in situ/oh and can pump this type of material

over 750m (diameter 300mm) and a head of 20m. This part only describes the dredging of the material. For the further treatment of the material onshore we refer to the method statement by Envisan.



Fig. 2 – Cutter Suction Dredger Hendrik Geeraert

## HENDRIK GEERAERT

Length m	30.0
Breadth	5.9
Draught	1.7
Emulsion depth	5.0
Suction pipe diameter	200 mm
Discharge pipe diameter	300 mm
Discharge pipe diameter	-
Submerged pump power	-
Upward pump power	340 kW
Cutter power	45 kW
Propulsion power	-
Total installed diesel power	390 kW
Speed	-
Accumulation	-
Ball m	200



Totaal installatie vermogen (incl. motorvermogen) 390 kW  
 Suction pipe diameter 200 mm  
 Discharge pipe diameter 300 mm  
 Draught 1.7 m  
 Emulsion depth 5.0 m  
 Ball m 200



**Jan De Nul**  
GROUP

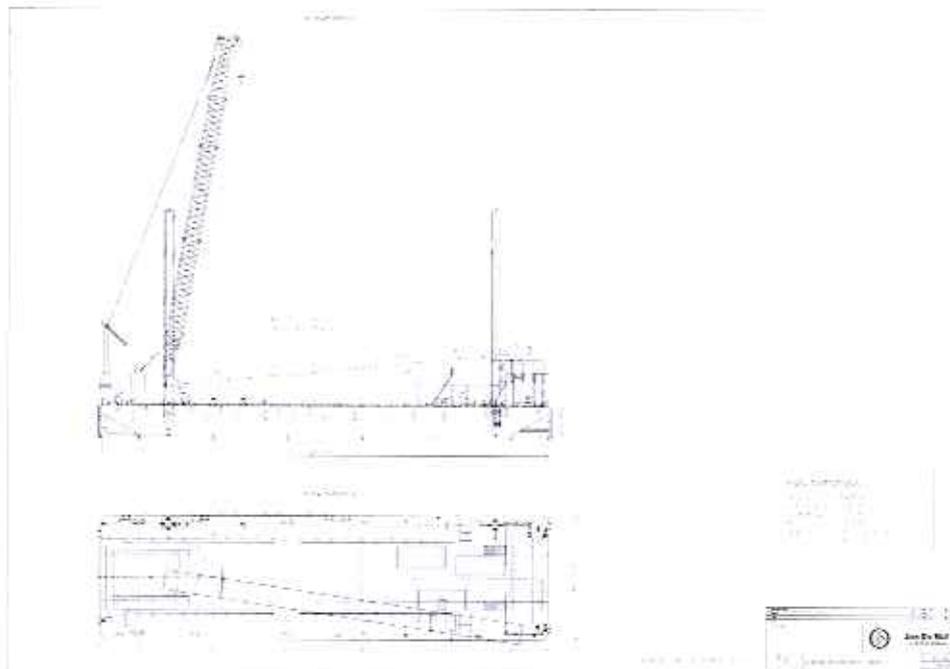
Offices: Jan De Nul B.V. | P.O. Box 10000 | 4600 AA Dordrecht | The Netherlands | Tel: +31 (0)30 28 02 00 | Fax: +31 (0)30 28 02 01 | E-mail: [info@jandenul.com](mailto:info@jandenul.com) | [www.jandenul.com](http://www.jandenul.com)

**Fig. 3 – Cutter Suction Dredger Hendrik Geeraert**

The remaining part of the contamination will be dredged using a Cable Crane type Liebherr HS 895HD or similar on a Spud Pontoon Type DN39 or similar (See Fig. 4 and 5).



**Fig. 4 - Liebherr HS 895HD on Spud Pontoon DN39**



**Fig. 5 – General Arrangement of Liebherr HS 895HD on DN39**

To excavate the contamination the Cable Crane can be equipped with an environmental bucket. This type is a hydraulically driven clamshell bucket, which can completely be closed (See Fig. 6 – Environmental Bucket) so that none of the excavated material will be spilled out of the bucket.

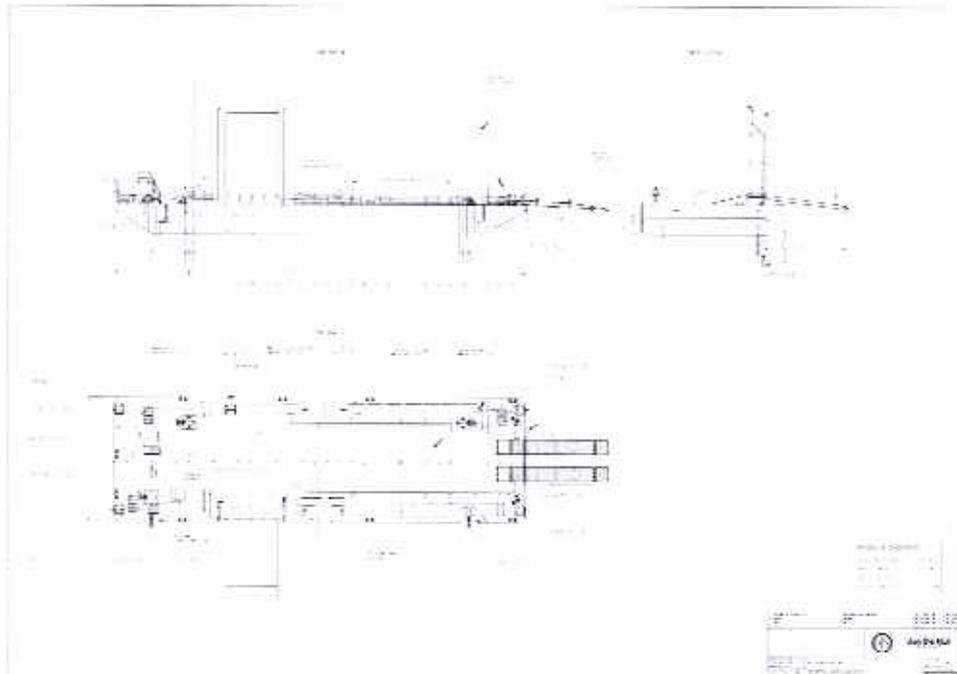


**Fig. 6 – Environmental Bucket**

The material will be loaded into barges type DN117 and DN118 (see Fig. 7) with a capacity of 1,100m<sup>3</sup>. Two of these barges will be needed to create a continuous cycle. A loaded barge shall be emptied with a cable crane type Liebherr HS 895HD or similar on a spud pontoon type DN126 or similar (See Fig 8 – General Layout DN126). This spread shall be assisted by two 895 kW tugs type DN 79 (see Fig. 9 - tug DN79). The material shall be unloaded into the Cofferdam Cells. For the construction of these cells we refer to the 'Method Statement Piling Work's and 'Design Report Sheetpiled Wall'.



**Fig. 7 – Barge DN118**



**Fig. 8 – General Layout DN126**



**Fig. 9 – Tug DN79**

The clamshell bucket shown in Fig. 6 has a capacity of 2.25m<sup>3</sup> and has a weight of 3.8 Tons. We have assumed a filling ratio of 82%. With this configuration the cable crane can reach a production of 100m<sup>3</sup>/oh. For working with the environmental clamshell bucket a reduction factor of 1.15 is applied resulting in a production of approximately 87m<sup>3</sup>/oh.

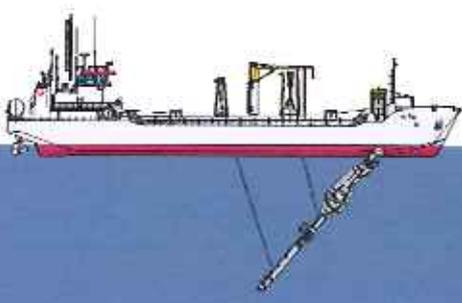
The emptying of the barges shall be done at a production of 78m<sup>3</sup>/oh.

Before the construction of these sheet pile cells a trench will have to be dredged up to -12.0m CD. A small Trailing Suction Hopper Dredger (TSHD) type "Niña", which is a Split Hopper Dredger, or similar (see fig. 10 and 11 for specifications) shall execute this part of the works. This will take appr. 7 weeks at an estimated production of 25,000 m<sup>3</sup>/week. The TSHD will load the material into its hopper until it reaches the overflows. Once loaded it will sail to the offshore disposal site at a one way sailing distance of 58km (see Fig. 12 – Offshore disposal area and borrow area) and dump its load by means of bottom dump. The TSHD will sail back empty and start a new dredging cycle. This type of dredger will do appr. 18 cycles per week.



**Fig. 10 – Trailing Suction Hopper Dredger 'Niña'**

NIÑA	
Height overall	24.00 m
Displacement	5,200 tps
Length	99.7 m
Breadth	14.8 m
Length between	7.4 m
Maximum dredging depth	23.5 m
Storage capacity	500 tons
Power (main engine)	1,200 kW
Power (main pump)	1,200 kW
Production capacity	2 x 1,000 m <sup>3</sup> /hr
Total installed dredge power	5,000 kW
Speed	4.5 kn
Accommodation	12
Radio	VHF




Project: The Canal Expansion of the Port of Rotterdam  
 2010 - 2015  
 Client: Delta Works  
 Location: The Netherlands  
 Contract Value: 400 million Euro  
 Project Manager: Jan De Nul Group  
 Project Engineer: Jan De Nul Group


**Jan De Nul**  
 GROUP

Office: P.O. Box 1000, 3000 AA Rotterdam, The Netherlands  
 Phone: +31 (0)10 412 1111  
 Fax: +31 (0)10 412 1112  
 Email: [info@jandenul.com](mailto:info@jandenul.com)  
 Website: [www.jandenul.com](http://www.jandenul.com)

**Fig. 11 – Trailing Suction Hopper Dredger ‘Niña’**

## 2.2 DREDGING OF NON-CONTAMINATED MATERIAL

Once the largest part of the contaminated areas is dredged, the non-contaminated material can be dredged. All the material with an SPT-value of  $N \leq 4$  needs to be removed. Between the docks and in the basin the design depth is -12.0m N.R. (see Fig. 1 – General Layout). Between the future docks and closer to shore also some stiff clay and dense sand occurs. The total amount of material that needs to be dredged is appr. 7,200,000m<sup>3</sup> and shall be dumped at an offshore disposal area at a one way sailing distance of 58km. (see Fig. 12 – Offshore Disposal Area and Borrow Area)

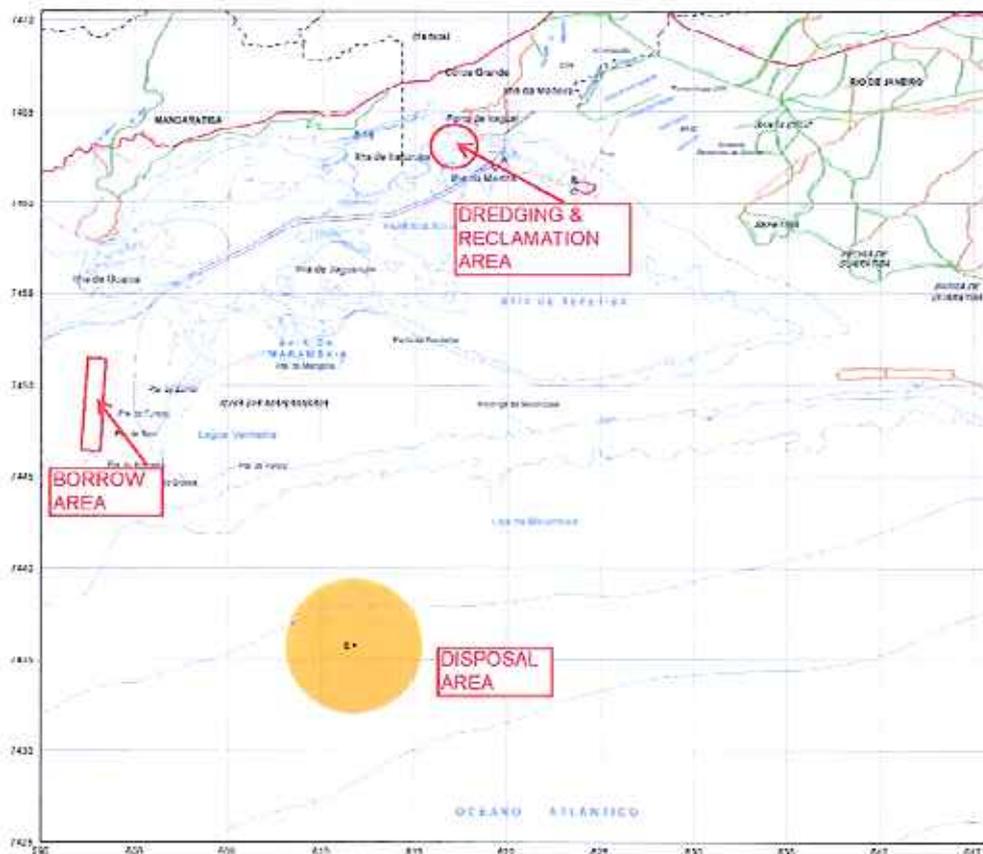


Fig. 12 – Offshore Disposal Area and Borrow Area

Regarding the shallowness of the area and the required draught of the Trailing Suction Hopper Dredger, the area shall first be deepened with a Cutter Suction Dredge (CSD) up to -7.0m CD. For this part of the work we propose to utilize our CSD "Hondius" (See Fig. 13 and 14 for specifications). The Hondius will pump the material into two medium size TSHD's. For the hoppers we propose to use our 11,300m<sup>3</sup>-hopper "Filippo Brunelleschi" (see Fig. 15 and 16 for specifications) and our 16,500m<sup>3</sup>-hopper "Juan Sebastian de Elcano" (see Fig. 17 and 18 for specifications) or similar.

Both hoppers will be anchored in the access channel when being loaded by the CSD. In order to provide sufficient water depth for both hoppers, the F. Brunelleschi will arrive a few weeks before the cutter works in order to already

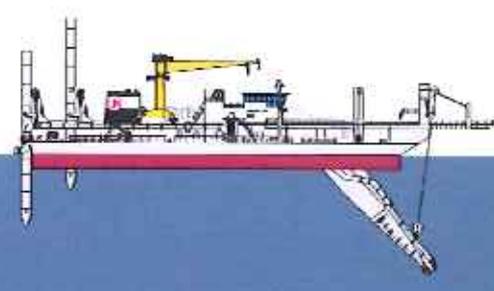
deepen this access channel. It will take appr. 6 weeks to dredge 650,000m<sup>3</sup> in the access channel at an estimated production of appr. 109,000 m<sup>3</sup>/week. The CSD will remove a total volume of appr. 2,550,000m<sup>3</sup> of material. Dredging up to -7.0m CD, the stiff clay and dense sand by the CSD will take appr. 20 weeks at an estimated production of 132,000 m<sup>3</sup>/week. The TSHD's will be loaded until the material reaches the overflows. After sailing to the offshore disposal area, the material will be dumped through a series of double bottom doors.



Fig. 13 – Cutter Suction Dredger 'Hondius'

**HONDIUS**

Length (m)	96.7m
Breadth	19.0m
Draught	2.8m
Dredging depth	30.0m
Cutter pipe diameter	4000mm
Discharge pipe diameter	4000mm
Large floating pump diameter	10000mm
Submersible pump power	1,200 kW
Shovel pump power	2,000 kW
Cutter power	1,500 kW
Revolving power	1,000 kW
CFD installed shaft power	2,220 kW
Speed	10.0 kts
Accommodation	100 pax



The cutter suction dredger 'Hondius' is a large-scale vessel designed for deep-sea dredging operations. It features a powerful cutter suction system capable of extracting large quantities of sediment from the seabed. The vessel is equipped with advanced navigation and monitoring systems to ensure efficient and safe operations.



**DJN Jan De Nul GROUP** [www.jandenul.com](http://www.jandenul.com)

**Fig. 14 – Cutter Suction Dredger 'Hondius'**

**FILIPPO BRUNELLESCHI**



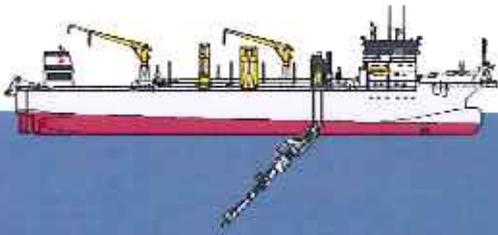
**DJN Jan De Nul GROUP** [www.jandenul.com](http://www.jandenul.com)

Trailing Suction Hopper Dredger

**Fig. 15 – Trailing Suction Hopper Dredger 'Filippo Brunelleschi'**

## FILIPPO BRUNELLESCHI

Hopper capacity	11,000 m <sup>3</sup>
Overall length	18,500 mm
Length x B	140.7 x 26
Height	77.5 m
Overall breadth	71.5 m
Maximum dredging depth	38.10, 37.27 m
Suction pipe diameter	1,200 mm
Pump power (total)	3,400 kW
Pump power (in dredger)	1,000 kW
Propulsion power	2 x 4,200 kW
Total installed diesel power	12,800 kW
Speed	15.3 kn
Autonomous/24h	54
Draft in	2.80




The dredger Filippo Brunelleschi is a trailing suction hopper dredger (TSHD) built by Jan De Nul Group. It is designed for deep-sea dredging and has a hopper capacity of 11,000 m<sup>3</sup>. The dredger is equipped with two main pumps and a suction pipe with a diameter of 1,200 mm. It has a maximum dredging depth of 38.10 m and 37.27 m. The dredger is powered by two 4,200 kW engines, giving it a total installed diesel power of 12,800 kW. It has a speed of 15.3 kn and an autonomous endurance of 54 hours. The dredger is 18,500 mm long and 71.5 m wide. It has a draft of 2.80 m.

**DJN Jan De Nul GROUP**  
[www.jandenul.com](http://www.jandenul.com)

Fig. 16 – Trailing Suction Hopper Dredger ‘Filippo Brunelleschi’

## JUAN SEBASTIÁN DE ELCANO



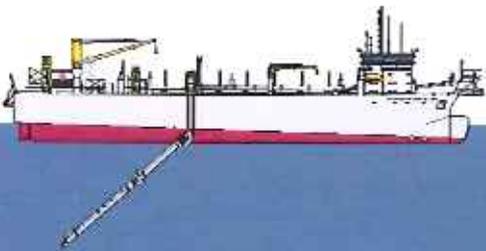
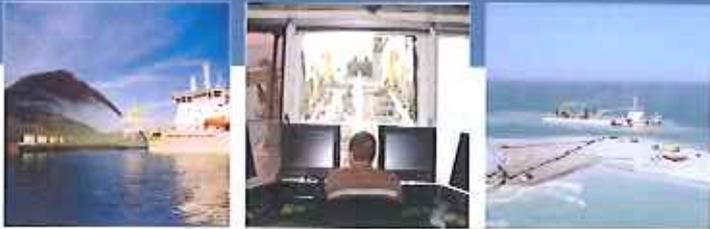
Trailing Suction Hopper Dredger

**DJN Jan De Nul GROUP**  
[www.jandenul.com](http://www.jandenul.com)

Fig. 17 – Trailing Suction Hopper Dredger ‘J.S. De Elcano’

**JUAN SEBASTIÁN DE ELCAÑO**

Hydro capacity	10,000 m³
Displacement	26,000 ton
Length o.a.	187.4 m
Breadth	27.8 m
Depth loaded	11.70 m
Maximum dredging depth	400.7343 m
Suction pipe diameter	1,500 mm
Pump power (brake hp)	7 x 2,350 kW
Pump power (electric hp)	9,300 kW
Production power	2 x 3,000 kW
Top installed dred pump	1,000 kW
Speed	17.7 km
Accommodation	41
Water	232

The information contained in this report is confidential and intended solely for the use of the individual or entity to whom it is addressed. If you have received this document by mistake, please notify the sender immediately by e-mail. The sender will not be held responsible for any consequences arising from the use of the information contained in this report.

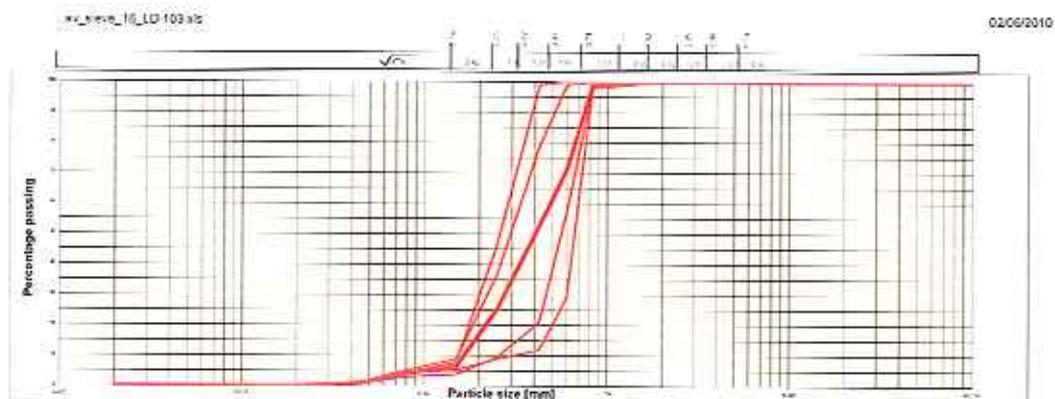
**DJN Jan De Nul GROUP**

Offshore Dredging Division | P.O. Box 1000 | 3720 BA Utrecht | The Netherlands | Tel: +31 (0)31 211 4411 | Fax: +31 (0)31 211 4412 | Email: [info@jan-dul.com](mailto:info@jan-dul.com) | [www.jan-dul.com](http://www.jan-dul.com)

**Fig. 18 – Trailing Suction Hopper Dredger ‘J.S. De Elcano’**

Once the area has been brought to a depth of -7.0m N.R., the F. Brunelleschi will take over and dredge the remaining 4,000,000m<sup>3</sup> to the required depths at an estimated weekly production of 109,000m<sup>3</sup>/week.

Besides dredging 7,200,000m<sup>3</sup> of material, also 8,600,000m<sup>3</sup> of sand needs to be reclaimed. For the location of the borrow area, which is located at a sailing distance of appr. 27km, we refer to Fig. 10. The material at the borrow area consists of medium to coarse grained sand (see Fig. 19 – Grain Size Distribution Borrow Area). The reclamation of this material can be executed at an estimated production of 230,000m<sup>3</sup>/week.



**Fig. 19 – Grain Size Distribution Borrow Area**

Most likely part of the dredging works can be combined with the reclamation works so that combi-trips are possible. This means that while part of the dredging works are still being executed, sand can be brought to the site with the same TSHD. When the TSHD sails back from the offshore disposal area, it can bring back sand on its way back to the site. In order to be able to do this a large part of the dredging works needs to be brought to design depth. We envisage that the dredging of appr. 2,600,000m<sup>3</sup> of material can be combined with reclaiming 4,800,000m<sup>3</sup> of sand. This will also be in a great way affected by the programme of the civil works and is something that needs to be fine-tuned in a later stage. Afterwards still appr. 3,700,000m<sup>3</sup> needs to be reclaimed.

For the overall execution periods we refer to the Programme in Annex.

We would like to point out that the boreholes SM-78 and SM-80 (see Fig. 20 – Borehole SM-78 & SM-80), close to the shore, indicate a granite layer. These borings are located in the area between the future docks that needs to be deepened to -12.0m N.R. (See Fig. 21- Location of SM-78 and SM-80). The removal of this layer is not included in our proposal.

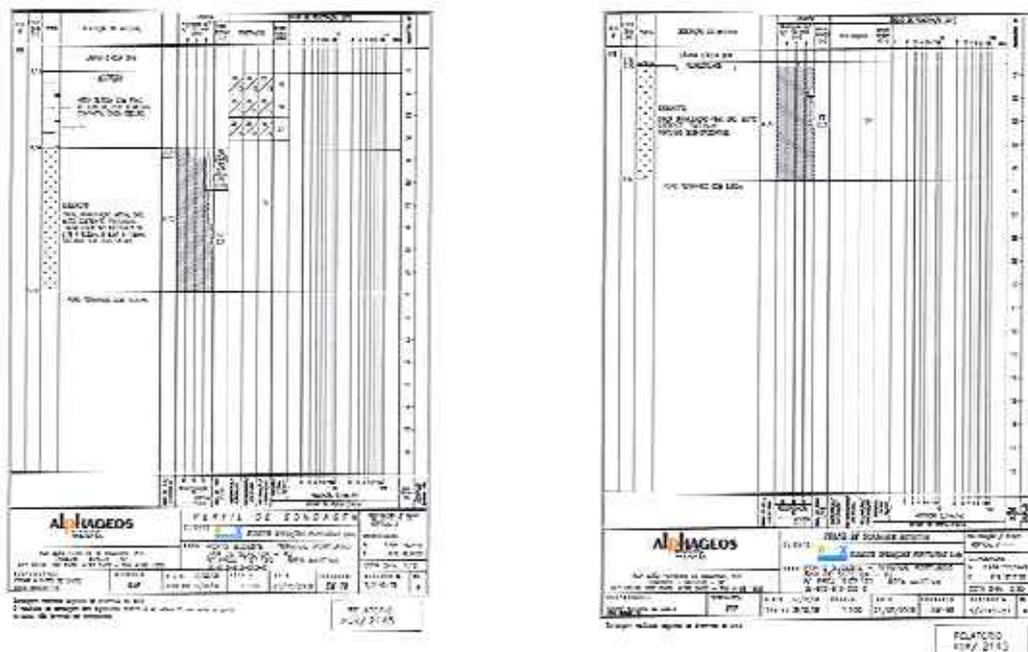


Fig. 20 – Borehole SM-78 & SM-80

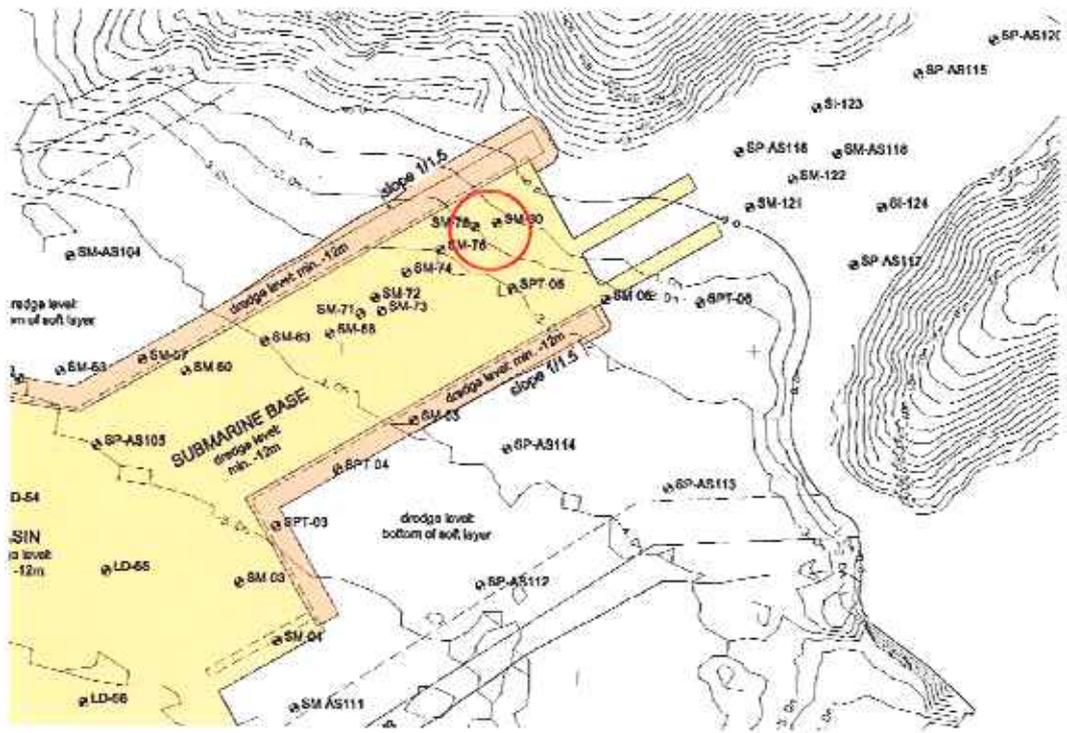


Fig. 21 - Location of SM-78 and SM-80

# PROJETO DE LIMPEZA DA BAÍA DA BASE NAVAL DE ITAGUAÍ

ITAGUAÍ-RJ  
PROPOSTA CONCEITUAL

## **CONFINAMENTO DOS MATERIAIS CONTAMINADOS**

# **BASE NAVAL ODEBRECHT**

### **DESCRITIVO DO PROCESSO DE TRATAMENTO DOS SEDIMENTOS CONTAMINADOS COM A TECNOLOGIA GEOTUBE<sup>®</sup>**



**TENCATE**  
**Geotube**

MAIO/10

### **1.0 - INTRODUÇÃO**

---

O presente relatório tem por finalidade descrever o processo de confinamento e tratamento dos sedimentos contaminados, considerando-se a utilização de unidades de Geotube<sup>®</sup> para a retenção das partículas sólidas.

O presente documento também tem a finalidade de apresentar a solução do tratamento dos sedimento contaminado que serão produzidos através do processo de dragagem a qual será coletado na área da Base Naval no Município de Itaguaí no Estado do Rio de Janeiro.

Este primeiro relatório serve para explicar a solução tecnológica para tratar os sedimentos que serão produzidos, abaixo será explicado de forma detalhada os passos necessários para a implantação do sistema de tratamento.

## 2.0 DESCRIÇÃO DA TECNOLOGIA PROPOSTA

A tecnologia proposta para a disposição dos sedimentos contaminados a serem dragados consiste na dragagem ambiental do sedimento contaminado com tratamento químico específico através de floculantes e coagulantes na própria linha de recalque sem o contato com o meio ambiente e o armazenamento em tubos de geotêxtil tecido Geotube® a serem dispostos na área disponível da Base Naval no Município de Itaguaí no Estado do Rio de Janeiro.

Estas unidades de Geotube® são fabricadas em polipropileno de alta resistência que exerce simultaneamente as funções de contenção (retenção) dos sedimentos contaminados e de drenagem da água livre presente sem a presença de contaminantes, fruto do processo de dragagem e da filtração dos contaminantes através do geotêxtil. O excesso de água decorrente do processo de dragagem é drenado através dos pequenos poros do geotêxtil, resultando numa desidratação efetiva e uma redução do volume de água. Esta redução de volume permite que cada unidade de Geotube® possa ser preenchido por bombeamentos sucessivos, até que o volume disponível seja quase inteiramente ocupado pela fração sólida existente nos sedimentos dragados. O efluente drenado poderá retornar ao ambiente de origem. A Figura 1.1 ilustra aspectos gerais do material e sistema descrito.



Figura 1.1 – Sistema de Disposição em Geotube®

Após o ciclo final de enchimento e desidratação, o material sólido retido continuará a sofrer um processo de consolidação, por desidratação e evaporação da água residual, através do geotêxtil tecido que constitui as paredes das unidades de Geotube® (vide Figura 1.2).



Figura 1.2 – Drenagem e Consolidação dos Materiais Contaminados

Os trabalhos de dragagem e disposição dos sedimentos contaminados irão abranger o recalque do sedimento contaminado existente no fundo do área a ser dragada com elevado teor de sólidos e com a presença de areia, através de tubulação apropriada para sua condução até a área de armazenamento.

Os sedimentos dragados com alto volume de bombeamento receberão a adição de floculantes e coagulantes, visando a contenção dos sólidos, a retenção de contaminantes e a filtração da água para o seu adequado retorno à região do porto.

O material dragado receberá, ainda na tubulação de recalque, a adição de floculantes e coagulantes, facilitando a retenção de contaminantes e a filtração da água para o seu adequado retorno ao estuário.

O processo de tratamento de sedimentos contaminados será dividido em diversas etapas:

1. Dragagem dos sedimentos contaminados (já tratado em documento específico Plano de Dragagem);
2. Tratamento dos sedimentos contaminados;
3. Fundação e preparação da base das unidades Geotube®;
4. Barrilete de recalque e interligações das unidades Geotube®;
5. Especificações e operação das unidades Geotube®;
6. Testes com as unidades de Geotube®;
7. Metodologia de Disposição das unidades de Geotube®;
8. Monitoramento.

## 2.1 TRATAMENTO DOS SEDIM. CONTAMINADOS

Para permitir a separação do material contaminado será utilizado um processo químico chamado coagulação e floculação dos sólidos encontrados no sedimento, em conjunto com uma adequação do pH de forma que se possa confinar nas unidades Geotube<sup>®</sup> todos os metais presentes nos sedimentos, ou seja, com o ajuste do pH, os metais presentes ficarão retidos no sedimento e não serão disponibilizados para a água que será drenada das unidades de Geotube<sup>®</sup>. Desta forma, confinando-se os sedimentos contaminados através de processo de adsorção, os contaminantes orgânicos, que não são muitos, também serão retidos nas unidades Geotube<sup>®</sup>.

O floculante será adicionado ao sistema na entrada dos Geotube<sup>®</sup>. O processo de floculação em questão trata-se de polieletrólitos de alta eficácia, especificamente projetados para os processos de separação sólido-líquido, dentro do campo do tratamento de sedimentos contaminados. São polímeros sintéticos, de alto peso molecular, solúveis em água, fabricados em acrilamida e seus copolímeros. O sortimento de polieletrólitos produzido nesta série abrange uma ampla faixa de peso molecular e propriedades de carga iônica, tornando assim possível a floculação eficaz de diversos tipos de substrato.

Para a aplicação deste floculante serão necessários alguns cuidados quando o produto final diluído for adicionado ao sistema. Os princípios gerais a serem observados são:

Adição do floculante em um ponto de turbulência local;

Adição do floculante ao substrato de uma maneira que assegure uma mistura homogênea do produto através do volume completo do substrato;

Adição do floculante o mais próximo possível do ponto onde a floculação deverá ocorrer;

Evitar turbulência excessiva, e possível ruptura dos flocos, após o estágio de formação dos flocos.

Para a aplicação do produto ao sistema, recomenda-se o uso de uma bomba de deslocamento positivo e de potência variável, por exemplo, bomba do tipo Mono, bomba de engrenagem, bomba de pistão, etc. Bombas centrífugas geralmente não são recomendadas, pois o seu uso pode influenciar negativamente no polieletrólito, particularmente aqueles de alto peso molecular.

As vazões de solução de polímero podem ser controladas através da calibração prévia da bomba e/ou o uso de um medidor de vazão adequado.

A preparação em grande escala pode ser realizada manualmente ou através do uso de um sistema automático de preparação de solução. A escolha irá depender da quantidade de produto manipulado diariamente. Nos casos de grandes quantidades, que é o caso da Base Naval, recomenda-se a instalação de um sistema automático; este fornece benefícios consideráveis com relação à confiabilidade da operação.

Os produtos do tipo sólido, na forma de pérolas ou pó, são produzidos com uma variação granulométrica controlada, de modo a exibir excelentes características de dissolução. A adição destes produtos à água, sem um procedimento de dispersão adequado, poderá resultar na

formação de grandes agregados de gel que dificilmente serão totalmente dissolvidos. Isto pode ser facilmente superado através do uso de um edutor, que irá promover uma dispersão eficaz do produto. Trata-se de um simples distribuidor a vácuo acionado por água, que irá produzir soluções homogêneas do tipo sólido com um mínimo de tempo e esforço.

O edutor deve ser posicionado sobre o tanque de preparação de polieletrólito. Este tanque deve ser equipado com um agitador adequado, que irá promover uma boa, mas não excessiva, e vigorosa agitação do conteúdo. Deve ser adicionada água suficiente no tanque, geralmente preenchido em 1/3 a 1/2, de modo a cobrir as lâminas do agitador. Com a água ligada ao edutor e o orifício regulado de modo a fornecer um máximo de vácuo, o peso adequado do polímero é então vertido dentro do funil do edutor, onde será carregado para dentro do fluxo de água em alta velocidade. Deste modo, cada uma das partículas será submetida a um discreto umedecimento antes da sua entrada no tanque de preparação.

Quando a adição tiver sido completada, o tanque deve ser preenchido até o nível exigido e a agitação mantida durante 30-60 minutos até a obtenção da solução completa. Neste estágio de preparação inicial, recomenda-se que os produtos sejam preparados na forma de uma solução com concentração de 0,5% ou inferior.

O Polímero utilizado no projeto deverá ser biodegradável; a taxa de degradação deverá ser relativamente lenta. O mesmo deverá possuir uma alta afinidade em relação a superfícies sólidas e absorvê-las de maneira forte e irreversível. Portanto, é altamente improvável que eles passem através de um processo de confinamento dos sedimentos contaminados. Na verdade, eles são absorvidos pela biomassa e outras substâncias em suspensão.

Para permitir a floculação dos sólidos contidos nos materiais dragados e para facilitar a drenagem do excesso de água, prevê-se, com base em ensaios a serem realizados, a adição de um polímero químico sintético, diminuindo assim a resistência específica à filtração.

Os polímeros sintéticos podem ser classificados em três categorias básicas, de acordo com a carga apresentada por suas moléculas em soluções aquosas:

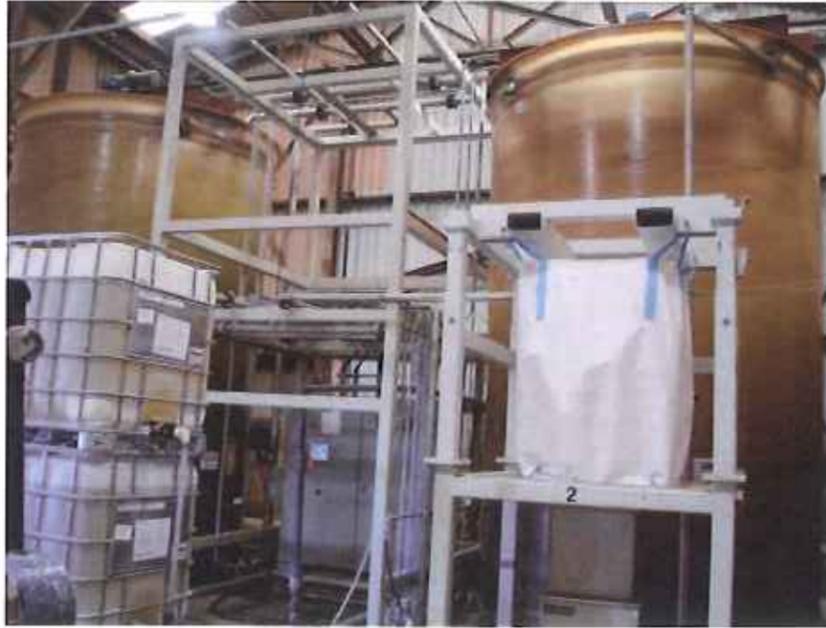
Polímeros aniônicos (cargas negativas)

Polímeros catiônicos (cargas positivas)

Polímeros não iônicos.

Esta identificação é feita em escala laboratorial para análise e definição da melhor especificação do polímero a ser utilizado, na menor quantidade possível, sem perda de qualidade de coagulação, permitindo assim a maior incorporação molecular dos sedimentos e com isso uma melhor qualidade do efluente a ser tratado.

Estima-se que a área necessária para o manuseio e estocagem do polímero seja de aproximadamente 100 m<sup>2</sup> e a área para instalação do sistema de polimerização contínua, também seja de aproximadamente 100 m<sup>2</sup>.



Sistema de mistura: ocorrerá em chicanas contínuas, dispostas a cerca de 150 m a montante do 1º ponto de enchimento das unidades Geotube®. A mistura do material dragado com os polímeros se dará após o preparo e a injeção dos mesmos, por bombas de dosagem na tubulação principal de Ø 350 mm.

Como o sistema de dragagem é um sistema de difícil controle operacional, será aplicado um sistema de controle de dosagem de solução de cal e polieletrólito, a qual funciona variando a dosagem conforme a variação da dragagem. O controle na dosagem de produtos químicos será feito automaticamente com o controle das seguintes variáveis: densidade, pH, vazão, sólidos totais e dosagem de produtos químicos.

O equipamento funciona automaticamente, analisando diversos parâmetros, que assim possibilitam controlar as variações de dragagem que possam existir no processo de enchimento, tais como: vazão de sedimento, vazão de água necessária para preparação de polímero, densidade dos sedimentos, concentração do floculante, sólidos totais dos sedimentos, velocidade de mistura dos sedimentos ao floculante, pH, dosagem de floculante, dosagem de cal, turbidez e salinidade. Desta forma, podemos obter resultados que são essenciais para o controle do sistema de enchimento das unidades Geotube® o controle ideal do tratamento dos sedimentos contaminados.



Detalhe do sistema de mistura de polímero tipo chicana contínua

## 2.2 - FUNDAÇÃO E PREPARAÇÃO BASE DAS UNIDADES GEOTUBE®

DA

O processo de preparação da fundação da área que receberá as unidades Geotube® seguirá as seguintes etapas de construção:

- 1 - Limpeza da superfície com a retirada de elementos contundentes.
- 2 - Instalação de Geomembrana de PEAD na espessura de 1 mm, com as seguintes características:

Espessura Nominal: 1mm  
 Densidade:  $\geq 0,94 \text{ g/cm}^3$   
 Resistência a Tração:

No Escoamento: 15 KN/m  
 Na ruptura: 27 KN/m  
 Alongamento no Escoamento: 13%  
 Alongamento na Ruptura: 700%

Resistência ao Rasgo: 125 N  
 Resistência ao Puncionamento: 320 N

- 3 - Instalação de geotêxtil separador e protetor da Geomembrana entre a Geomembrana e a camada granular. Especificação do Geotêxtil:

Propriedades Mecânicas	Norma	Unidade	Valores mínimos médios	
			Longitudinal	Transversal
Resistência à tração (GRAB)	ASTM D 4632	kN (lbs)	1.3 (300)	1.3 (300)
Deformação no ensaio GRAB	ASTM D 4632	%	50	50
Resistência ao rasgo (trapezoidal)	ASTM D 4533	kN (lbs)	0.5 (115)	0.5 (115)
Resistência ao estouro	ASTM D 3786	kPa (psi)	4030.0 (585)	
Resistência ao puncionamento <sup>1</sup>	ASTM D 4833	kN (lbs)	0.8 (175)	
Resistência ao puncionamento (CBR)	ASTM D 6241	kN (lbs)	3.6 (800)	
Abertura aparente de poros (AOS) <sup>2</sup>	ASTM D 4751	mm (U.S. Sieve)	0.15 (100)	
Permissividade	ASTM D 4491	seg <sup>-1</sup>	0.8	
Taxa de fluxo	ASTM D 4491	l/min/m <sup>2</sup> (gal/min/ft <sup>2</sup> )	2648.1 (65)	
Resistência a raios UV (%remanescente após mínimo de 500 horas)	ASTM D 4355	%	70	

Propriedades Físicas	Norma	Unidade	Valores Típicos
Massa por unidade de área	ASTM D 5261	g/m <sup>2</sup> (oz/yd <sup>2</sup> )	413.6 (12.2)
Espessura	ASTM D 5199	mm (mils)	2.7 (105)
Dimensões da bobina (largura x comprimento)	--	m (ft)	4.5 x 91 (15 x 300)
Área da bobina	--	m <sup>2</sup> (yd <sup>2</sup> )	418 (500)
Peso estimado da bobina	--	kg (lb)	173 (381)

- 4 - Execução da camada de tapete drenante, constituída de material granular (britas);



Aplicação de Geomembrana



Aplicação de Camada Granular

## 2.3 - BARRILETE DE INTERLIGAÇÕES DAS UNIDADES GEOTUBE®

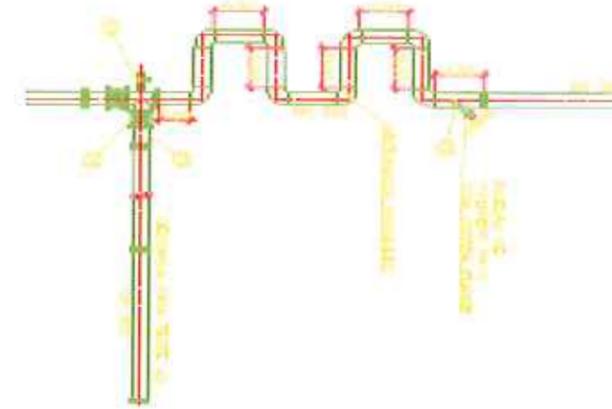
A tubulação de recalque entre a draga e as unidades Geotube® será constituída de um sistema de interligação ("manifold" ou barrilete) em ferro fundido, aço ou PEAD. Desta forma, será possível operar simultaneamente até 5 unidades de Geotube® proporcionando ao sistema uma capacidade de vazão de até 1.500 m<sup>3</sup>/hora.



## 2.4 - ESPECIFICAÇÕES E OPERAÇÃO DAS UNIDADES GEOTUBE®

A operação das unidades Geotube® tem início com a admissão do material dragado no barrilete de distribuição, bombeado diretamente do sistema de dragagem. A mistura constituída por

sedimentos dragados e água receberá a correção do pH e a dosagem de polímero no barrilete de admissão na UDC, antes do misturador hidráulico.



As unidades Geotube® exercerão simultaneamente as funções de contenção (retenção) dos sedimentos contaminados e de drenagem da água livre, presente, sem a presença de contaminantes, fruto do processo de dragagem e da filtração dos contaminantes através do geotêxtil do Geotube®.



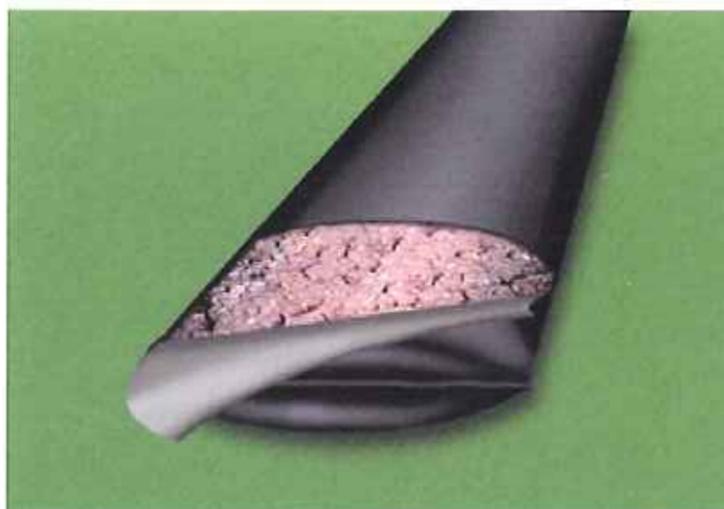
*Fase de enchimento*

O excesso de água decorrente do processo de dragagem é drenado através dos pequenos poros do geotêxtil, resultando numa desidratação efetiva e uma redução dos volumes de água. Esta redução de volume permite que cada Geotube® possa ser preenchido por bombeamentos sucessivos, até que o volume disponível seja quase inteiramente ocupado pela fração sólida existente nos sedimentos dragados. O limite do tempo para bombeamento em cada unidade Geotube® será estabelecido pela altura máxima de enchimento de 2,35 m.



*Fase de Contenção nos Geotube®*

Depois do ciclo final de enchimento e desidratação, os materiais sólidos retidos continuarão a sofrer processo de consolidação por desidratação e evaporação da água residual através dos Geotube®.



*Fase de Consolidação - Fase da desidratação do material concluída*

Em alguns momentos será feito hidrojateamento da superfície do Geotube® para aumentar o desaguamento. Este procedimento auxilia no combate à formação de colônias de bactéria e à proliferação de fungos, além de aumentar a eficiência da drenagem por longos períodos.



*Hidrojateamento*

Caso ocorra entupimento dos poros do geotêxtil do Geotube® em algum ponto, poderá ser utilizado um vibrador de superfície para promover o desbloqueio dos poros. Este procedimento deve ser feito de maneira ajustada em relação aos movimentos, intensidade e tempo de permanência em cada ponto do Geotube®, para não danificar o geotêxtil tecido das unidades Geotube®. O entupimento dos poros pode ocorrer devido à má floculação dos sedimentos contaminados.



*Fase de enchimento*

Ao se atingir o grau de desidratação determinado, a unidade Geotube® terá seus flanges de entrada tamponados e estará preparada para receber o sobre aterro conforme estabelecido no projeto.



Aterro sobre unidades de Geotube®

O corpo da estrutura é um composto de geotêxtil tecido de polipropileno de alta resistência utilizado no processo de desidratação, costuras com fios de poliéster de alta resistência e resistência a UV e flanges de enchimento.

A parte líquida é drenada pela trama do produto, resultando uma desidratação efetiva e uma eficiente redução do volume de água. Esta redução de volume imediata permite inúmeros enchimentos do sistema.

Depois do ciclo final de enchimento e desidratação, o material sólido retido deverá continuar a consolidar por desidratação através da evaporação da água residual.

O geotêxtil tecido tem uma durabilidade mínima de 07 anos para funcionamento, contra desgastes naturais de suas fibras, quando expostas aos raios UV, e quando protegidas dos raios UV, sua durabilidade atinge um mínimo de 100 anos.

As propriedades mecânicas e hidráulicas são atestadas, por laboratórios idôneos e acreditados pelo INMETRO, os ensaios estão em conformidade com as normas ASTM, ABNT e ISO.

#### Dados Técnicos

- Resistência máxima à tração – de 70 kN/m a 96,3 kN/m (Pela ASTM D 4595).
- Resistência à tração (a 5% de deformação) – de 17,5 kN/m a 61,3 kN/m (Pela ASTM D 4595).
- Resistência à tração (a 10% de deformação) – de 43,8 kN/m a 96,4 kN/m (Pela ASTM D 4595).
- Resistência de costura – igual ou superior a 52,5 kN/m (Pela ASTM D 4884)
- Vazão de drenagem mínima – 700 l/min/m<sup>2</sup> (Pela ASTM D 4491).
- Permeabilidade mínima – 0,040 cm/s (Pela ASTM D 4491).
- Permissividade mínima – 0,26 seg<sup>-1</sup> (Pela ASTM D 4491).

- Resistência a raios UV (500 horas no mínimo) – ou superior 70% da resistência à tração mantida (Pela ASTM D 4355).
- Abertura aparente máxima do poro – 0,425 mm (Pela ASTM D 4751).
- Massa por unidade de área – igual ou superior a 585 g/m<sup>2</sup> (Pela ASTM D 5261)

Dispositivos de enchimento tipo flange, fabricado em PVC. O dispositivo de enchimento denominado flange está dimensionado para suportar vazões de bombeamento. Visando simplificar o processo de enchimento e conexão com a tubulação, além de aumentar a segurança de operação e permitir atingir as alturas de enchimento máxima escrita em cada unidade. Com isso maiores e com extrema segurança volumes podem ser desaguados pelos tubos de geotêxtil tecido.

O processo de fabricação e instalação do dispositivo de enchimento utiliza flanges circulares de PVC, juntas de vedação de neoprene e mangas de tecido flexível a fim de promover um forte e eficiente sistema de prevenção contra vazamentos. Este dispositivo pode ser selado após o trabalho ser encerrado. Não devem ser instalados através de costura ou sobre as mesmas. O numero de flanges devem ser conforme tabela abaixo.

A altura alcançada pelo tubo de geotêxtil tecido para cada enchimento e sua capacidade volumétrica de retenção deve ser rigorosamente atendida, uma vez que este parâmetro permite assegurar o volume retido e o tempo para execução do serviço.

As dimensões a serem atendidas pelo tubo de geotêxtil para contenção e desaguamento de lodo são as seguintes listadas na tabela abaixo:

DIMENSÕES (M)	ALTURA MÁXIMA DE ENCHIMENTO (m)
18,30 m de largura x 65 m de comprimento – 5 flanges de enchimento	2,35

Conforme estudos abaixo em software específico para este tipo de cálculo temos que a altura de enchimento não deve ultrapassar o acima recomendado.

O fornecedor deverá apresentar um Termo de Garantia do material, que abranja um período mínimo de 12 meses, a partir da data de entrega e 7 anos de resistência a raios solares UV.

## 2.5 - TESTES COM AS UNIDADES GEOTUBE®

Para o dimensionamento das unidades Geotube®, foi necessária a execução de diversas análises que possibilitaram o dimensionamento correto do sistema de tratamento e disposição dos materiais contaminados, em conjunto com dados correspondentes aos volumes de sedimentos a serem confinados "in situ".

Para caracterização da tecnologia são executados dois ensaios característicos:

### 1-TESTE RDT

É um teste expedito que serve para analisar o desaguamento e fazer a seleção do floculante ideal para o tratamento dos sedimentos contaminados. O teste RDT (Teste de Desaguamento Rápido) é um teste simples e rápido para determinar a eficiência do desaguamento de uma amostra dos sedimentos contaminados através da trama unidades Geotube® modelo GT500. O teste foi projetado para:

- Avaliar a eficiência do floculante selecionado;
- Medir o volume de percolado filtrado dos sedimentos contaminados;
- Registrar o tempo de filtração;
- Analisar a qualidade do percolado.

Segue abaixo a metodologia do teste:

#### Passo 1

Medir 100ml de água em vários recipientes para preparo da solução de polímero. Esta quantidade é suficiente para se realizar vários testes com 1 litro de sedimento contaminado. Se a amostra dos sedimentos contaminados apresentarem um teor de sólidos muito elevados em massa, uma dose maior de polímero deve ser requerida.



#### Passo 2

Preparar soluções de polímero em concentração de 1.0%, 0.5%, 0.3% ou 0.25% adicionando polímero em cada recipiente de 100 ml de água. Agitar vigorosamente de forma manual ou mecânica é necessário para que o polímero abra suas cadeias e forme a solução. Se for usado um misturador elétrico manual, misturar por aproximadamente 15 a 20 segundos apenas. Permitir que a solução de polímero descanse por 15 a 20 minutos, antes que seja adicionada a amostra do material coletado. Repetir este procedimento para todos os polímeros que serão testados.



#### Passo 3

Montar o kit do teste RDT inserindo a peça de Geotube® GT500 no funil de plástico. Montar o funil e posicionar sobre o becker de coleta do percolado.



#### Passo 4

Encher um becker de 500 ml com o material a ser testado. Determinar um ponto de partida para a dosagem em PPM do polímero e carregue uma seringa com a quantidade requerida.



**Passo 5**  
Lentamente despeje os 500 ml de material floculado para o funil RDT. Utilizando um cronômetro para marcar o tempo da água livre, fluir através do funil. Registrar o volume de percolado a cada 30 segundos durante 5 minutos.



**Passo 6**  
Examinar o percolado quanto a sua turbidez e percentual de sólidos. Remover o RDT do becker e desatarraxar o topo do funil. Remova lentamente o geotêxtil Geotube® GT500 do funil de plástico e colete o material desaguado. Examinar como o material se desprende do geotêxtil. Repetir este procedimento para todos os polímeros testados e determinar o mais eficiente em termos de tempo de desaguamento, volume de percolado e turbidez do percolado. Coletar amostra do material desaguado e analisar esta amostra quanto ao seu teor de sólidos.



## 2-TESTE GDT

Este teste consiste em analisar em uma escala maior os parâmetros que não se podem mensurar com o teste RDT apresentado acima. Nesta análise faz-se uma demonstração da tecnologia Geotube® para desaguamento de sedimento contaminado, e tem os seguintes propósitos:

- Visualizar o processo de desaguamento
- Avaliar a eficiência do polímero selecionado
- Analisar a turbidez do percolado
- Analisar o percentual de sólidos

### Passo 1:

Coletar aproximadamente 57 a 95 (15 a 25 galões) litros de lodo. Homogeneizar as amostras em um recipiente grande o bastante. Um tonel de 200 litros é uma boa opção para que possa garantir uniformidade ao material. Quanto menor o percentual de sólidos da amostra maior deve ser a amostra.



### Passo 2:

Montar a estrutura GDT e coloque em baixo desta estrutura um recipiente plástico de 133 a 170 litros a fim de coletar o percolado. Posicione a bolsa GDT no topo da estrutura e fixe a barra de sustentação fornecida de 27" (esta barra deve sustentar 7 kPa de pressão).



### Passo 3:

O tipo e a dosagem do polímero a ser utilizado deverão ter sido determinados em laboratório. Elabore a solução de polímero. Gráficos para orientação para a formulação de solução de polímero está disponível para fornecimento pela Ten Cate Geotube. Adicione a solução de polímero ao lodo utilizando um misturador elétrico com velocidade variável até os flocos serem formados.



**ARENÇÃO:**  
Velocidade muito alta pode quebrar os flocos.



**Passo 4:**  
Encher a unidade GDT colocando lodo floculado pelo topo do tubo. Baldes menores e funil podem ser utilizados a fim de facilitar a operação.

**NOTA:** Sustente a barra para que o fundo da bolsa GDT, de outra forma o lodo pode entornar. Esta precaução deve ser tomada somente até a bolsa GDT acumular um certo volume e peso de lodo.



**Passo 5:**  
Continuar preenchendo a bolsa GDT com lodo floculado o mais rápido possível até que o lodo alcance a barra de sustentação na marca de 7 kPa, parando imediatamente. Coletar amostra do percolado da extremidade da bolsa. Este percolado deve ser analisado quanto a sua turbidez e amostras podem ser coletadas para outros testes se houver interesse.



**Passo 6 (Opcional):**  
Após a bolsa de teste GDT ter tido tempo suficiente para desaguar, uma amostra do lodo desaguardo deve ser coletada para determinação da umidade e percentual de sólidos. Os resultados devem ser extrapolados para se simular os resultados de uma situação em verdadeira grandeza. A bolsa GDT também pode ser utilizada para coduzir análise em termos de massa.

## 2.6 – METODOLOGIA DE DISPOSIÇÃO DAS UNIDADES GEOTUBE®

Poderemos observar no anexo a sequencia abaixo a metodologia de disposição das unidades de Geotube;

## 2.7 – TRATAMENTO DO PERCOLADO DAS UNIDADES GEOTUBE®

O tratamento dos sedimentos contaminados com a tecnologia Geotube®, deverá ser tratado como uma estação de tratamento de efluentes a qual possibilitara a disposição do afluente drenado das unidades de Geotube diretamente para o corpo receptor, com o confinamento e tratamento do efluente oriundo da dragagem.

O efluente drenado pelos Geotube® será submetido à análises químicas através de um monitoramento diário, semanal e mensal a depender do tipo de análise que precisará ser feito, desta forma poderemos garantir o atendimento dos padrões de lançamento da Resolução CONAMA resolução 357/05 e 397/08, para lançamento dos efluentes no estuário.

De acordo com a caracterização prévia realizada no sedimento e com as análises químicas realizadas nesta matriz para realização dos ensaios de tratabilidade, observa-se que os metais pesados são os contaminantes presentes no sedimento e, desta forma deverão ser monitorados no efluente tratado.

Dentre as diferentes alternativas para o tratamento de efluentes contendo metais, podemos destacar:

**Precipitação:** é o processo mais utilizado, onde os metais são precipitados por reação de outros produtos químicos.

**Troca iônica:** baseia-se no emprego de resinas de troca iônica, que seqüestram os íons presentes, acumulando-os. É vantajoso, pois o processo tem alta eficiência, mas, apesar das resinas serem regeneradas, elas possuem tempo útil e alto custo.

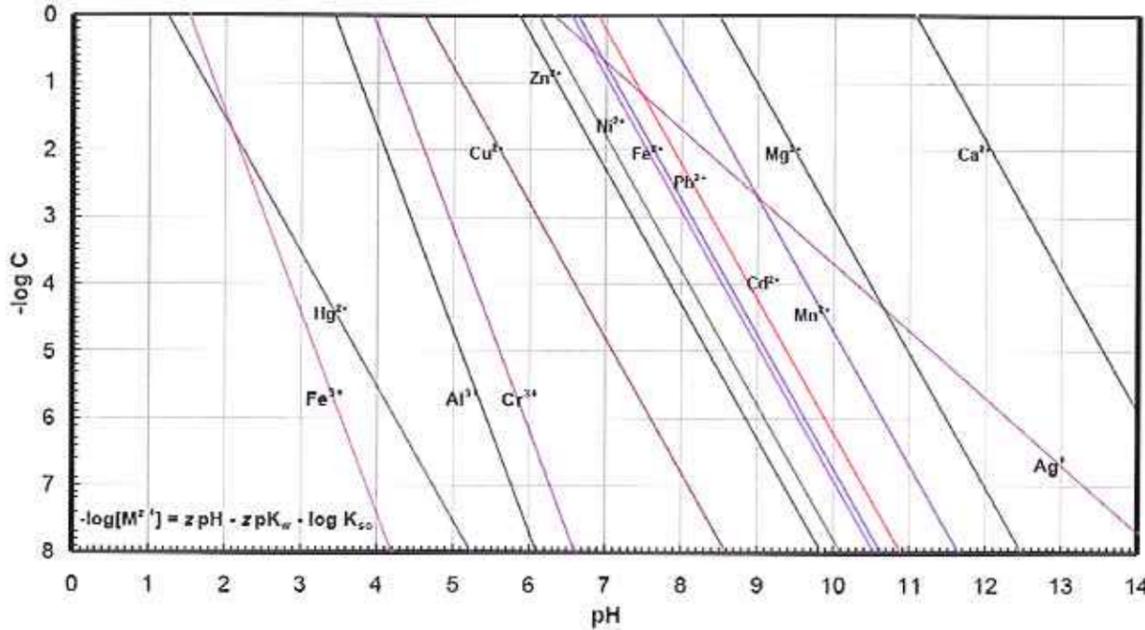
**Processo de separação de membranas:** os sais dissolvidos na água são filtrados por membranas com poros muito pequenos. Esse processo permite que os efluentes sejam obtidos puros e prontos para a reciclagem, mas necessita de altas pressões para ser efetivo (acima de 10 kgf/cm<sup>2</sup>).

**Tratamento eletroquímico:** esse processo baseia-se em provocar reações químicas através de uma corrente elétrica, que desestabiliza o contaminante presente em meio aquoso e promove sua precipitação. Este método possibilita a recuperação dos metais, mas apresentam alto custo e necessidade altas concentrações de contaminantes.

Dentre as várias opções de tratamento dos metais que contaminam o sedimento a ser dragado, a mais adequada para a situação da Base Naval é o tratamento pelo processo de precipitação química. Além de ser o mais comumente utilizado, esse tratamento torna-se o mais adequado pelo fato do tratamento do sedimento ser efetuado no processo de dragagem com alcalinização do meio, para a qual será construído um sistema de mistura rápida proporcionando correção do pH imediatamente.

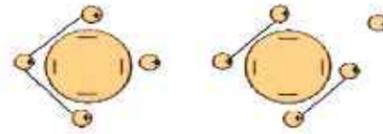
O processo de tratamento dos sedimentos contaminados vem desde o sistema de dragagem com a adição de produtos para o aumento do pH, retendo dentro das unidades Geotube® todos os metais através de precipitação. Como podemos mostrar no gráfico abaixo, ocorre à alteração do

coeficiente de solubilidade de cada metal, formando (complexo-precipitados) que ficarão retidos nas unidades de Geotube®.

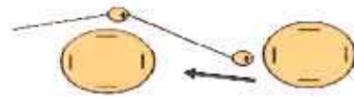


Após o sistema de alcalinização será adicionado um floculante com características especiais para aglomerar em forma de colóides, a qual os contaminantes serão retidos no interior das unidades Geotube®.

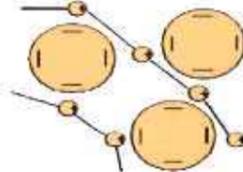
**Coloide instável**



**Aglomeração « Pontes »**



**Formação de flocos**



## 2.8 - PLANO DE MONITORAMENTO – ESTRUTURAS DE CONFINAMENTO

Durante a execução das obras e após a realização das mesmas, devendo ser considerado o monitoramento geotécnico, hidráulico e ambiental.

Os seguintes monitoramentos deverão ser realizados:

- Monitoramento do sistema de clarificação e espessamento, onde são inseridos os floculantes que aglomeram as partículas finas dos sedimentos através de coletas e análises semanais;

- Monitoramento dos efluentes (percolado) dos Geotube® para avaliação da condição de qualidade destes, através de coletas e análises semanais em tubos escolhidos aleatoriamente, uma vez que haverá o preenchimento simultâneo de várias unidades Geotube®;
- Medição semanal de gases decorrentes da desidratação dos sedimentos dentro das unidades Geotube®
- O tratamento adicional da água será feito sempre que a qualidade do efluente da UDC apresentar não conformidade em relação aos padrões de lançamento definidos pela Resolução Conama 357/05, 397/08, As análises serão realizadas para os parâmetros indicados na tabela a seguir, com as respectivas frequências de amostragem.

### 2.8.1 PARÂMETROS A SEREM MONITORADOS NO EFLUENTE

Conforme discutido no item 12, os contaminantes presentes no sedimento a ser dragado são os parâmetros que deverão ser monitorados no efluente, desta forma, serão monitorados no efluente tratado: os metais Conama 397/08.

PARÂMETROS	PONTO 1	PONTO 2
Temperatura, pH, cor, turbidez	Diário	Diário
Sólidos sedimentáveis	Diário	Diário
Óleos e graxas (minerais e vegetais)	Semanal	Semanal
Metais (Resolução Conama 397/08)	-	Semanal

Obs.: Pontos de amostragem:

Ponto 1 – Entrada do sistema de desidratação, entrada nas unidades Geotube®

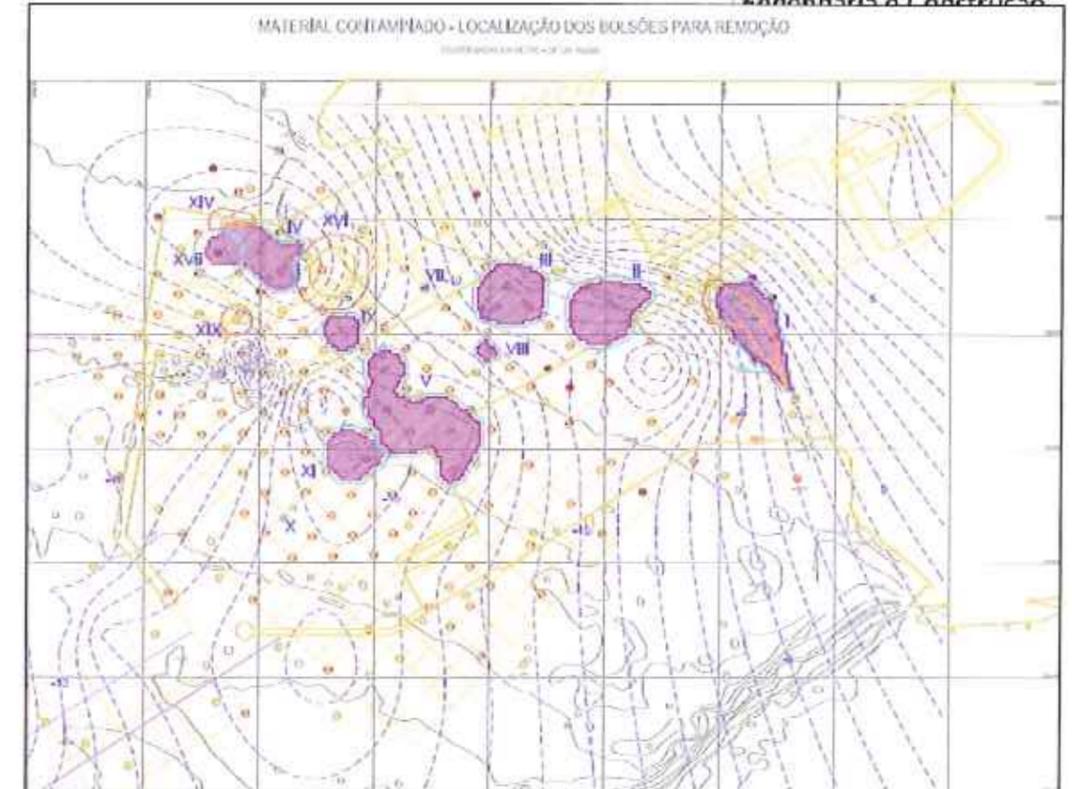
Ponto 2 – Saída do sistema de desidratação, percolado das unidades Geotube®

### 3.0 PROJETO CONCEITUAL DO TRATAMENTO DO SEDIMENTO CONTAMINADO COM A TECNOLOGIA GEOTUBE®

Para a disposição dos Tubos de Geotêxtil Tecido Geotube® em camada simples, tendo por base o confinamento de 300.000 m<sup>3</sup> de sedimentos contaminados, a qual será condicionado no interior da área abaixo indicada, conforme imagem abaixo:



A dragagem terá como premissa básica o funcionamento de 16 horas por dia e com uma vazão de 1.500 m<sup>3</sup>/h, desta forma não haverá interrupção do processo, sendo assim teremos uma maior performance e uma continuidade maior do projeto.



A figura abaixo mostra o dimensionamento do projeto de dragagem do Sedimento Contaminado da Base Naval

**Geotube® Estimator**  
Metric Units Input - Known Volume  
Version 2.0

Project Name:	BASE NAVAL
Location:	ITAGUAI-RJ
Contact:	EVANDO BARROS
Date:	19/04/2010
Type of Material:	SEDIMENTO CONTAMINADO

Input		Units
Volume	300.000	Cubic Meters
Specific Gravity	1.30	
% Solids in Place	25.0%	
% Solids During Pumping	6.0%	
Target dewatered % Solids	65%	
% Coarse grain & sand*	0.0%	

\*% Coarse grain & sand is removed from the calculation for volume reduction due to dewatering and added back in at the end in required Geotube® volume.

Production:	
Pumping Rate (LPS)	417
Hours per Day	16.0
% Efficiency	60%

Output		Units
Total Volume Pumped	1.308.330.260	Liters
Total Volume Pumped	1.308.330	CM
Wet Volume per day	14.411.510	Liters
Wet Volume per day	14.409,7	CM
Total Bone Dry Tons	79.556,2	Tons (metric)
Estimated Pumping Days	90,8	Days
Estimated Dewatered Volume	104.081,6	CM
Estimated Dewatered Weight	122.394,1	Tons (metric)

Estimated Geotube® Quantity:	
Circumference X Pumping Height	Meters
38.58m X 2.74m	2.642

18 - 3.412

Podemos observar que para a seguinte condição:

Volume de sedimento a ser dragado: 300.000 m<sup>3</sup>

Peso específico: 1,30

% de sólidos: 25%

Será necessário cerca de 2.842 metros lineares de Geotube, totalizando numa quantidade de 45 unidades de Geotube de 36,56 metros de circunferência de Geotube moledo GT-500, para tratamento de sedimento contaminado.

Para a confirmação destes dados deveremos promover ensaios que estão sendo desenvolvidos em um laboratório especializado, a qual será a base de dados que estamos colocando na entrada do software, principalmente os dados correlatos ao % de sólidos e a curva de desidratação que deverá ser feito através do GDT (Geotube Dewatering Test).

Em análise a estabilidade do mesmo quanto a altura de enchimento e as forças laterais que o mesmo proporciona para o local a ser instalado teremos o seguintes dados:

### Geotube® Simulator Cross Section



5/2/10		Project:		Base Naval Odebrecht	
Units:	Metric	Maximum Tensile Force (T) =	23,26	kt/m	
Water Level:	Emerged	Geotube® Base Contact Width (B) =	15,73	m	
Geotube® Height (H) =	2,35	Geotube® Filled Width (W) =	17,17	m	
Geotube® Circumference (C) =	36,5	Geotube® Cross Section Area (A) =	37,25	sq m	
Specific Gravity of Fill Material (SCint) =	1,7	Geotube® Volume Per Unit of Length (V) =	37,25	cu m/m	
Geotube® Fabric Type:	GT500	Factor of Safety =	3,0	FS	

Observamos que a altura máxima de enchimento é de 2.35 metros.

### SISTEMA DE DOSAGEM DE PRODUTOS QUÍMICOS

Para permitir a separação do material contaminado será utilizado um processo químico chamado floculação dos sólidos, este floculante em questão trata-se de polieletrólitos de alta eficácia

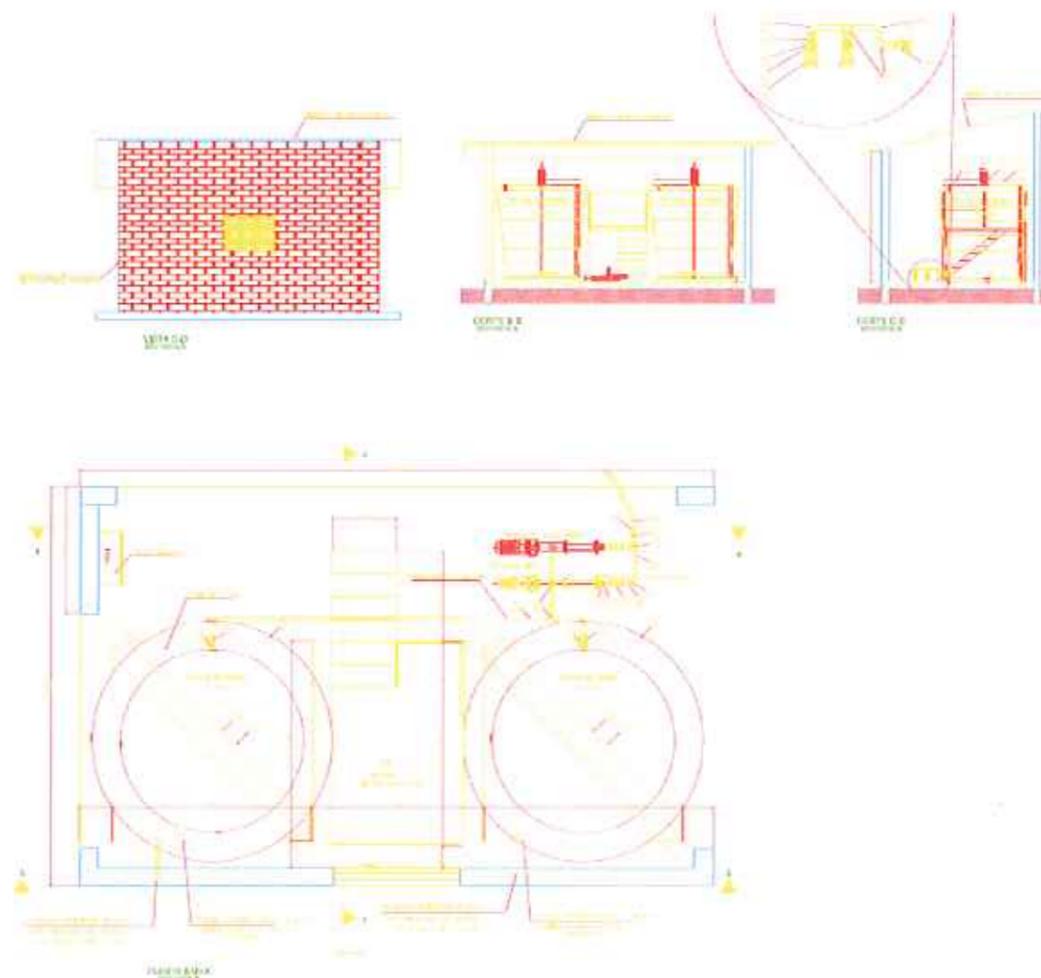
especificamente projetados para os processos de separação sólido-líquido dentro do campo do tratamento de sedimentos contaminados. São polímeros sintéticos, de alto peso molecular, solúveis em água, baseados em acrilamida e seus copolímeros.

Para viabilidade do processo de desidratação e confinamento de sedimentos e quantificação do polímero a ser utilizado, vislumbra-se os seguintes equipamentos, procedimentos e materiais:

Área necessária para o manuseio e estocagem do polímero: 100 m<sup>2</sup>

Área necessária para instalação do sistema de polimerização contínua: 100 m<sup>2</sup>

Sistema de preparo:



- ✦ Utilidades e Apoio operacional:
- ⌘ Ponto de água potável Q = 40 m<sup>3</sup>/h
- ⌘ Energia Elétrica - 30 cv de potência
- ⌘ Sistema de dosagem: 2 bombas de 30 m<sup>3</sup>/h

π Sistema de mistura: ocorrerá em chicanas contínuas, dispostas a montante do 1º ponto de enchimento do Geotube®. A mistura do material dragado com o polímero se dará após o preparo e a injeção dos mesmos por bombas de dosagem.



Sistema de dosagem de polímero.

#### Equipe de Operação

Sistema de preparação: Operador preparador de floculantes com nível médio  
Atividade: manuseio e controle de estoque de polímeros em pó.

Atividade: controle e manuseio de utilidades necessárias e apoio geral ao adequado funcionamento do sistema.

Prevê-se a utilização de laboratório credenciado para coletar e analisar as amostras do material dragado pelo menos 2 vezes ao dia, podendo este número ser maior, dependendo da operação do processo. Este laboratório deve ser credenciado ao CRQ (Conselho Regional de Química)

Coordenação técnica responsável: Prevê-se a presença de técnico químico responsável pelo controle e correção do sistema de polimerização, em função dos resultados dos ensaios laboratoriais e dos procedimentos de dragagem.

### **SISTEMA DE DISTRIBUIÇÃO**

O sistema é constituído por uma tubulação principal "manifold", na qual são conectados mangotes flexíveis de DN 8". Para acoplamento aos bocais das unidades de Geotube®. As fotos abaixo ilustram aspectos do sistema descrito.



Barrilete de distribuição de sedimentos dragados nas unidades de Geotube®.



Conexão do tubo flexível ao bocal de entrada das unidades de Geotube®.

## **6.0 SEQUÊNCIA DE INSTALAÇÃO**

A seqüência de instalação básica do sistema, adequada às condições e particularidades da área de disposição prevista para o armazenamento, envolve as seguintes etapas:



a) O local de instalação deve ser terraplenado e limpo, objetivando uma superfície plana para execução do aterro de forro;



b) O aterro de apoio (forro) deve ser executado garantindo de um lado para o outro uma inclinação entre 0,5% e 1,0% em direção aos sistemas de drenagem;



c) O aterro de apoio (forro) deve ser executado com material de baixa condutividade hidráulica, evitando que a água drenada percole pelo solo de fundação.



d) A área de disposição deverá ser recoberta com geocomposto drenante para disciplinar e acelerar a condução dos fluxos drenados para o sistema drenante. Os Geotube® deverão ser instalados sobre a superfície drenante e marcando as posições corretas para que os mesmos mantenham o alinhamento correto.



e) Nas situações climáticas adversas (por exemplo, ventos fortes) pilhas de pedregulho ou blocos de construção podem ser dispostos sobre os Geotube® desenrolados para prevenir deslocamentos antes do enchimento. Antes de iniciar o enchimento os Geotube® devem ter suas laterais amarradas, ou ancoradas ao solo em todo seu comprimento e de ambos os lados, liberando as amarras, quando esses estiverem cheios.



f) Instalação do sistema de mistura de polímero, associada a um sistema de válvulas para checagem da floculação. A linha de descarga da dragagem deverá ser acoplada ao sistema de mistura de polímero.



g) No caso de tubulação em zig-zag, deverá ser instalado, no término da mesma, um ponto coletor com válvula e linha de retorno para permitir amostragem de material, para verificação do processo de floculação, otimizando a dosagem de polímeros, sem perda de eficiência do sistema.



h) Conexão de tubo flexível derivado do "manifold" ao bocal de alimentação dos Geotube®.

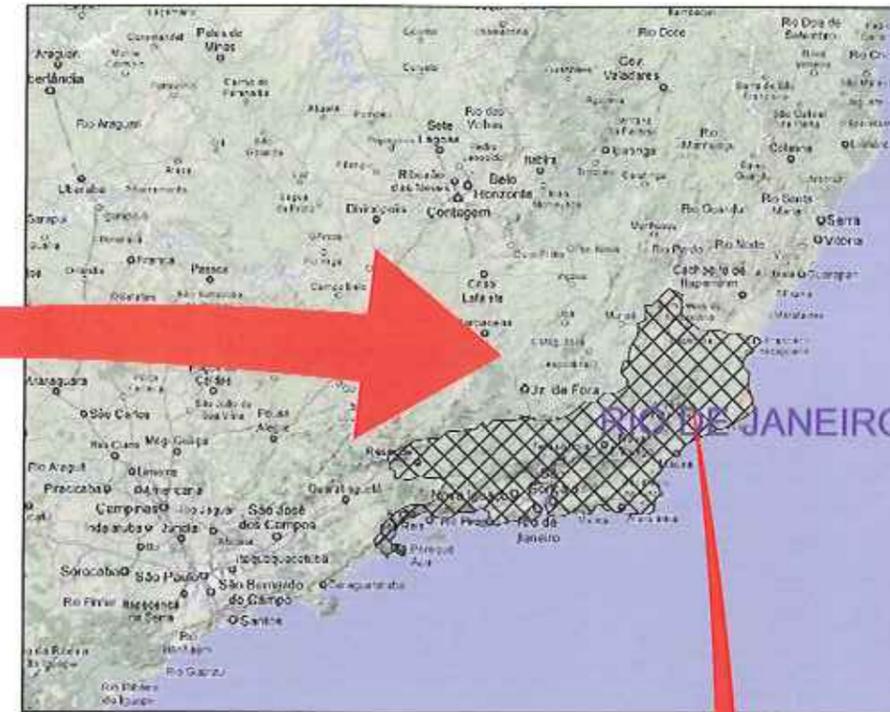


i) Início dos ciclos de enchimento, conforme plano previamente estabelecido, tirando o melhor partido das características de desidratação do material.

# LOCALIZAÇÃO



MAPA DO BRASIL  
SEM ESCALA



MAPA DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO  
SEM ESCALA

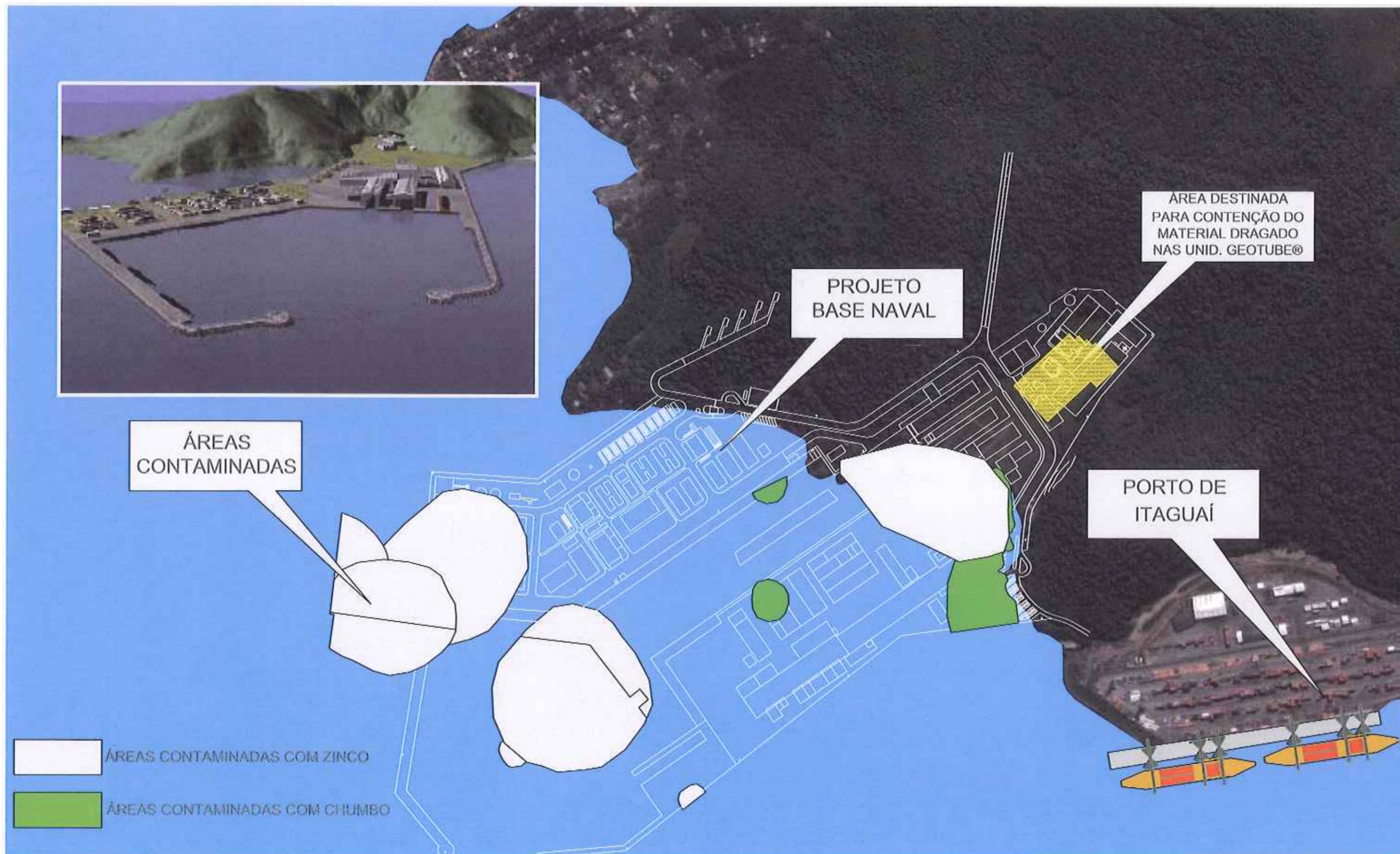


MAPA DA ÁREA DE TRABALHO  
SEM ESCALA

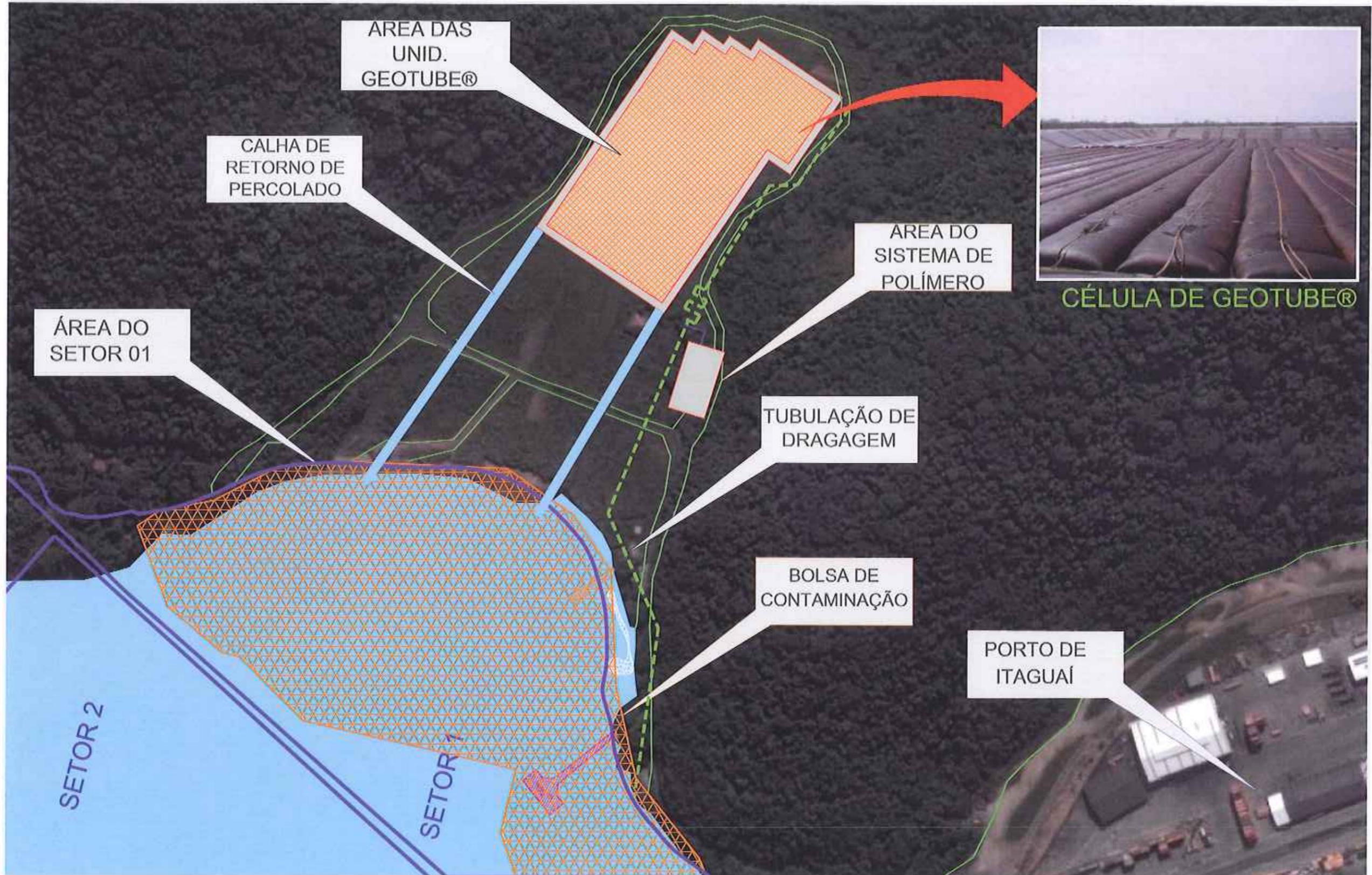


MAPA MUNICÍPIO ITAGUAÍ  
SEM ESCALA

# ARRANJO DO PROBLEMA

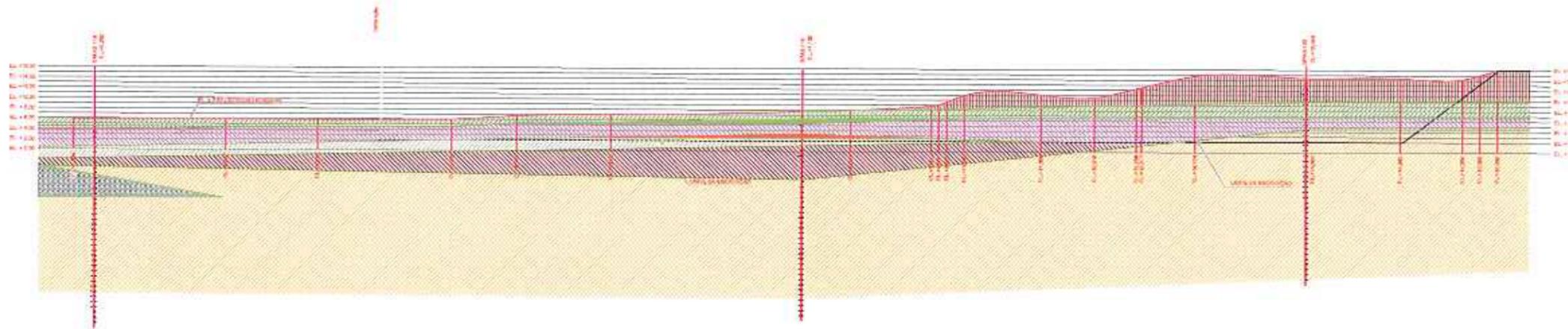


# CONCEPÇÃO DA SOLUÇÃO

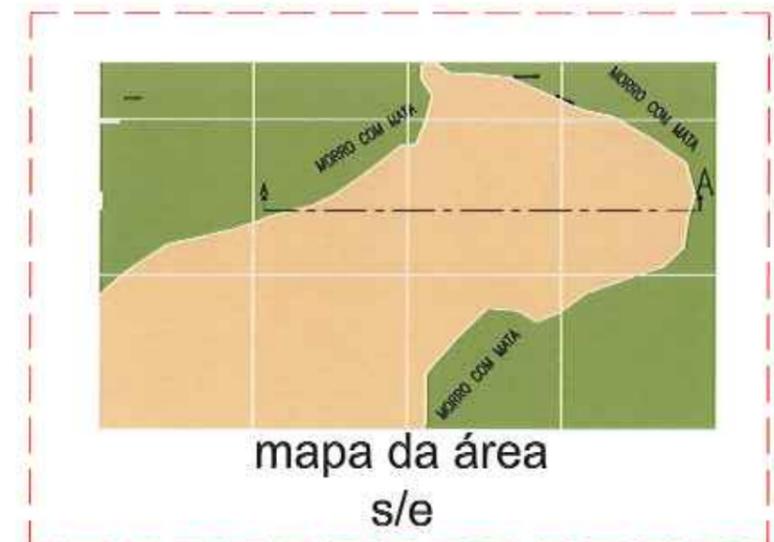
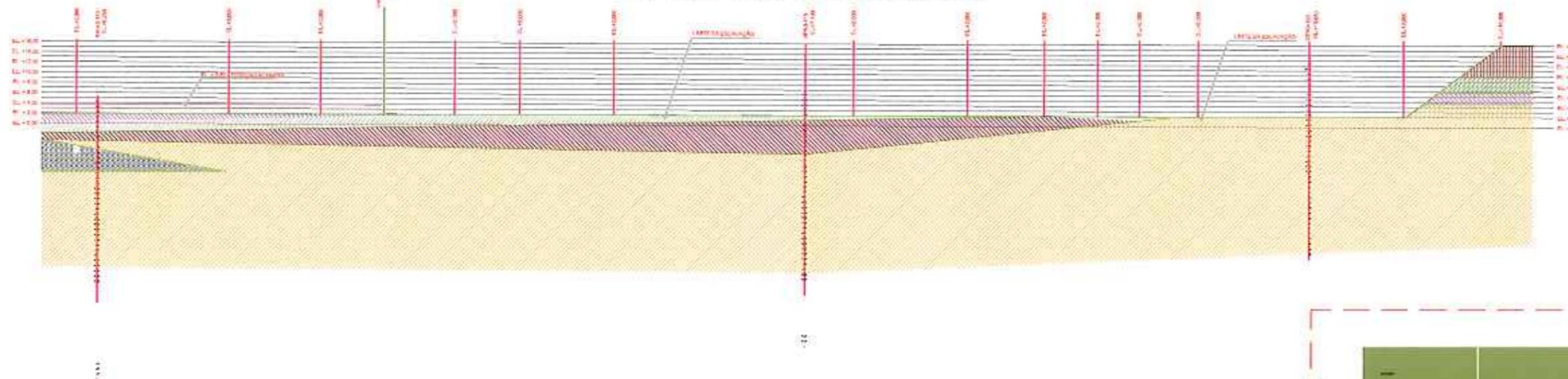


# PERFIS GEOTÉCNICOS LONGITUDINAIS

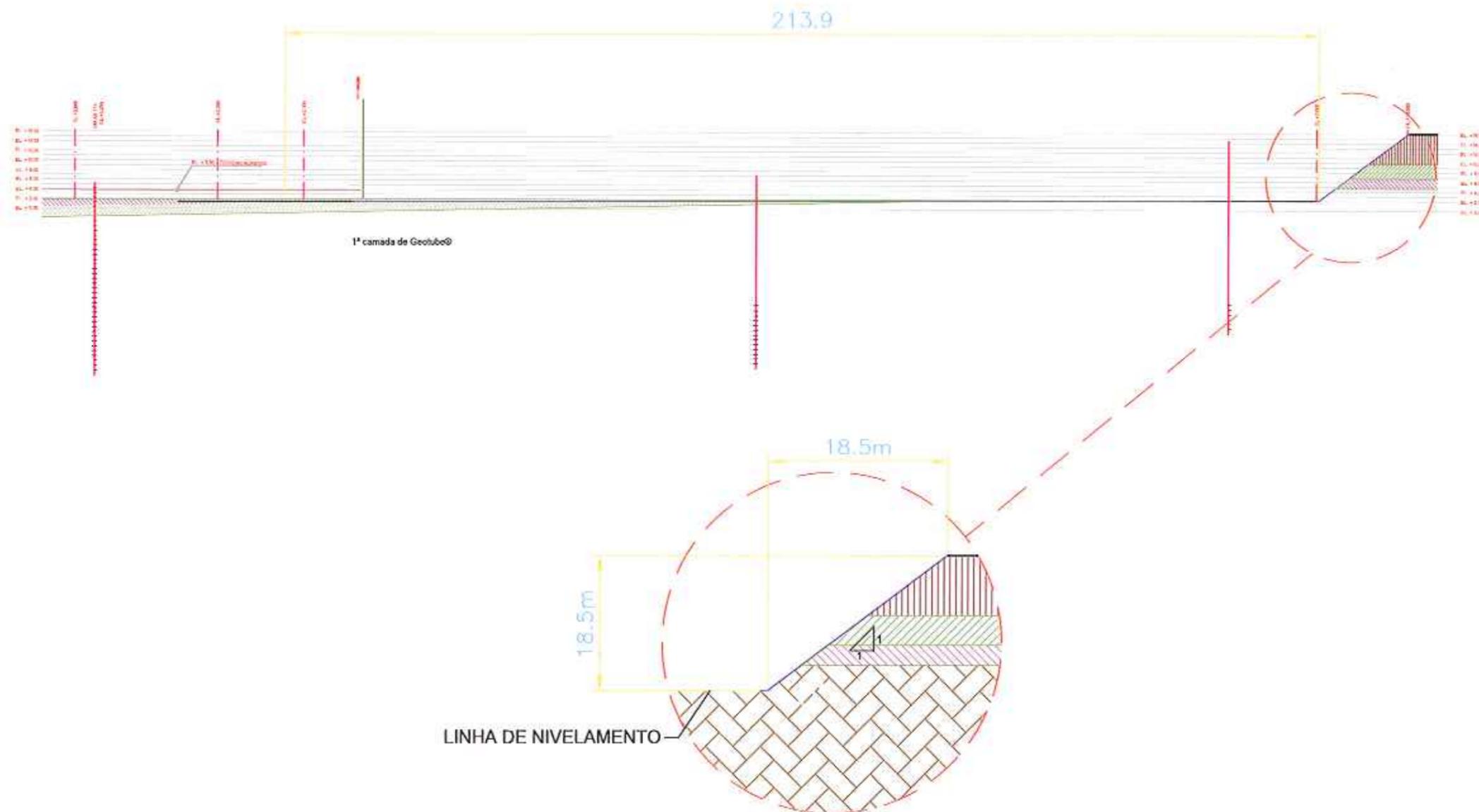
## TERRENO NATURAL



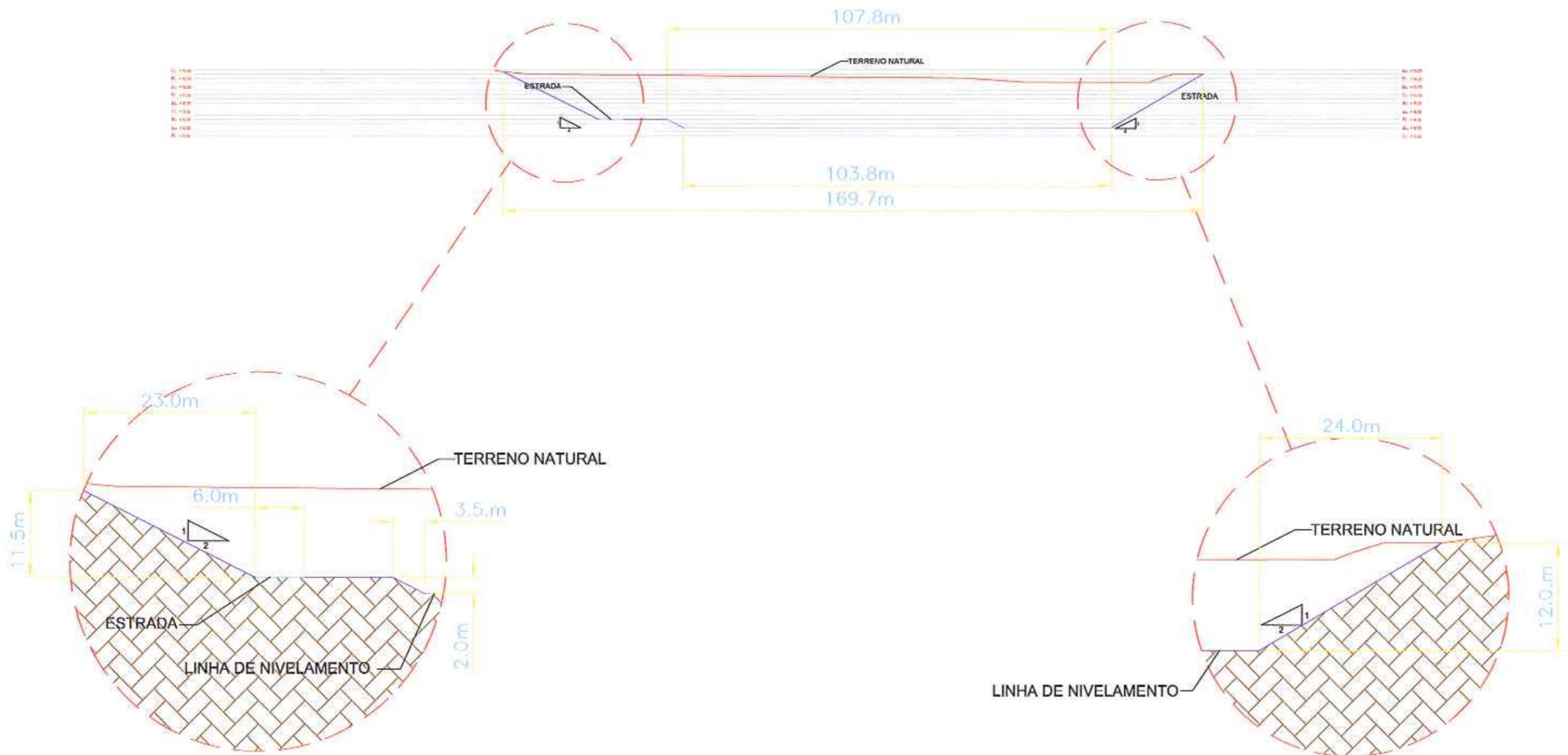
## APÓS NIVELAMENTO



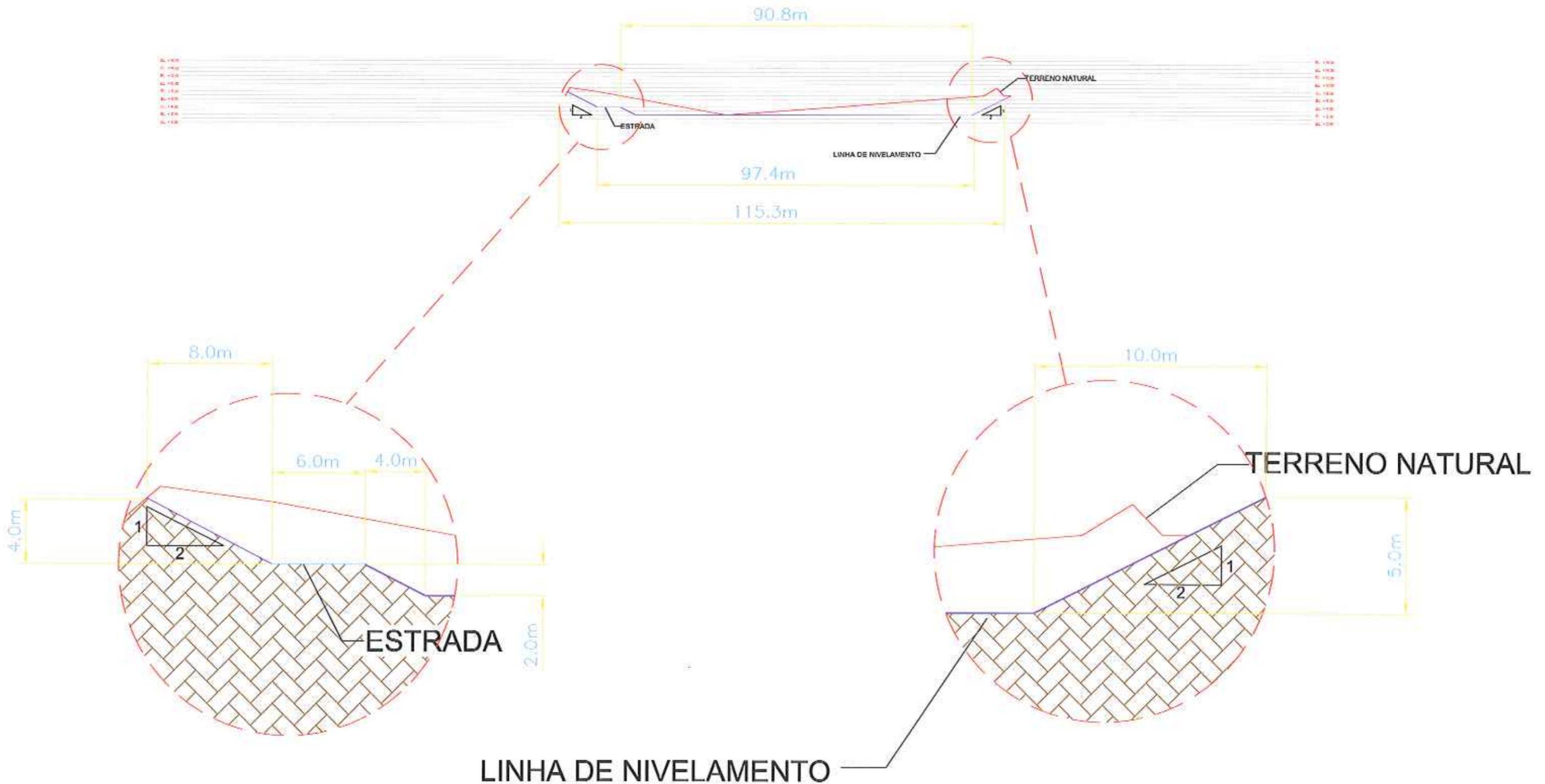
# SEÇÃO A-A (TERRAPLANAGEM)

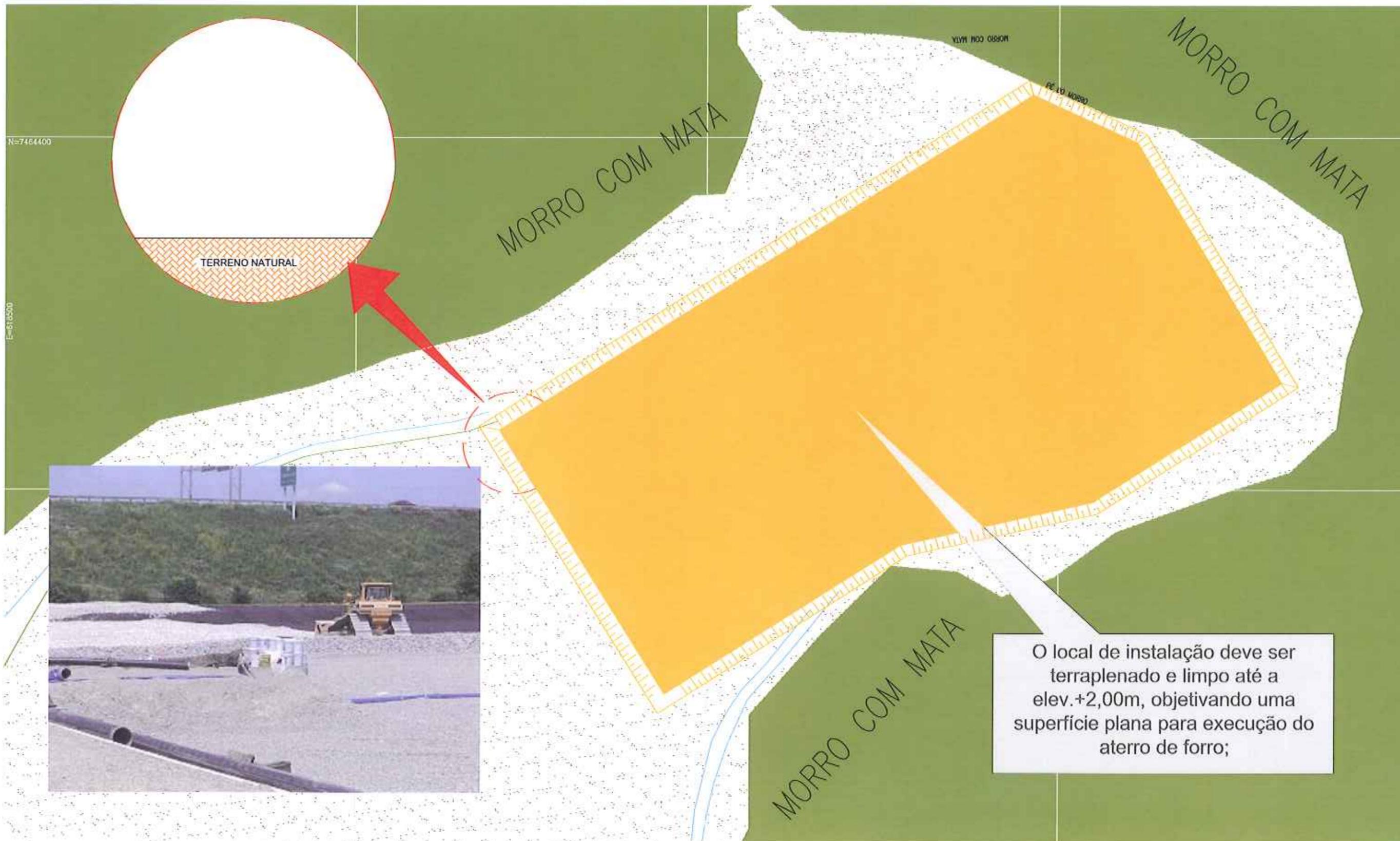


# SEÇÃO B-B (TERRAPLANAGEM)

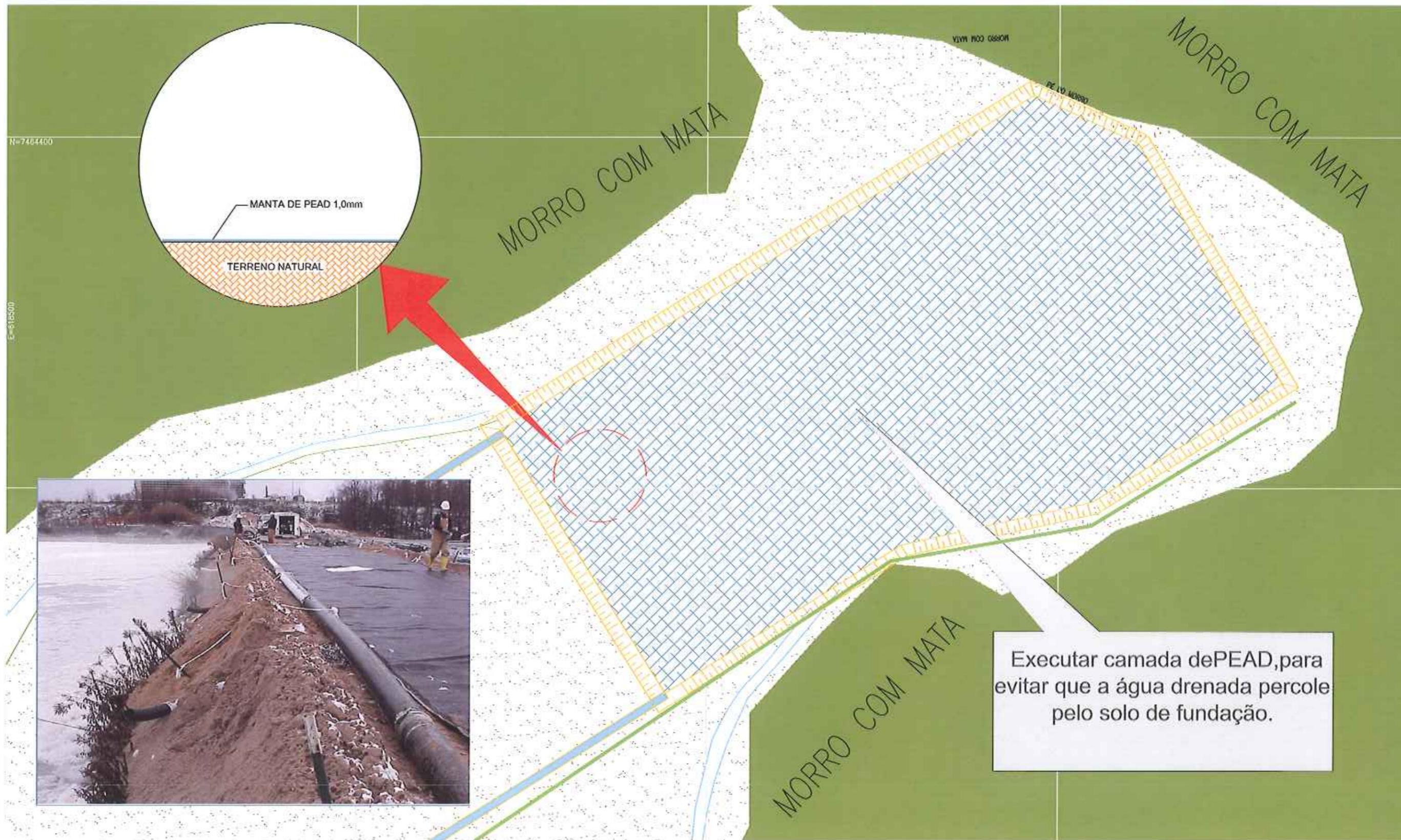


# SEÇÃO C-C (TERRAPLANAGEM)



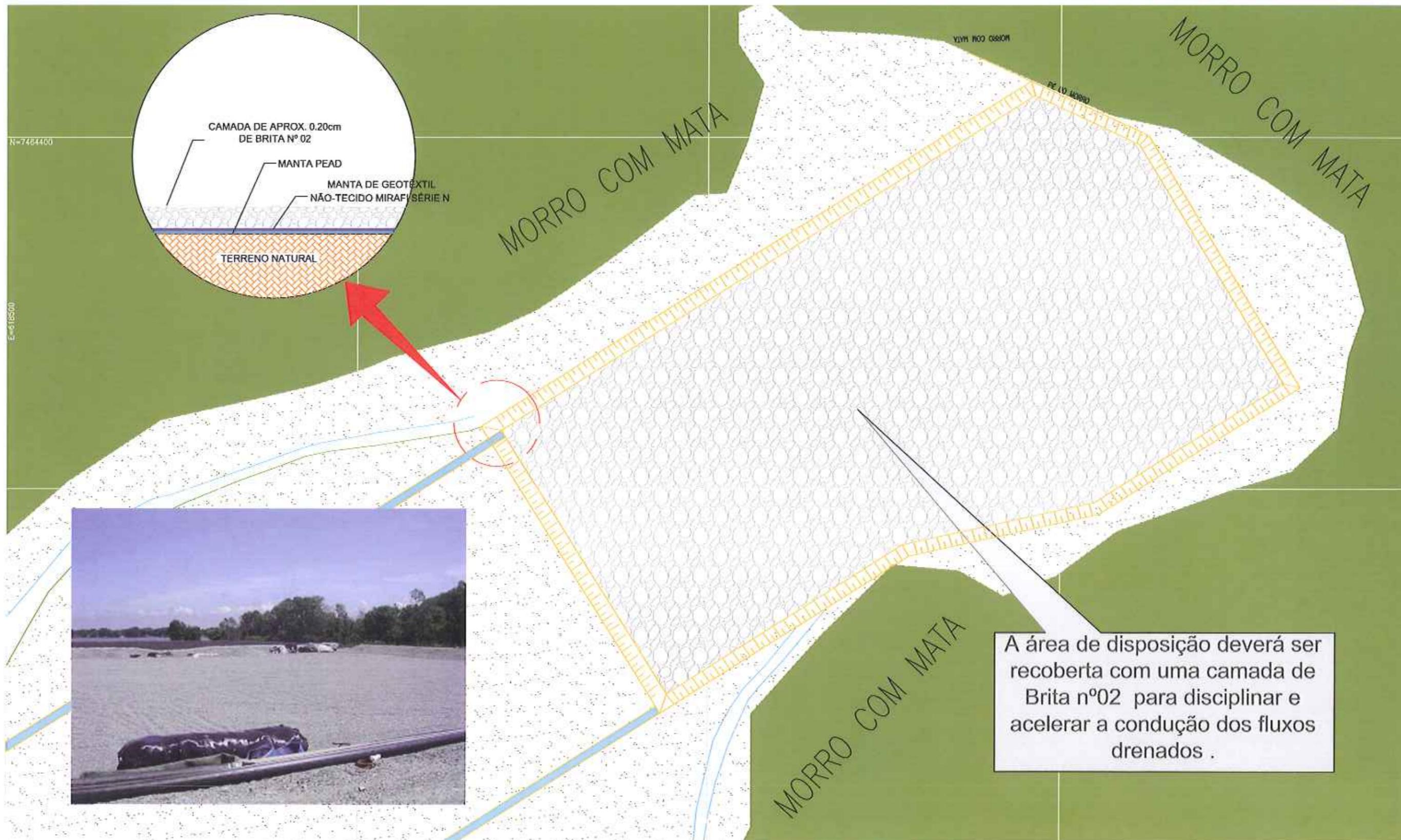


O local de instalação deve ser terraplenado e limpo até a elev.+2,00m, objetivando uma superfície plana para execução do aterro de forro;

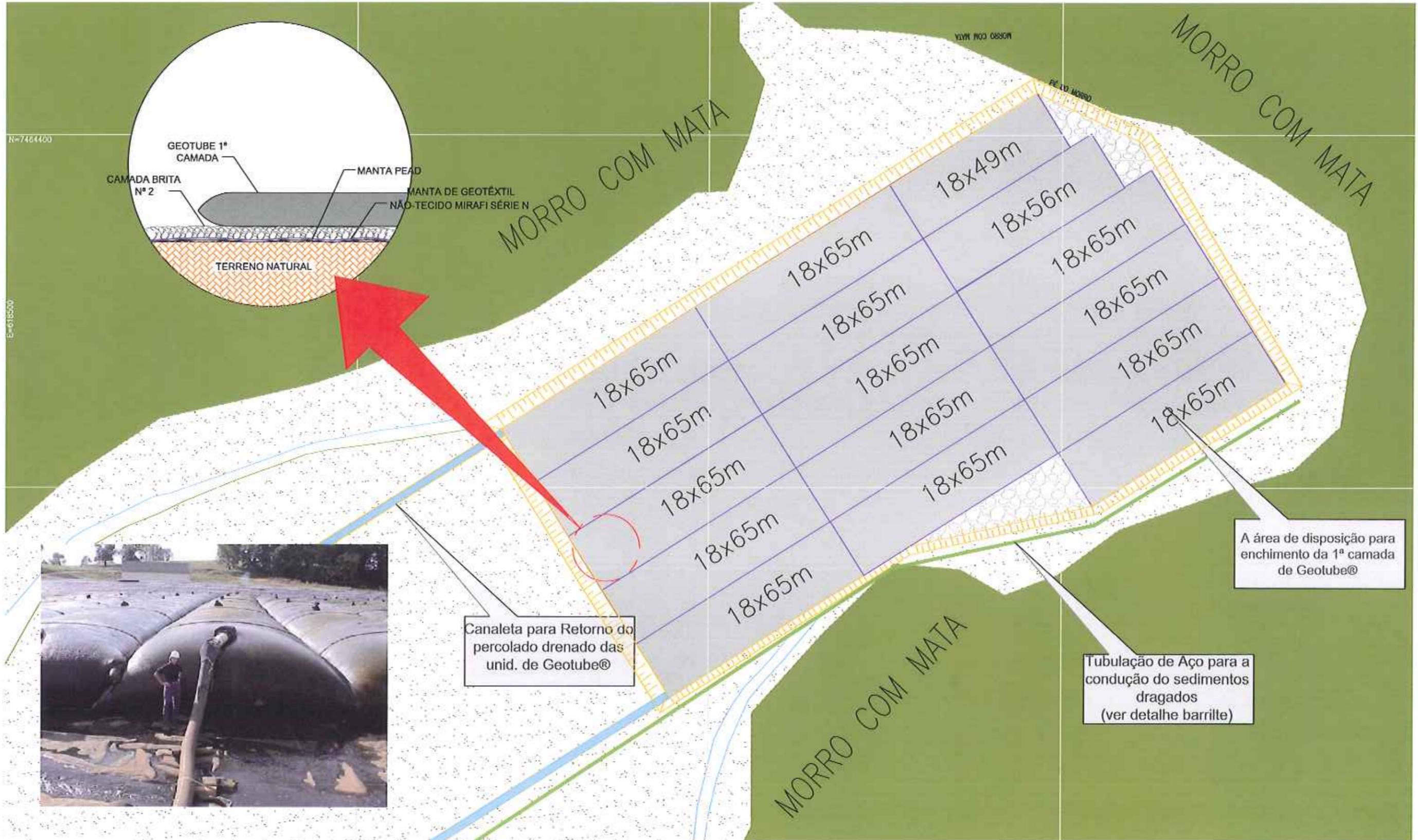


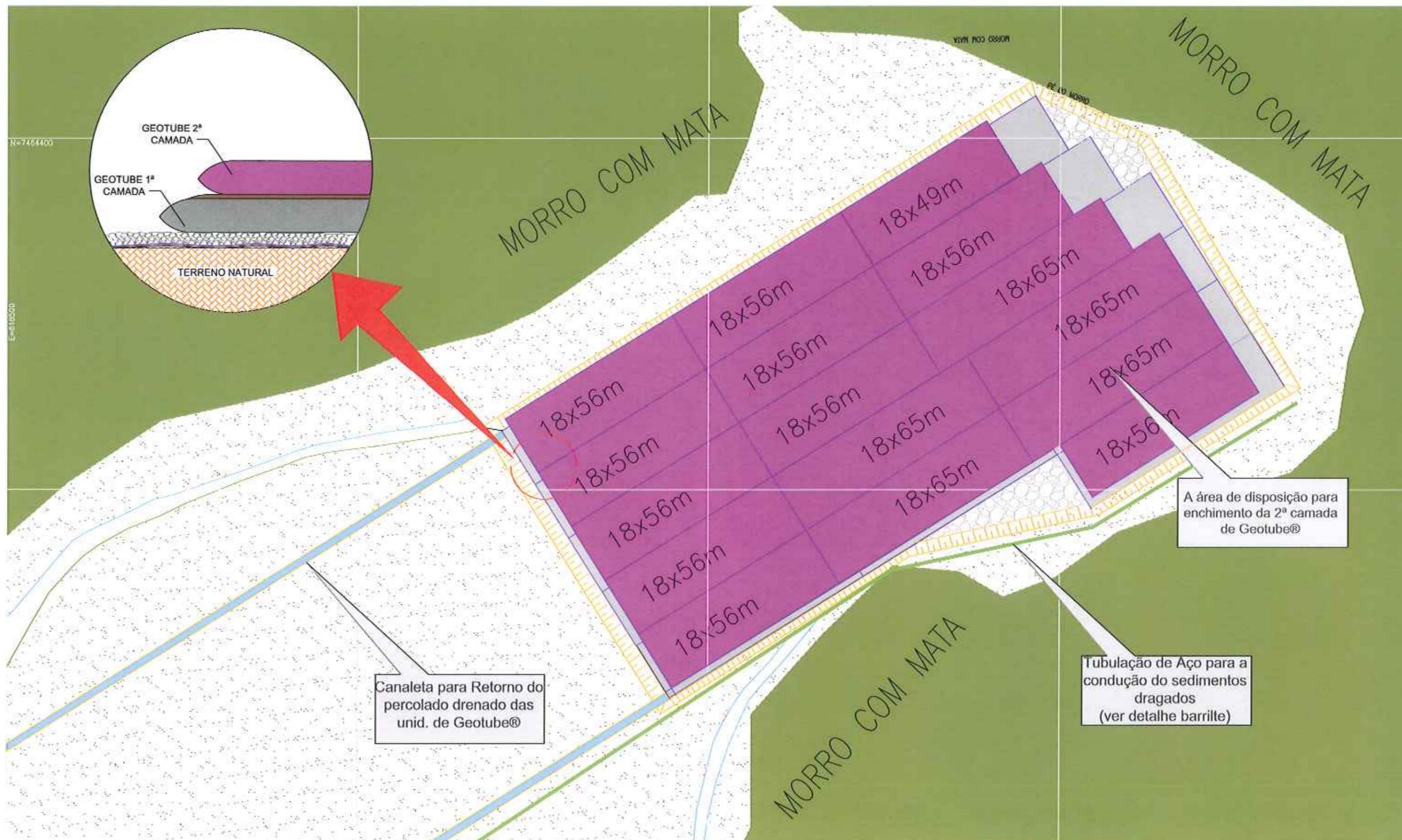


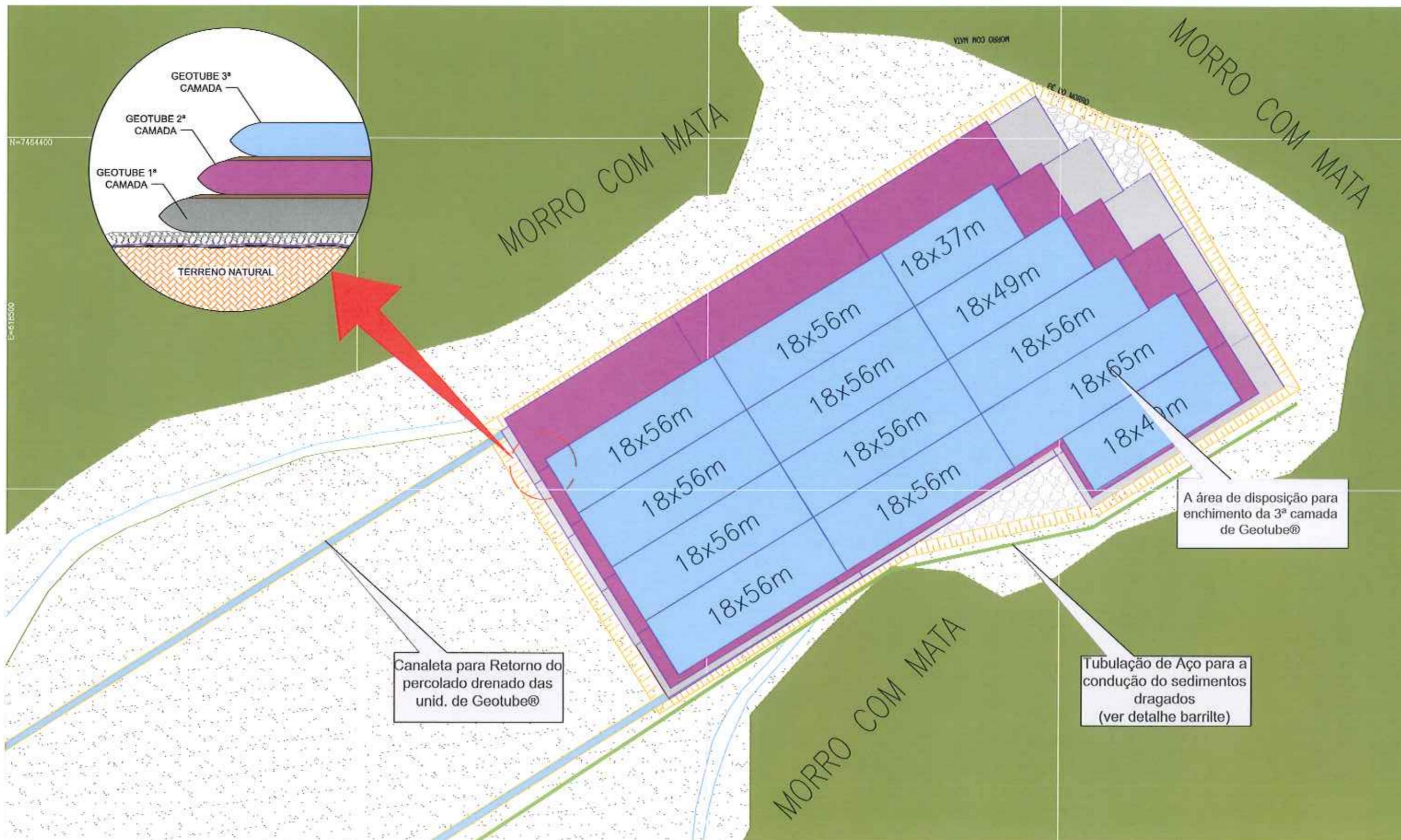
## 4ª ETAPA - APLICAÇÃO DA CAMADA DE BRITA

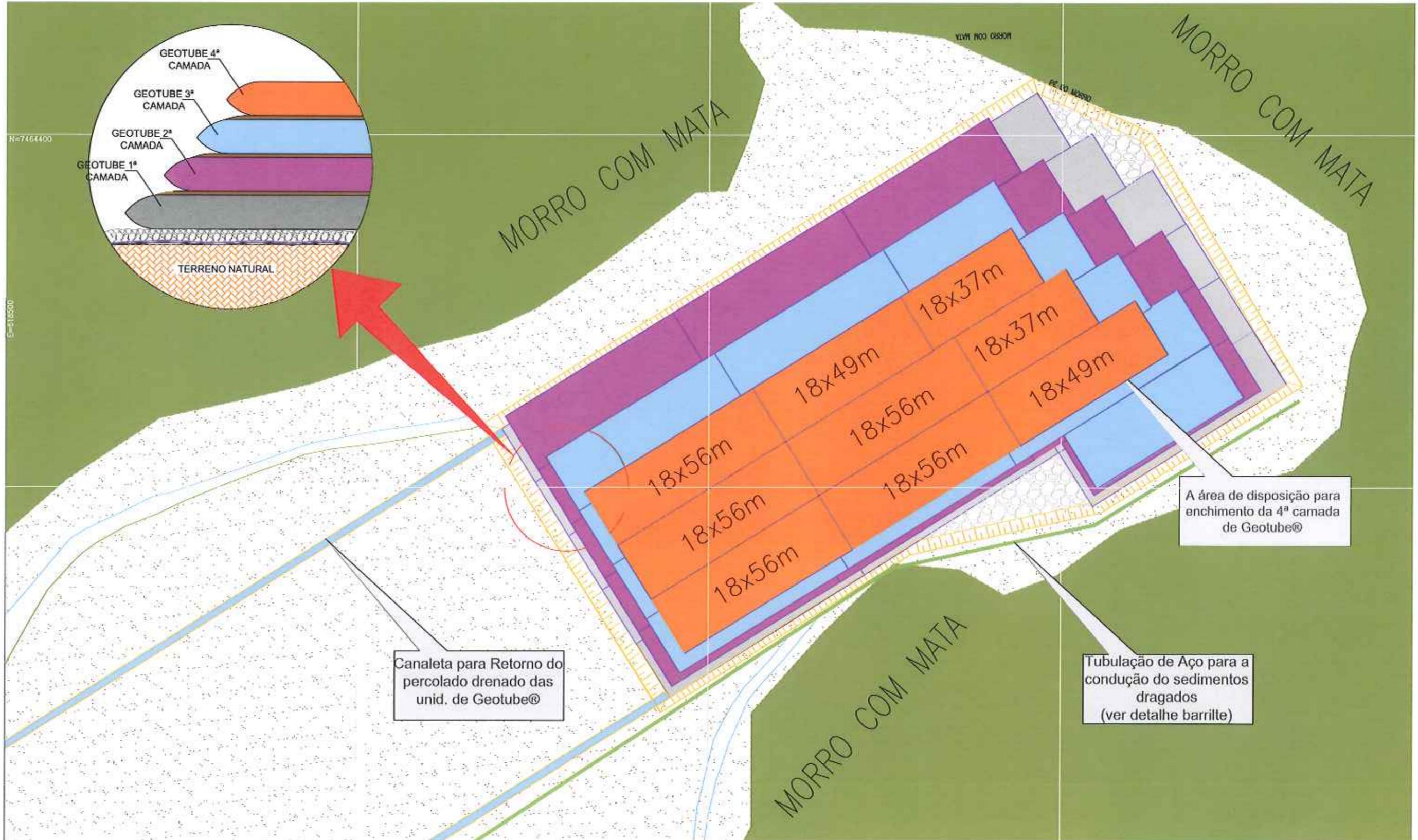


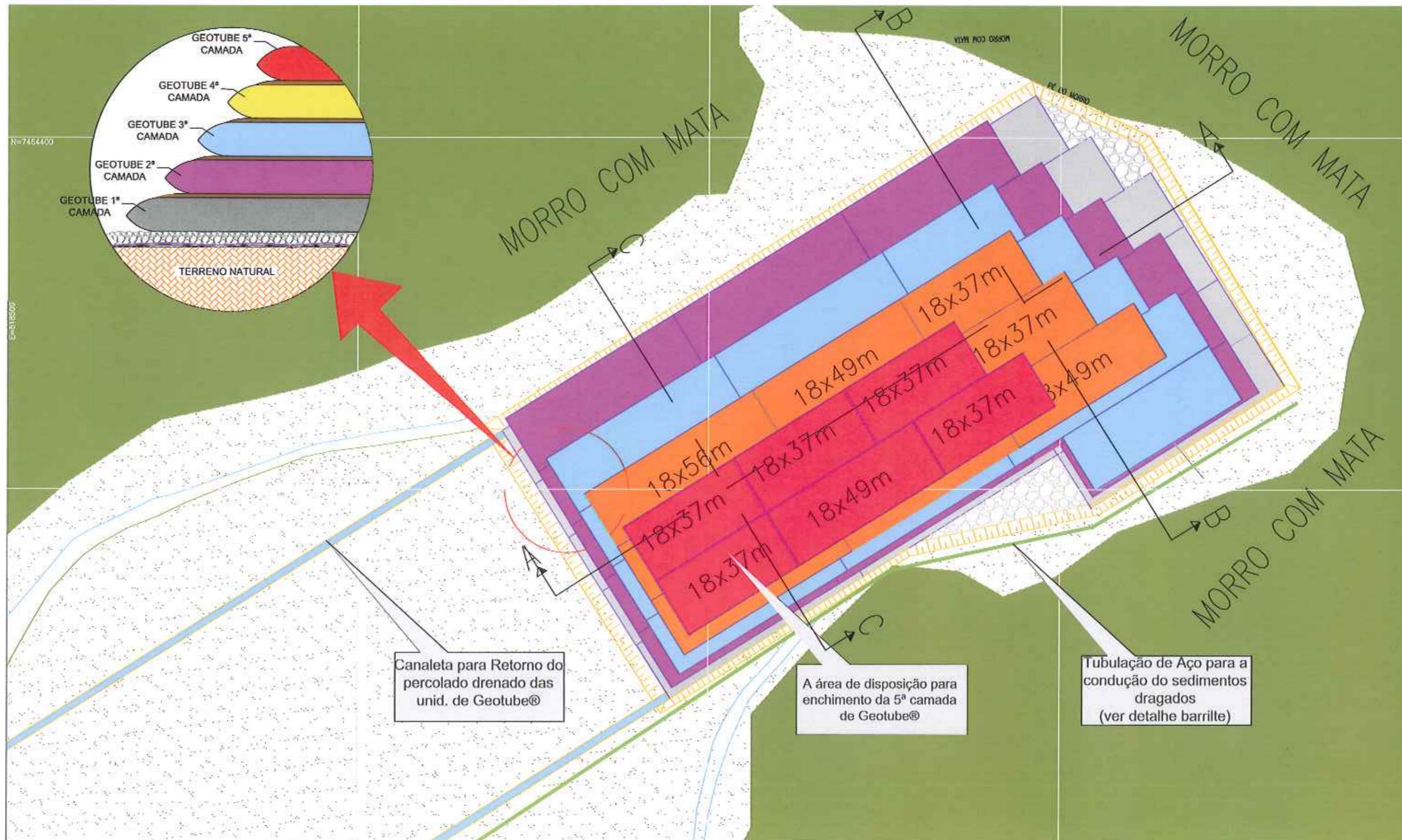
# 5ª ETAPA - APLICAÇÃO DA 1ª CAMADA DE GEOTUBE®



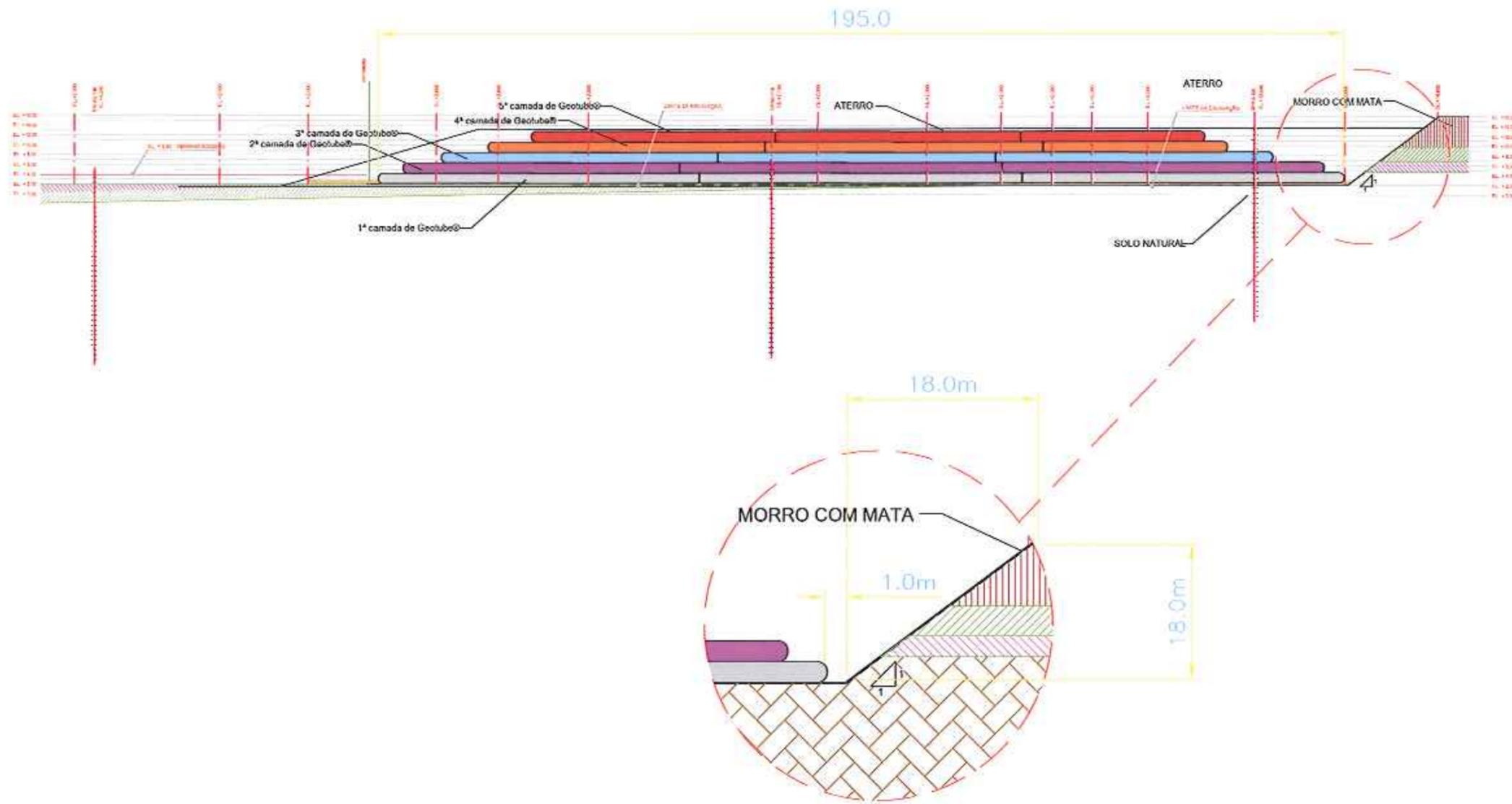




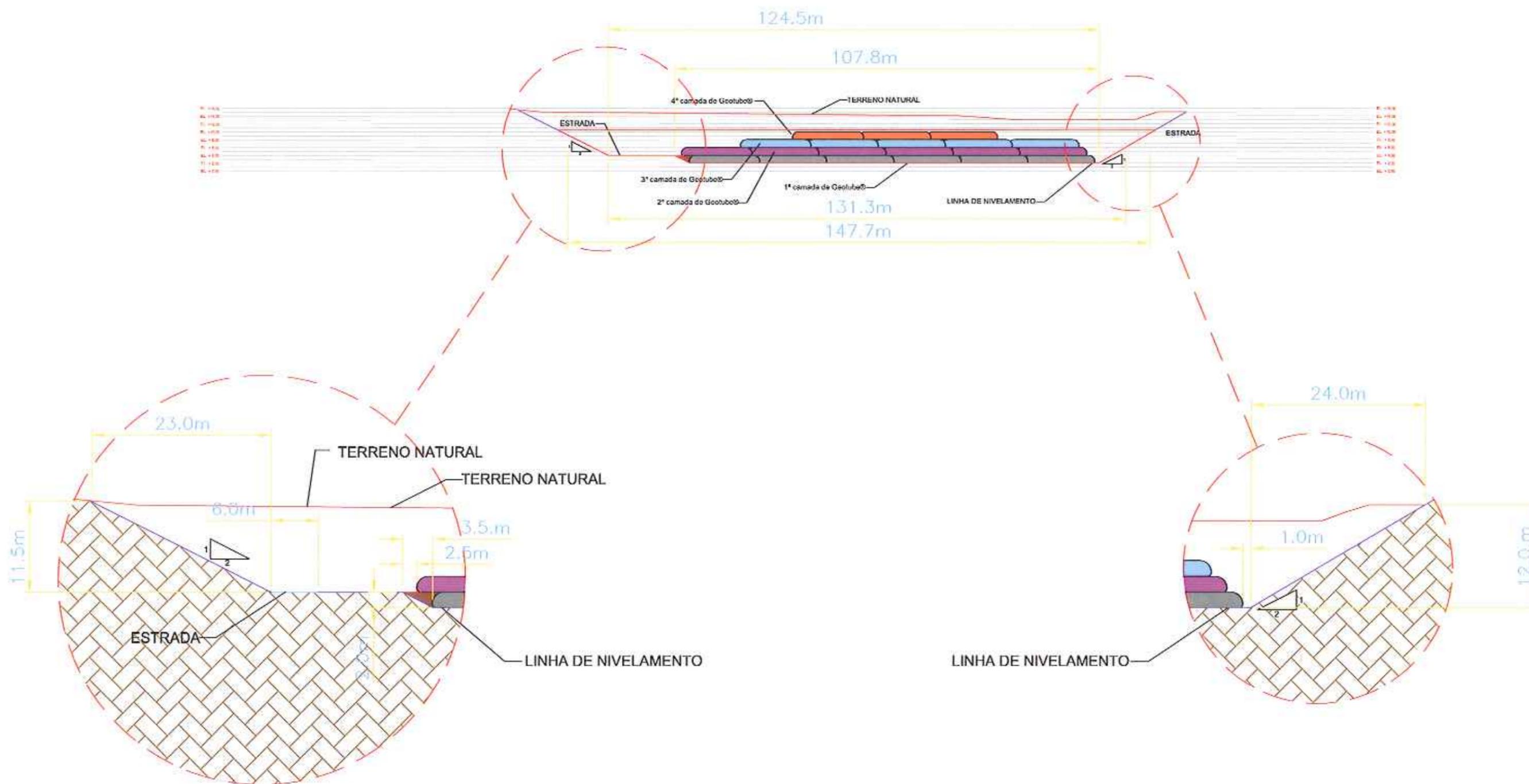




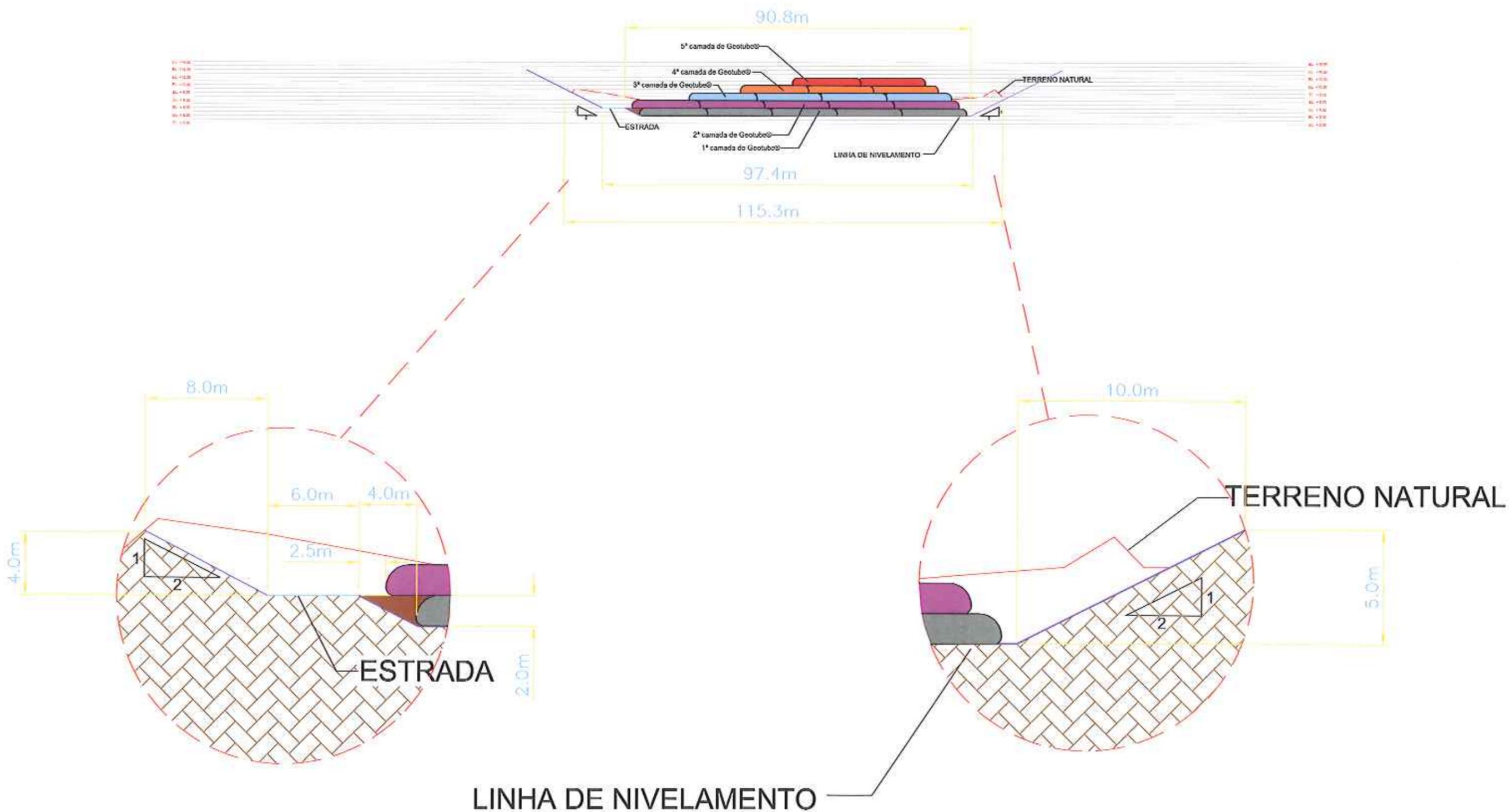
# SEÇÃO A-A



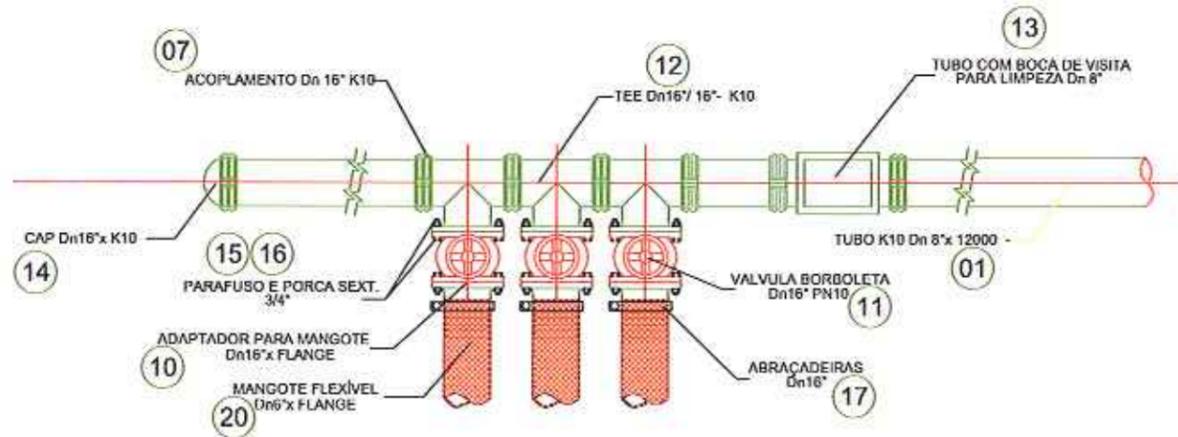
# SEÇÃO B-B



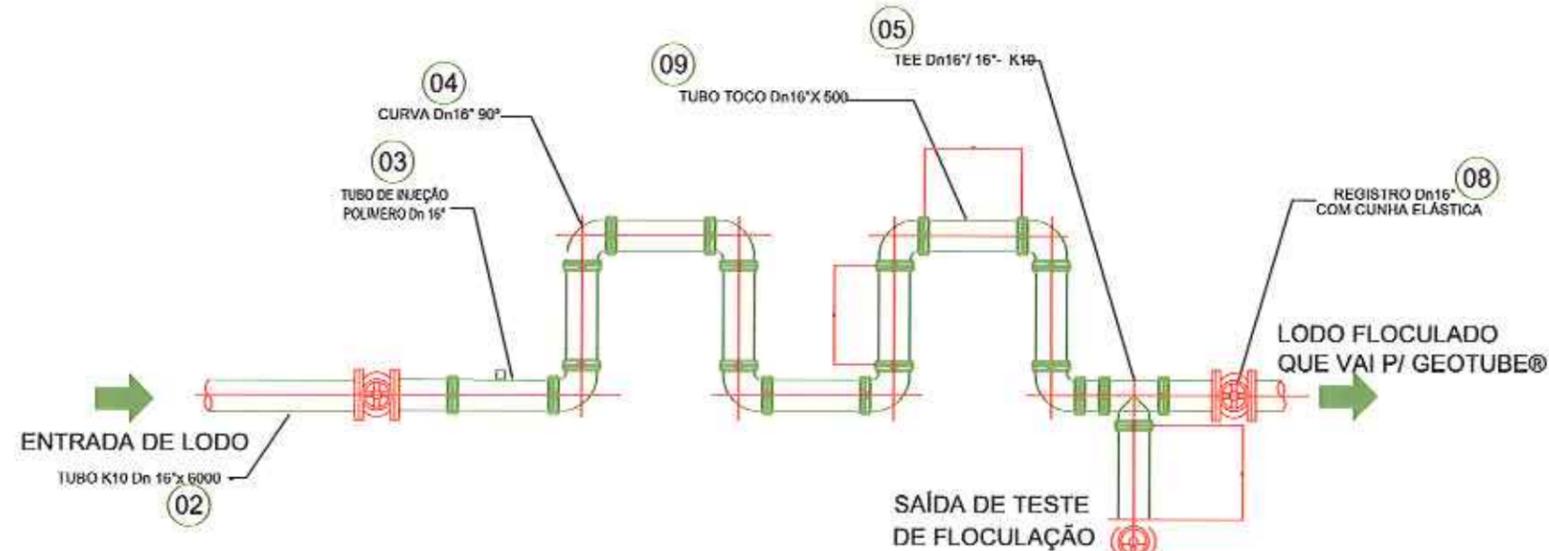
# SEÇÃO C-C



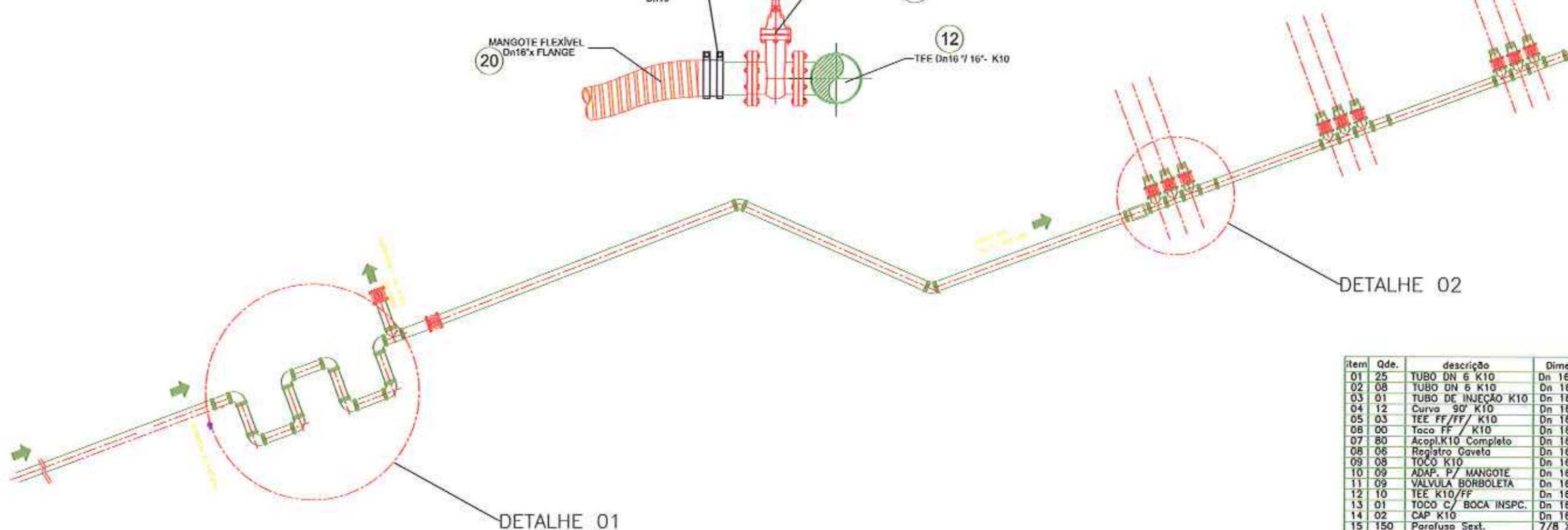
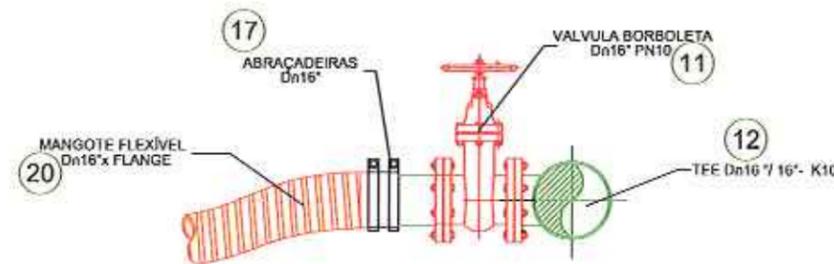
# DETALHE DO BARRILETE



**DETALHE 01**  
SISTEMA DE TUBULAÇÃO AÇO K10 PARA DRAGAGEM



**DETALHE 02**  
SISTEMA DE TUBULAÇÃO AÇO K10 PARA MISTURAR O POLÍMERO



Item	Qde.	Descrição	Dimensões	Item
01	25	TUBO DN 6 K10	Dn 16" X 12000	
02	08	TUBO DN 6 K10	Dn 16" X 6000	
03	01	TUBO DE INJEÇÃO K10	Dn 16" x 500	
04	12	Curva 90° K10	Dn 16"	
05	03	TEE FF/FF/ K10	Dn 16" x Dn 16"	
08	00	Taco FF/ K10	Dn 16"	
07	80	Acopl.K10 Completo	Dn 16"	
08	06	Registro Gaveta	Dn 16" FLANGE PN10	Junha Elastica
09	08	TOCO K10	Dn 16" X 500	
10	09	ADAP. P/ MANGOTE	Dn 16"	
11	09	VALVULA BORBOLETA	Dn 16" FLANGE 16" PN10	
12	10	TEE K10/FF	Dn 16" K10/ FLANGE 16" PN10	
13	01	TOCO C/ BOCA INSPC.	Dn 16" K10	
14	02	CAP K10	Dn 16" K10	
15	150	Parafuso Sext.	7/8" X 1/2	bi-cromatizado
16	150	Porca Sext.	7/8"	bi-cromatizado
17	05	Abraçadeira MS	Dn 16"	
18	00	Junta de Borracha	Dn 16"	
19	08	Curva RL 90° PVC	Dn 16"	
20	70m	Mangote Flexível	Dn 16"	

# ATERRO NA ÁREA

