

# **SES – SISTEMA DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO REVISÃO E ATUALIZAÇÃO DO PROJETO DA ETE LUIZ RAU/PAMPA**

## **Estação de Tratamento de Esgoto Terraplenagem**

**MEMORIAL DESCRITIVO E ESPECIFICAÇÕES**



**Setembro/2021**

**QUADRO DE CODIFICAÇÃO DO RELATÓRIO**

<b>Código do Documento:</b>	1591-R-ETE-TER-SES-00-01			
<b>Título do Relatório:</b>	Estação de Tratamento de Esgoto - Terraplenagem			
<b>Aprovação Inicial por:</b>	Carlos Moacir Dri Consiglio			
<b>Data da Aprovação Inicial:</b>	24/09/2021			
<b>Controle de Revisões</b>				
<i>Revisão n°:</i>	<i>Natureza</i>	<i>Revisão n°:</i>		
00	Emissão Inicial	00	Emissão Inicial	00
01	Revisão	01	Revisão	01

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>6</b>
<b>2</b>	<b>PREMISSAS TÉCNICAS .....</b>	<b>10</b>
<b>3</b>	<b>SONDAGENS NO TERRENO .....</b>	<b>14</b>
3.1	PLANO DE SONDAGEM.....	14
<b>4</b>	<b>ESPECIFICAÇÕES DE SERVIÇOS E MATERIAIS .....</b>	<b>28</b>
4.1	TERRAPLENAGEM.....	28
4.1.1	Generalidades.....	28
4.1.2	Condições preliminares.....	29
4.1.3	Materiais .....	29
4.1.4	Equipamentos .....	30
4.1.5	Tipos de Aterros Compactados .....	31
4.1	GEOMEMBRANA EM POLIETILENO DE ALTA DENSIDADE, LISA, ESPESSURA 1,0 MM.....	35
4.1.1	Objetivo.....	35
4.1.2	Geomembrana PEAD – Requisitos .....	36
4.2	TUBO DE DRENAGEM PEAD DN100MM.....	48
4.2.1	Principais características.....	48
4.2.2	Instalação do tubo dreno .....	49
4.3	MANTA GEOTÊXTIL.....	50
4.3.1	Geotêxtil não tecido 200 mg/m <sup>2</sup> .....	50
4.3.2	Geotêxtil não tecido 400 mg/m <sup>2</sup> .....	50
4.3.3	Execução .....	50
4.4	CONCRETO SIMPLES.....	51
4.4.1	Junta de dilatação transversal.....	53
4.4.2	Junta de Retração Longitudinal, fornecimento e aplicação.....	54

4.5	PEÇAS PRÉ-MOLDADAS DE CONCRETO ARMADO .....	54
4.6	TUBOS DE FERRO FUNDIDO DÚCTIL PARA ESGOTO .....	55
4.7	CONEXÕES DE FERRO FUNDIDO DÚCTIL PARA ESGOTO .....	59
4.7.1	Anéis de Vedação .....	60
4.7.2	Ensaio .....	61
4.7.3	Inspeção Visual .....	62

## 1 INTRODUÇÃO

---

## 1 INTRODUÇÃO

---

O trabalho a seguir sobre a terraplenagem da ETE Luiz Rau compõe a primeira parte da elaboração e adequação dos projetos executivos da 1ª etapa do Sistema de Esgotamento Sanitário da bacia do arroio Luiz Rau na cidade de Novo Hamburgo/RS, elaborado pela MAGNA ENGENHARIA no ano de 2009, compreendendo o projeto de terraplenagem para futura execução das estruturas de tratamento de esgoto (bloco hidráulico, casas de apoio e laboratório) assim como a lagoa de amortecimento.

O Sistema de Esgotamento Sanitário existente na cidade é do tipo misto, que são coletados através de interceptoras implantados ao longo dos arroios Luiz Rau e Nicolau Becker, e encaminhados para uma Estação de Bombeamento de Esgotos e desta, por meio de uma tubulação de recalque, até a futura Estação de Tratamento de Esgotos.

A Estação de Tratamento de Esgotos (ETE Luiz Rau) será implantada em área prevista de aproximadamente 136.111,27 m<sup>2</sup> com acesso no final da Av. João Corrêa, próximo a rua Ten. Jefferson Luís Melo de Carvalho, bairro Santo Afonso.

A ETE Luiz Rau situa-se como componente importante no Sistema de Esgotamento Sanitário da cidade de Novo Hamburgo, planejado pela COMUSA e constante do Plano de Saneamento da cidade. Foi prevista adoção do sistema de esgotamento “unitário” ou “misto”, com implantação de Coletores Tronco, marginais aos canais de macrodrenagem pluvial (denominados INTERCEPTORES), que interceptam os esgotos afluentes pela rede de drenagem pluvial, os quais confluem para estações de bombeamento final, de recalque para a estação de tratamento.

O objetivo desse projeto de terraplenagem é de nivelar o terreno para apoio das estruturas num nível acima da cota de cheia da região e também apresentar a execução da lagoa de amortecimento.

Na Figura 1 pode ser observada a localização da área onde será implantada a Estação de Tratamento de Esgoto Luiz Rau.

A Figura 2 mostra a implantação geral da ETE Luiz Rau com a localização dos elementos que compõe o sistema de tratamento. O projeto de terraplenagem foi executado para atender a essa configuração disposta no terreno.



Figura 1 – Localização da ETE Luiz Rau

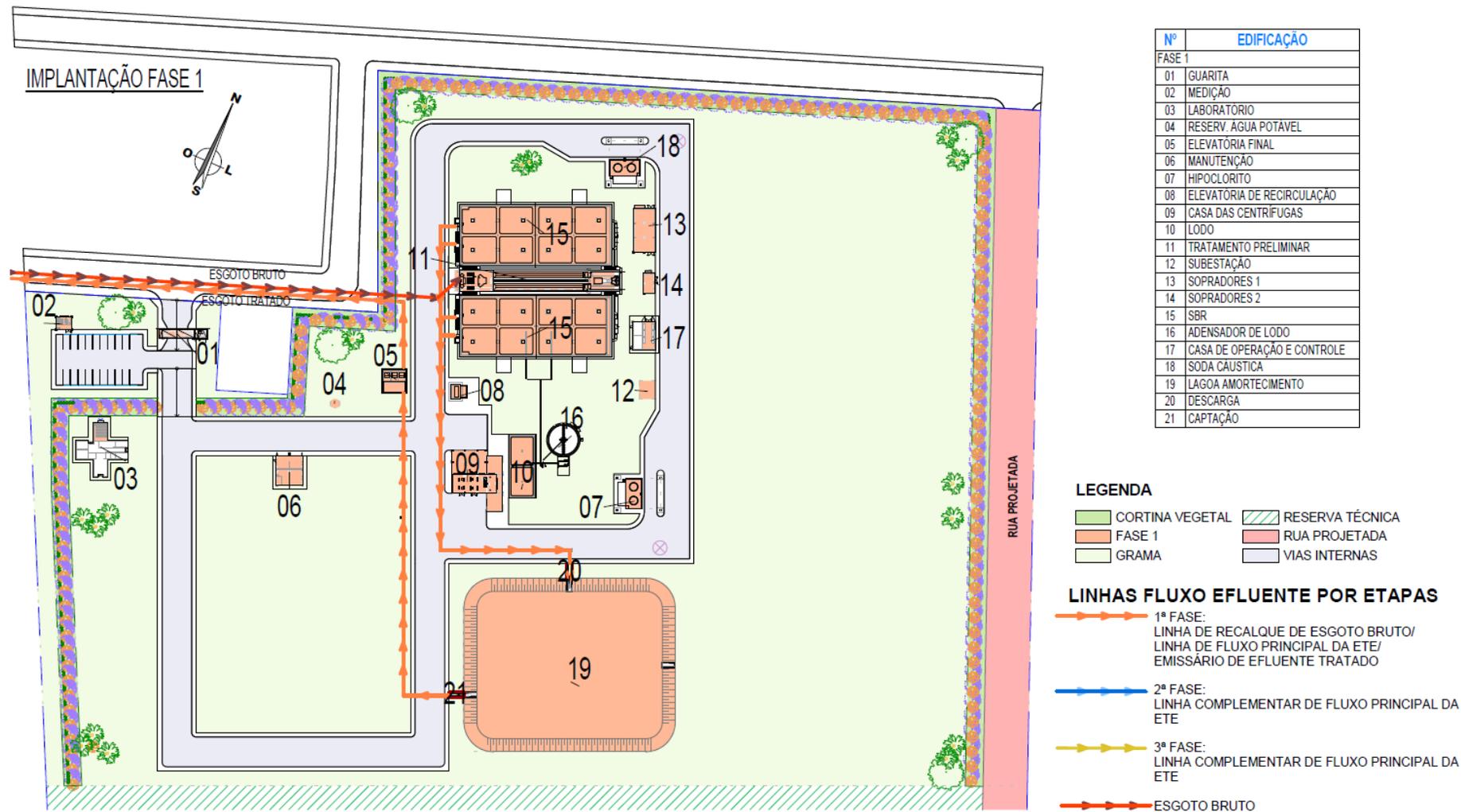


Figura 2 – Implantação geral da ETE Luiz Rau (fase 1)

## **2 PREMISSAS TÉCNICAS**

---

## 2 PREMISSAS TÉCNICAS

---

Por se tratar de área em região suscetível a eventos de cheias, o projeto de terraplenagem da ETE Luiz Rau previu algumas estruturas de proteção, drenagem e impermeabilização adicionais em relação as obras de terraplenagem em geral.

De acordo com os desenhos do Projeto, conforme as pranchas 1591-D-PEX-TER-ETE-01-01 a 1591-D-PEX-TER-ETE-03-01 pode-se verificar que essencialmente as obras de Movimentação de Terra são previstas em situação de aterro.

Os aterros deverão ser executados com solos compactados. Nas extremidades das áreas de terraplenagem foram adotados taludes com inclinação 1:1,5 (V:H). Nos lados externos da área da ETE, sujeita a ocorrência de cheias, foi previsto uma proteção de talude, com material rochoso (tipo rachão) e inclinação 1:2 (V:H), conforme apresentado nos desenhos do projeto.

Além da proteção dos taludes com o enrocamento, foi previsto uma escavação adicional na fundação dos taludes, de modo a executar um cut-off (ou trincheira de vedação) parcial da fundação, devido ao caráter mais arenosos do solo local. O objetivo da através da construção da trincheira de vedação (septo de argila) é dificultar a percolação pela fundação de eventuais águas de percolação nos períodos das cheias.

Já com relação a lagoa de amortecimento, foi previsto a utilização de revestimento impermeável. Desta forma o projeto contempla o revestimento da lagoa. Buscando-se uma condição de impermeabilização do reservatório (fundo e taludes), foi previsto a colocação de uma geomembrana impermeável de espessura de 1,0 mm. Além da geomembrana está prevista a utilização de revestimento em concreto simples (proteção mecânica), com espessura de 7 cm no fundo e 5 cm nos taludes.

Sob a estrutura de revestimento da lagoa, foi prevista a implantação de um sistema de drenagem profunda, a fim de eliminar qualquer risco de ocorrência de subpressão no fundo da lagoa, caso o nível de água do freático local venha a subir nos períodos de cheia do rio, até o nível do fundo da lagoa de amortecimento.

O sistema de drenagem foi previsto com camada de material drenante (areia) e tubulação de drenagem (tubo corrugado e perfurado - tipo kanaanet ou similar). Ou seja, caso venha a ocorrer presença de nível de água logo abaixo da lagoa de maturação, a camada drenante de areia sob a laje de funda da bacia, associado a tubulação de drenagem, deve coletar

estas águas e conduzi-la a um ponto baixo (poço a ser executado em concreto pré-moldado) para o bombeamento a um destino final, fora da área da bacia de amortecimento.

Vazão estimada para a drenagem profunda da lagoa:

Considerando a possibilidade da presença de cheia do rio junto aos taludes externos da área da ETE foi previsto um sistema de drenagem profunda abaixo da lagoa, para eliminar algum risco de ocorrência de subpressão no fundo da lagoa, devido a água que possa percolar do talude externo da ETE num evento de cheia do rio.

Para se ter uma estimativa da vazão considerou-se a seguinte relação:

$Q = k i A$ , onde;

Q = vazão;

k = coeficiente de condutividade hidráulica do meio. Adotou-se  $1 \times 10^{-6}$  m/s;

i = gradiente hidráulico =  $H / L = 2,5 / 124 = 0,178$  (considerando altura de água em relação ao fundo da lagoa / comprimento do caminho de percolação);

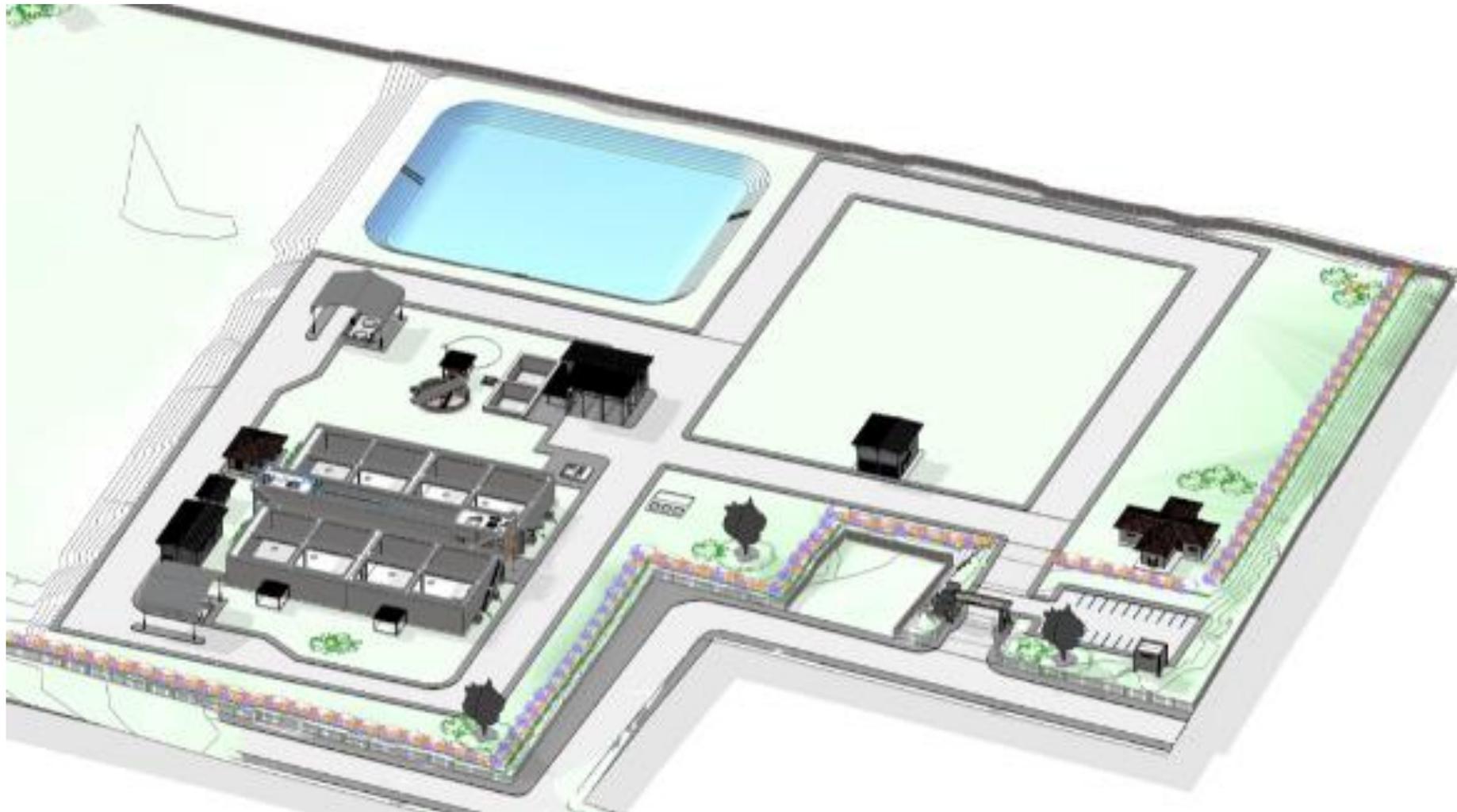
A = área. Considerou-se 175 m<sup>2</sup>.

Resultando uma vazão de  $3,13 \times 10^{-5}$  m<sup>3</sup>/s, ou no caso o dobro do valor considerando que dois lados dos taludes estarão sujeitos a ação das águas da cheia.

Por fim, adicionando um valor de 30 % devido a água infiltrada pela superfície do terreno que possa vir a atingir o sistema de drenagem chega-se a um valor estimado de 5 l/min (ou 300 l/h). No futuro, quando for executada a segunda lagoa, a vazão poderá chegar a 600 l/h.

Para drenar essa vazão deverá ser instalada uma elevatória composta por um poço visitável em concreto pré-moldado DN1200 e uma bomba submersível de 350W, vazão máxima de 7.000 l/h e 6 mca.

Na Figura 3 é apresentada uma imagem em perspectiva da ETE Luiz Rau onde é possível observar o nível do terreno acabado assim como a lagoa de amortecimento.



**Figura 3 – Vista perspectiva da ETE Luiz Rau (fase 1)**

## 4 SONDAGENS NO TERRENO

---

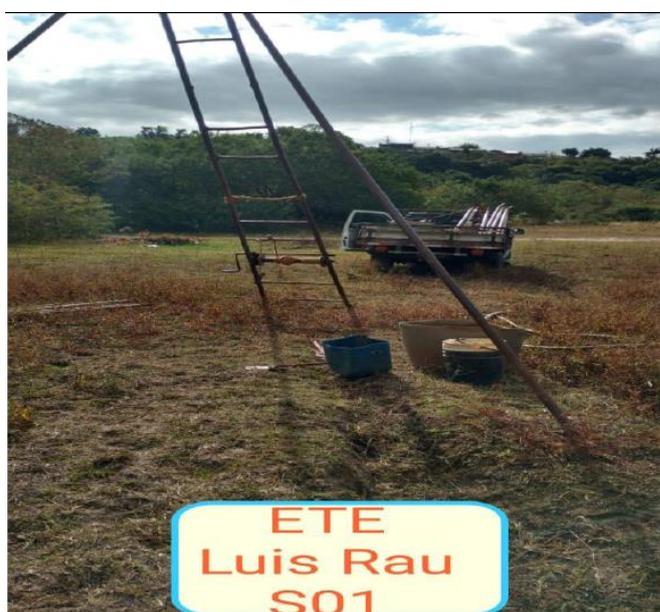
### 3 SONDAGENS NO TERRENO

---

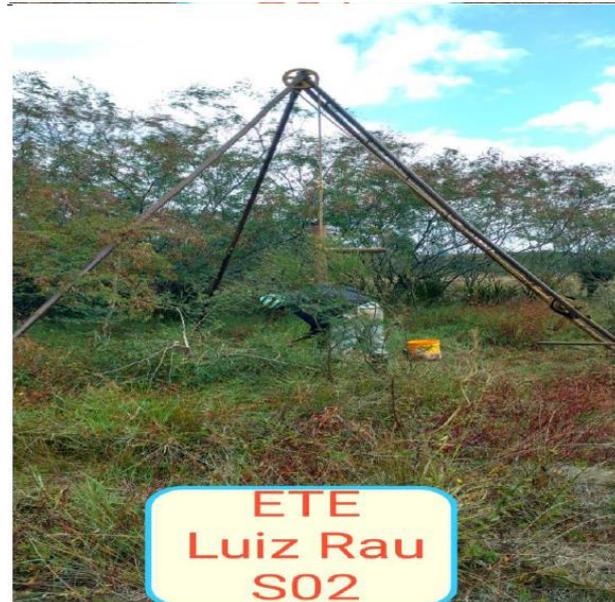
#### 3.1 PLANO DE SONDAGEM

Foram executados 08 furos de sondagens de SPT (Standard Penetration Test), referente a ETE Luiz Rau e seus respectivos lugares de sondagem, conforme Relatório Fotográfico.

As figuras a seguir apresentam fotos da localização de cada um dos 8 furos executados.



**Figura 4 – Localização SPT- 01**



**Figura 5 – Localização SPT- 02**



**Figura 6 – Localização SPT- 03**



**Figura 7 – Localização SPT- 04**



**Figura 8 – Localização SPT- 05**



**Figura 9 – Localização SPT- 06**



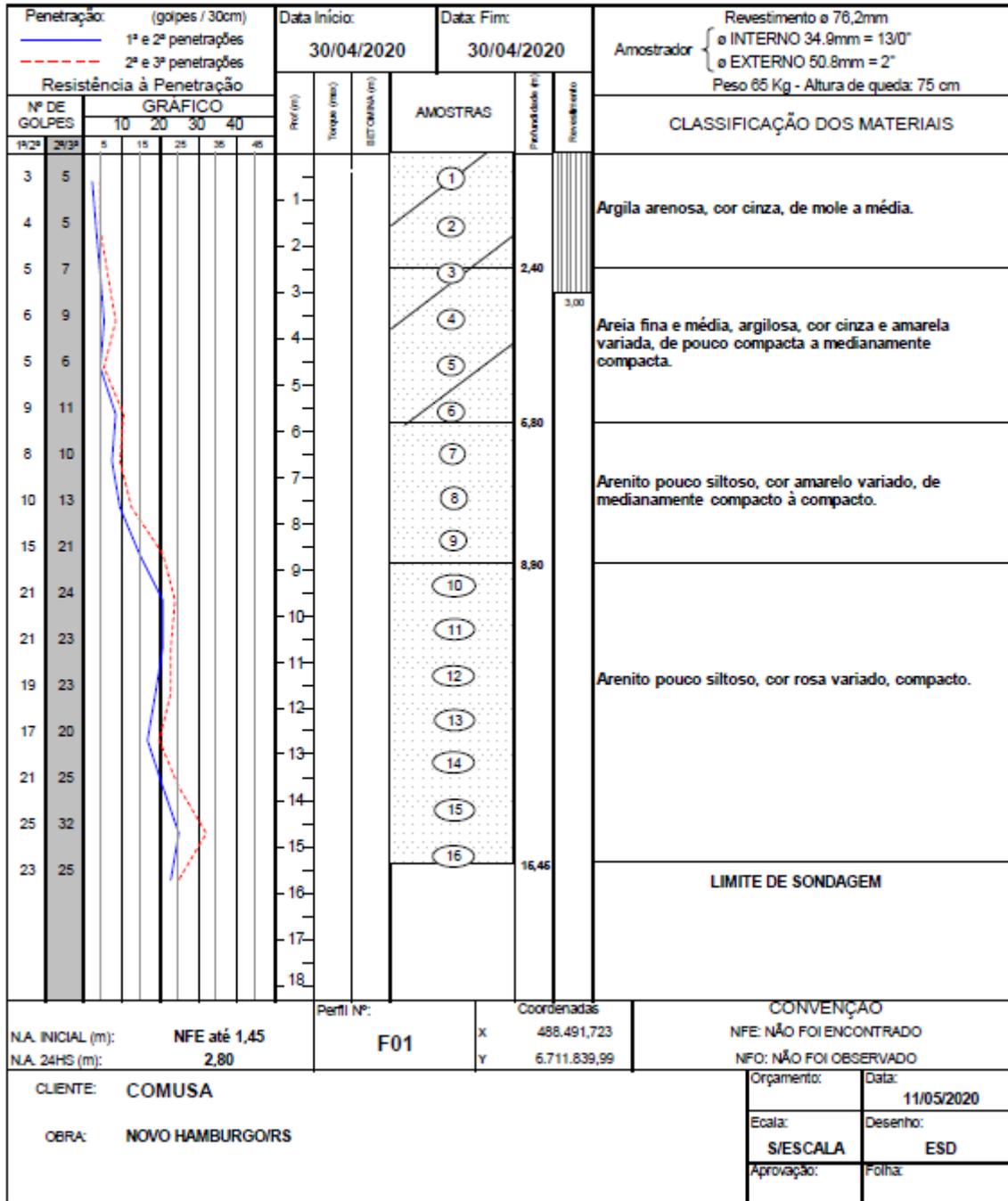
**Figura 10 – Localização SPT- 07**



**Figura 11 – Localização SPT- 08**

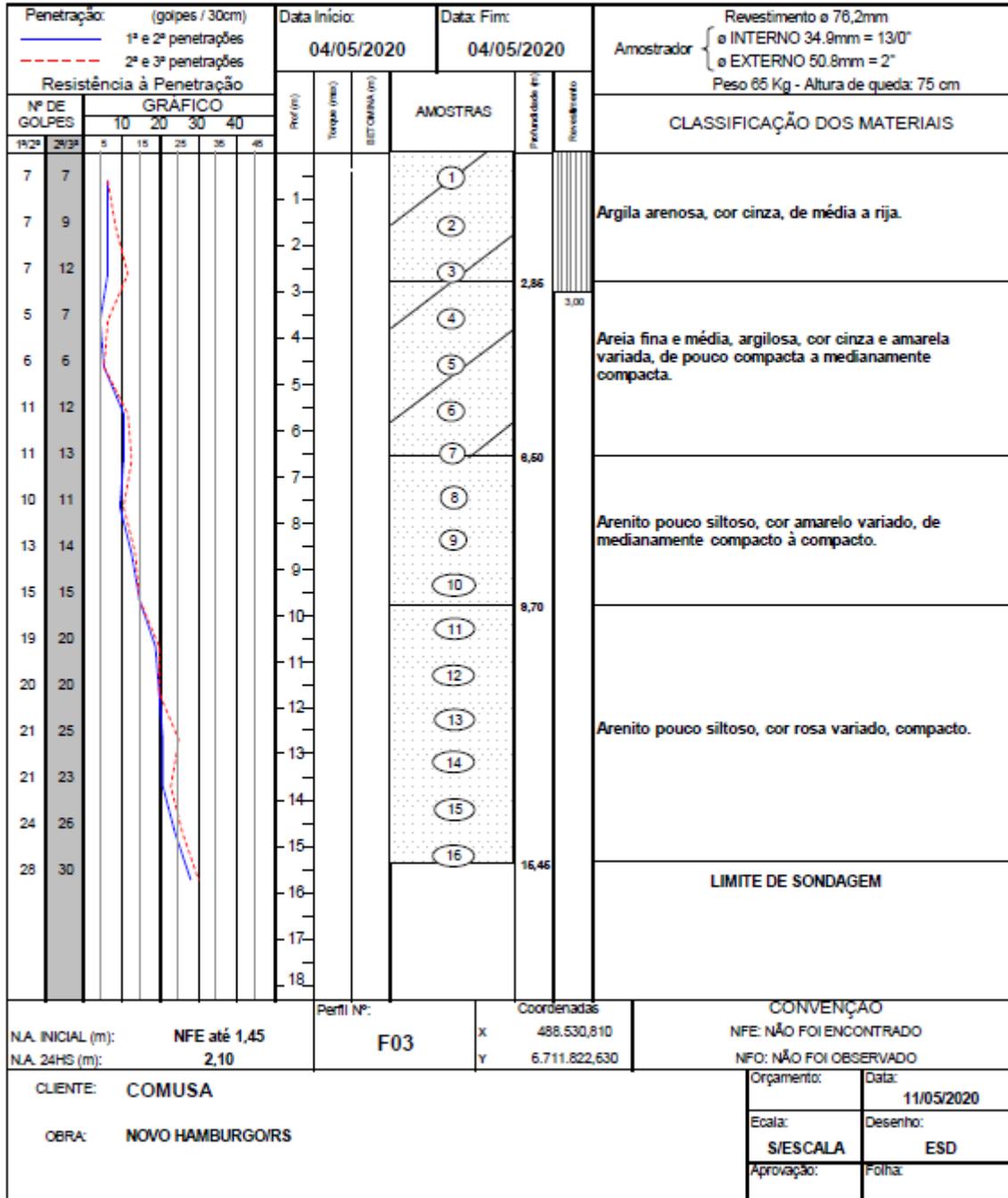
A seguir, os boletins de sondagens na área da ETE Luiz Rau.

## SONDAGEM DE RECONHECIMENTO DO SOLO

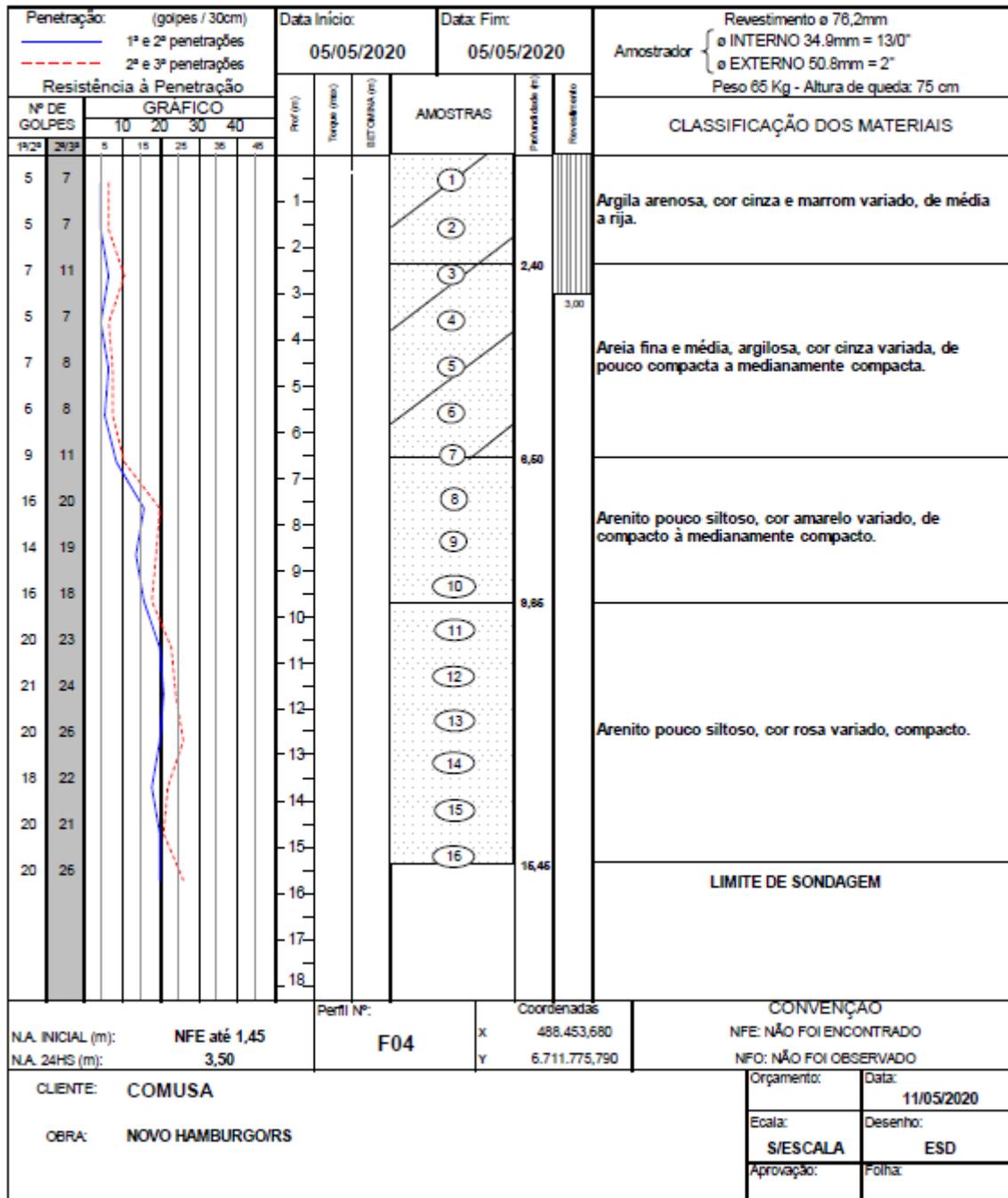




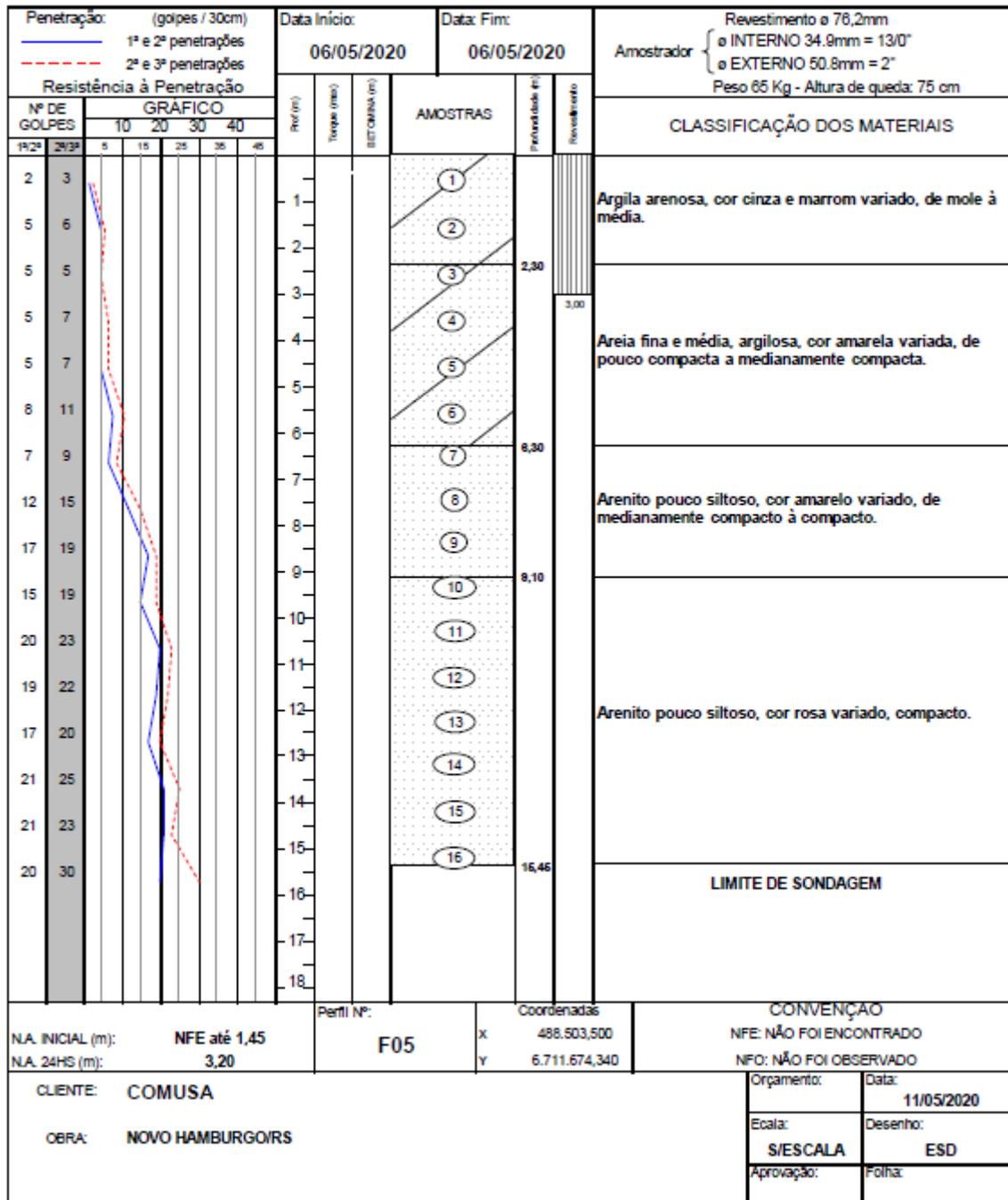
## SONDAGEM DE RECONHECIMENTO DO SOLO



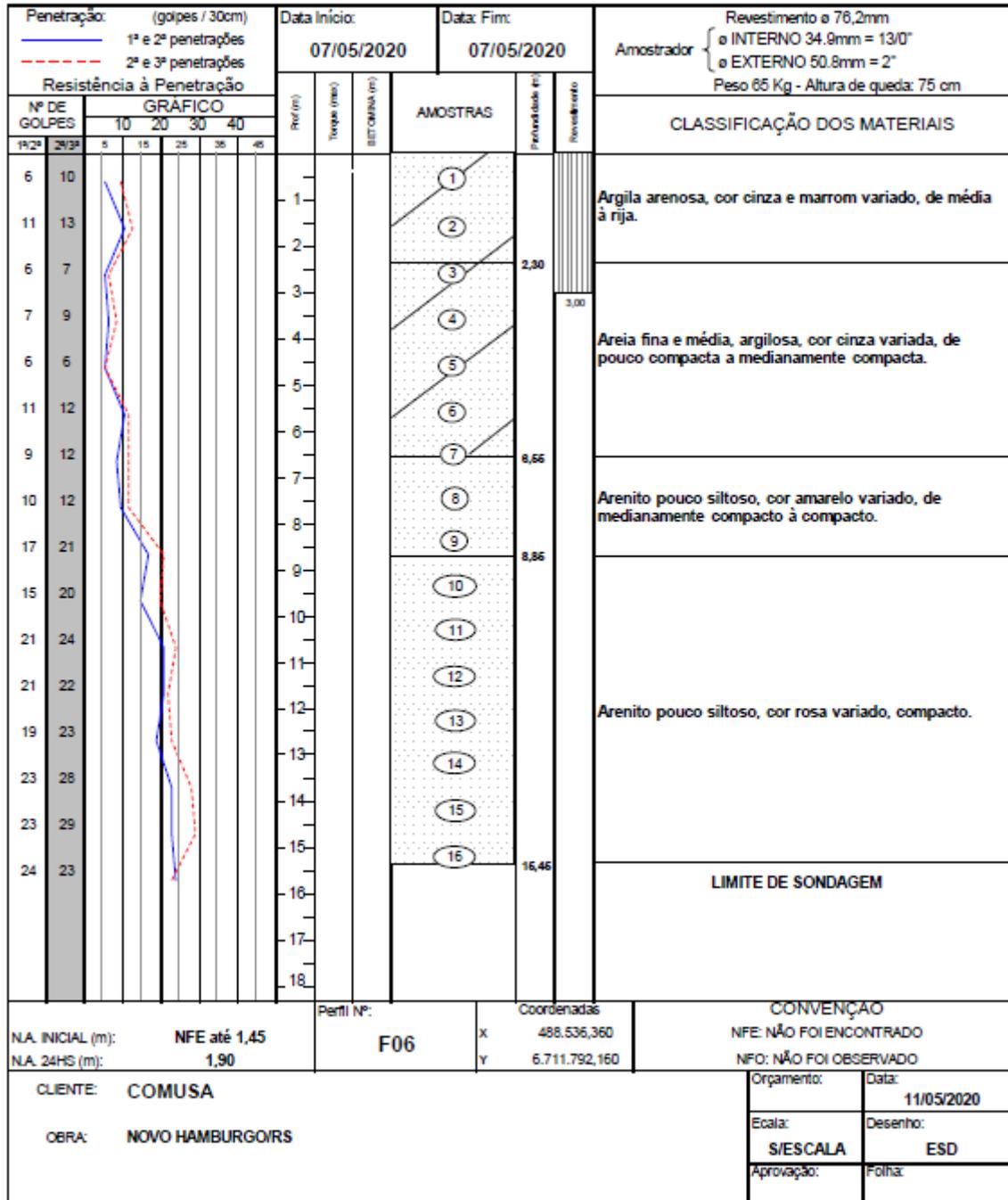
## SONDAGEM DE RECONHECIMENTO DO SOLO



## SONDAGEM DE RECONHECIMENTO DO SOLO



## SONDAGEM DE RECONHECIMENTO DO SOLO







## **4 ESPECIFICAÇÕES DE SERVIÇOS E MATERIAIS**

---

## 4 ESPECIFICAÇÕES DE SERVIÇOS E MATERIAIS

---

### 4.1 TERRAPLENAGEM

Esta especificação tem por objetivo definir o desenvolvimento dos trabalhos de construção de aterro em solo, enrocamento e camada de areia necessários à execução dos aterros, de acordo com o Projeto.

#### 4.1.1 Generalidades

Aterros são obras cuja implantação requer o depósito de materiais provenientes de escavações e/ou empréstimos, nos limites das seções de projeto que definem o corpo do aterro.

Os aterros serão compactados conforme a sua finalidade, natureza e/ou local de execução.

As operações de aterro compactado compreendem: espalhamento, conveniente umedecimento ou aeração, e compactação dos materiais oriundos das escavações ou dos empréstimos (jazidas) para construção do corpo do aterro.

Os revestimentos são obras de proteção de talude contra a erosão.

Os aterros e revestimentos deverão ser executados rigorosamente de acordo com os Desenhos do Projeto, as determinações das especificações técnicas e/ou segundo as determinações da FISCALIZAÇÃO.

A superfície determinada pela FISCALIZAÇÃO, através de levantamento topográfico, constituirá a base de medição para avaliação de qualquer aterro ou revestimento.

Nos serviços de terraplanagem das áreas destinadas às instalações do canteiro deverão ser observadas as especificações de obras para os caminhos de serviço e vias de acesso. Os acessos internos de circulação entre os diversos elementos do canteiro deverão ser mantidos em boas condições de tráfego para os equipamentos e veículos da construção e da fiscalização, até o encerramento da obra.

No caso específico das áreas de depósito de material ao tempo (p.ex.: ferragens), a terraplanagem deverá ser feita de modo a proteger o solo de contaminações pela estocagem, evitando o contato direto do material com o solo. No caso da estocagem envolver materiais inertes (tal como areia, brita, etc.) deverão ser feitas contenções que

evitem o espalhamento e a perda dos materiais para a natureza. (NR 11; NR 15; NR 16; NR 19 e NR 20 do Ministério do Trabalho).

Em todas as áreas onde forem realizadas obras de terraplanagem e que devam ser objeto de futura recuperação (tais como: acampamentos, áreas de empréstimos e de bota-fora, etc.), será necessário prever a remoção, transporte e apropriado armazenamento, em separado e visando a futura reutilização do material retirado, que corresponda à camada fértil do terreno. O contratado será responsável pela manutenção das características do material até o momento do reaproveitamento.

#### 4.1.2 Condições preliminares

Antes da execução do aterro, devem ser executados previamente os serviços de desmatamento, destocamento e limpeza.

As obras de drenagem devem estar concluídas previamente à execução do aterro.

Os “off-sets” fornecidos à executante e constantes nas notas de serviço devem estar marcados previamente, conforme definição de projeto.

Em dias de chuva, os aterros não devem ser executados.

#### 4.1.3 Materiais

Os materiais a serem empregados na execução dos aterros e/ou revestimentos poderão ser provenientes de áreas de empréstimo, escavações da obra ou de jazidas comerciais.

A FISCALIZAÇÃO determinará a aceitação ou não dos materiais de qualquer procedência e confirmará ou não o seu emprego nos diferentes tipos de aterro e/ou revestimentos.

Na execução dos aterros do maciço da ETE deverão ser utilizados solos com predominância de fração argilosa, com baixa permeabilidade após compactados, sendo indicados preferencialmente materiais classificados como SC, CL e CM pela Classificação Unificada (SUCS).

Os solos utilizados em aterros deverão estar isentos de matéria orgânica e mica. As turfas, as argilas orgânicas e os solos expansivos nunca poderão ser utilizados. Todos os solos deverão apresentar boa trabalhabilidade e baixa permeabilidade quando compactados sendo utilizados, preferencialmente, solos argilosos.

Os materiais a serem utilizados nos aterros deverão enquadrar-se nas seguintes características:

- $LL \leq 50\%$  (Limite de Liquidez não superior a 50%);
- $IP \leq 25\%$  (Índice de Plasticidade não superior a 25%);
- $CBR \geq 12\%$  (Índice de Suporte Califórnia não inferior a 12%, na energia correspondente ao Proctor Normal);
- $Exp. \leq 1\%$  (Expansão livre não superior a 1% no ensaio de CBR);
- $K \leq 10^{-3}$  cm/s (permeabilidade “in situ”, após compactação, não superior a 0,001 centímetros por segundo);

O grau de compactação deverá ser, no mínimo, 98% (noventa e oito por cento), em relação à massa específica aparente seca, máxima, obtida no ensaio Proctor Normal de referência, e o teor de umidade deverá ser a umidade ótima do ensaio citado  $\pm 2\%$ .

Por outro lado, é vedada a utilização nos aterros da ETE de material de origem aluvionar, particularmente siltes e argilas saturadas.

#### 4.1.4 Equipamentos

Todo equipamento, antes do início da execução de serviço, deve ser inspecionado e aprovado pela fiscalização.

Na construção de aterros poderão ser empregados tratores de lâmina, escavo-transportadores, moto-escavo-transportadores, caminhões basculantes, motoniveladoras, rolos compactadores lisos, de pneus, pé de carneiro, estáticos ou vibratórios, caminhões tanques e grades de discos.

Na execução de revestimentos são indicados tratores de lâminas, caminhões basculantes, carregadeiras, motoniveladoras, retroescavadeiras, caminhões tanques, rolos compactadores e grades de discos.

#### 4.1.5 Tipos de Aterros Compactados

Para a execução do conjunto de obras que compõem a ETE serão construídos os seguintes tipos de aterros:

##### **a) Aterro com Material Argiloso**

###### **a.1) Generalidades**

Os aterros com material argiloso serão executados no corpo de aterro da ETE.

###### **a.2) Materiais**

Os materiais deverão ser homogêneos e terão origem nas áreas de empréstimo e/ou Jazidas comerciais.

###### **a.3) Execução**

Os serviços de desmatamento, destocamento e limpeza devem preceder a execução do aterro. Somente será lançado material de aterro sobre a fundação da ETE após inspeção e liberação da área, pela FISCALIZAÇÃO.

O material de cada camada somente será lançado após a liberação pela FISCALIZAÇÃO da camada compactada subjacente.

O grau de compactação será no mínimo 98% (noventa e oito por cento) da densidade máxima do Proctor Normal (Ensaio AASHTO Normal). Deverá ser obtido um maciço mais homogêneo possível.

A espessura das camadas de compactação soltas será em princípio de 25 cm, a ser confirmada pela análise dos resultados dos aterros iniciais executados em comum acordo com a Fiscalização.

Em pontos isolados, a critério da FISCALIZAÇÃO, poderá ser necessária e permitida a utilização de compactadores manuais-mecânicos, até que a superfície regularizada ofereça condições adequadas de compactação com os rolos compactadores. Poderá ainda ser necessária a compactação com equipamentos manuais-mecânicos, a critério da FISCALIZAÇÃO, com a finalidade de garantir uma ligação adequada entre a estrutura e o maciço de terra.

Na iminência de chuvas, ou no caso em que os trabalhos de lançamento e compactação devam ser interrompidos por um intervalo de tempo considerado prolongado pela FISCALIZAÇÃO, a superfície do aterro deverá ser “selada” com equipamento de pneus.

Poderão ser exigidas as substituições das camadas que não apresentem condições adequadas após haverem sido retrabalhadas, às expensas do CONTRATADO.

#### **a.4) Controle**

O controle geral de execução de aterros com solos será feito pela FISCALIZAÇÃO mediante inspeção visual e ensaios de controle pertinentes (ensaios de densidade e teor de umidade, visando determinar o grau de compactação).

O controle de espessura das camadas antes e após a compactação será feito pela FISCALIZAÇÃO, de maneira a obter-se uma camada compactada que obedeça aos parâmetros de compactação estabelecidos.

Caso o controle venha a revelar desvio de umidade e/ou do Grau de Compactação além das tolerâncias em relação aos padrões estabelecidos, o CONTRATADO deverá fazer por sua conta as correções indicadas pela FISCALIZAÇÃO, como escarificações e recompactação da camada não aprovada ou mesmo a sua retirada e substituição por outra.

#### **b) Camada de areia**

A camada de areia é constituída de material drenante abaixo da lagoa. São camadas constituídas de material com características e granulometria apropriadas.

##### **b.1) Materiais**

Os materiais a serem utilizados na camada drenante deverão ser constituídos de partículas de areia média a grossa, isentas de matéria orgânica, sem finos, conforme faixa granulométrica indicada.

## FAIXAS GRANULOMÉTRICAS - CAMADA DE AREIA

PENEIRA	% PASSANTE
3/4"	100
1/2"	70 – 100
3/8"	50 – 100
4	0 – 77
10	0 – 27
16	0

### c) Enrocamento de Proteção

#### c.1) Generalidades

O enrocamento de proteção será construído no talude do aterro nas áreas sujeitas a inundação. Destina-se à proteção dos taludes contra a possibilidade de erosão do maciço de aterro argiloso.

#### c.2) Materiais

Para execução do enrocamento de proteção serão utilizados blocos de rocha, sã, tipo rachão.

#### c.3) Equipamentos

Para os serviços de execução do enrocamento são indicados caminhões basculantes, tratores de esteiras, escavadeiras e retroescavadeiras, e rolos vibratórios pesados. Outros equipamentos aprovados pela FISCALIZAÇÃO poderão ser usados.

#### c.4) Execução

O material lançado no local será compactado e arrumado de modo que o paramento não apresente vazios, que, mais tarde, permitirão deslocamento das pedras sob a ação do fluxo d'água.

O paramento deverá ser contínuo e uniforme, sem existência de depressões ou saliências pela má acomodação de blocos maiores de rocha.

#### **c.5) Controle**

O controle dos trabalhos de execução do enrocamento de proteção será feito por meio de inspeções visuais, cabendo à FISCALIZAÇÃO a aprovação final.

#### **4.1.5.1 Compactação mecânica com controle do GC $\geq$ 98%**

Compreende a compactação mecânica de todos os aterros necessários para a execução do platô para o bloco hidráulico e lagoa de amortecimento.

O controle do grau de compactação do aterro deverá ser no mínimo de 98% do proctor normal.

As cotas finais do terreno devem estar de acordo com o especificado em projeto.

As camadas que não atingirem as condições exigidas devem ser escarificadas, homogeneizadas, levadas às condições desejadas de umidade e novamente compactadas, até que seja atingida a massa específica aparente seca exigida.

A inclinação dos taludes do aterro será fornecida em projeto, considerando a natureza dos solos e as condições locais.

Durante a construção, os serviços executados devem ser mantidos com boa conformação e permanente drenagem superficial, para evitar a ação erosiva das águas.

Regulamentação: Compreende o fornecimento de todos os insumos (matéria-prima, equipamentos, fretes, capital, horas de trabalho, encargos sociais etc.) postos na obra, necessários e suficientes à plena execução dos serviços.

Medição: A medição e o pagamento serão pelo volume ( $m^3$ ), medido no aterro compactado.

## 4.1 GEOMEMBRANA EM POLIETILENO DE ALTA DENSIDADE, LISA, ESPESSURA 1,0 mm

### 4.1.1 Objetivo

Este documento estabelece as condições e critérios a serem cumpridos pelas empresas fornecedoras de Geomembrana de PEAD (Polietileno de Alta Densidade) visando o desempenho adequado do sistema de impermeabilização para a lagoa de amortecimento.

#### **Documentos de referência**

GRI, Geosynthetic Research Institute, GRI Test Method GM13/2016 – Standard Specification for Test Methods, Test Properties and Testing Frequency for High Density Polyethylene (HDPE) Smooth and Textured Geomembranes, Geosynthetic Institute, Folsom, PA, USA;

GRI, Geosynthetic Research Institute, GRI GM19/2015 – Seam Strength and Related Properties of Thermally Bonded Polyolefin Geomembranes, Geosynthetic Institute, Folsom, PA, USA;

ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas, NBR 15.352 (2006) – Mantas Termoplásticas de Polietileno de Alta Densidade PEAD e de polietileno linear PELBD para impermeabilização;

ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas, NBR 10.320 (2013) – Geossintéticos – Identificação para Fornecimento

ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas, NBR 9862 (2013) – Geossintéticos – Amostragem e Preparação de Corpos de Prova para Ensaio;

ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas, NBR 16.199 (2020) – Geomembranas Termoplásticas – Instalação em Obras Geotécnicas e de Saneamento Ambiental;

ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas, NBR NBR 12592 (2003): - Identificação de Geotêxteis para Fornecimento;

ASTM , American Society of Testing and Materials, D6392 (2012) – Standard Test Method for Determining the Integrity of Nonreinforced Geomembrane Seams Produced Using Thermo-Fusion Methods;

ASTM , American Society of Testing and Materials, D6693 (2015) – Standard Test Method for Determining Tensile Properties of Nonreinforced Polyethylene and Nonreinforced Flexible Polypropylene Geomembranes.

### **Resina de polietileno – requisitos**

A resina utilizada na fabricação da geomembrana deve ser virgem, produzida especificamente para a produção de geomembranas PEAD e fornecida por uma única Petroquímica, a qual deverá ser qualificada e apresentar o certificado com as propriedades da resina fornecida.

A resina deve apresentar densidade ASTM D 792 de 0,935 a 0,939 g/ml, Índice de fluidez ASTM D1238 - 190°C/21,6kg) de 9,0 a 12,0 g/10 minutos e Teor de Negro de Fumo ASTM D4218 de 2 a 3% após a adição do negro de fumo.

Em nenhuma hipótese poderá ser material reciclado na produção da Geomembrana PEAD.

## **4.1.2 Geomembrana PEAD – Requisitos**

### ***4.1.2.1 Propriedades***

A Geomembrana PEAD deve apresentar espessura 1,0 mm, superfícies lisas nas duas faces e atender aos requisitos especificados no Manual Brasileiro de Geossintéticos — José Carlos Vertematti — 2015 — 2ª edição.

### ***4.1.2.2 Controle de qualidade***

O controle de qualidade de fabricação deverá ser comprovado pela apresentação dos certificados de qualidade dos produtos emitido pelo laboratório do fabricante e pela apresentação dos certificados de qualidade da resina empregada na fabricação dos mesmos, emitido pelo fornecedor da resina.

O contratante poderá acompanhar a fabricação da geomembrana, enviando seus técnicos e/ou consultores à fábrica durante a sua produção.

#### *4.1.2.3 Apresentação bobinas*

Rolos de largura 8m e comprimento de 50 a 100 metros, conforme estudo de modulação para redução de perdas em função da geometria da área e modulação painéis.

Tolerância para medidas de comprimento e largura das bobinas  $\leq \pm 1\%$ .

Na fábrica, as bobinas deverão ter marcado o número de lote e também uma numeração individual própria de cada rolo para fins de identificação e rastreamento.

Para conferência no recebimento cada rolo deve estar identificado com etiqueta contendo no mínimo as informações solicitadas na norma ABNT – NBR ISO 10320/2013:

- Nome do fabricante, com endereço para contato;
- Nome do produto (tipo de geomembrana, ex.: geomembrana de PEAD);
- Número da bobina;
- Número do lote de fabricação;
- Espessura da geomembrana;
- Peso da bobina;
- Dimensões da bobina: Comprimento e Largura.

#### *4.1.2.4 Documentos que devem acompanhar cada entrega*

Cada carga que chegar à obra deverá entregar os documentos relacionados a seguir:

Relatório de Ensaios de Controle de Qualidade.

Certificado de qualidade da resina empregada na fabricação, emitido pela petroquímica.

Romaneio (lista com os números, pesos e espessuras das bobinas do carregamento), no qual deverá estar indicado a espessura média real de cada bobina do carregamento.

#### **4.1.2.5 Inspeção e aceitação no recebimento**

As bobinas recebidas na obra deverão estar acompanhadas dos certificados de qualidade da geomembrana e da resina, assim como do romaneio, fornecidos pelo fabricante.

As bobinas recebidas deverão ser inspecionadas nos seguintes aspectos, pela empresa instaladora, acompanhada da fiscalização da obra:

O formato da seção transversal da bobina, verificando se a mesma está com a forma perfeitamente circular em toda a seção;

Verificar se não há defeitos nas bobinas, como perfurações, bolhas, cortes ou rachaduras;

Verificar se todas as bobinas estão com a etiqueta de identificação;

Conferir se a etiqueta de identificação atende a norma ABNT NBR 12592;

Conferir se o romaneio da carga apresenta a espessura média real de cada bobina entregue.

Não devem ser aceitas e conseqüentemente deverão ser devolvidas ao fornecedor:

As cargas que não estiverem acompanhadas dos respectivos certificados de qualidade do material e da resina e o romaneio relativo à carga

Bobinas sem etiqueta de identificação completa, conforme a norma ABNT NBR 12592.

#### **4.1.2.6 Armazenamento bobinas na obra**

##### **- Descarregamento no local da obra:**

O descarregamento na obra deverá ser efetuado com a orientação da empresa instaladora, assistida e verificada pela fiscalização. Deverá ser realizado de preferência, por empilhadeiras ou equipamento equivalente, como caminhão Munk, trator com pá, etc., que permita o içamento das bobinas e sua movimentação segura. O içamento deverá ser efetuado utilizando-se, por exemplo, cintas de poliéster, içando-as através de no mínimo dois pontos de sustentação, para evitar deformações e danos na geomembrana.

Não devem ser usados cabos e/ou cintas metálicos. Quando não houver disponibilidade de equipamentos adequados para movimentação, podem ser utilizadas pranchas de madeira, encostadas no caminhão, funcionando como uma rampa e, através de cintas e/ou cordas não metálicas, efetuar o rolamento das bobinas da carroceria do caminhão, até o chão ou o local do armazenamento.

Os equipamentos para o descarregamento e as cintas de poliéster deverão ser providenciados, pela empreiteira ou pelo proprietário da obra, antes da chegada das bobinas na obra.

#### **- Superfície de armazenamento:**

As bobinas devem ser armazenadas em uma área com superfície plana, lisa e terreno firme, livre de pedras e materiais pontiagudos que possam danificar a geomembrana.

Deve-se evitar o armazenamento próximo a agentes químicos e fontes de calor, bem como de locais com vegetação, que possam ter risco de incêndio.

A área do armazenamento das bobinas deverá ser preparada previamente ao recebimento destas, pela empreiteira assistida pela fiscalização.

#### **- Empilhamento**

O empilhamento deverá ser executado em pilhas com no máximo três níveis de bobinas.

#### **- Encunhamento**

O deslocamento das bobinas armazenadas em pilhas deverá ser restringido pelo uso de cunhas de madeira dispostas em cada um dos rolos inferiores antes da colocação do segundo nível, sendo que a cunha deve ser lisa e larga, de dimensões tais que não danifique a geomembrana.

O travamento lateral poderá ser feito também por pequenos diques laterais de solo, o qual deverá estar completamente livre de objetos pontiagudos.

#### **- Proteção**

O local de armazenamento das bobinas poderá ser a céu aberto, e deverá ser isolado, de preferência, através de uma cerca de proteção.

#### *4.1.2.7 Procedimentos instalação*

A Instaladora deverá fazer a inspeção das bobinas, na ocasião de sua abertura para a colocação dos painéis. Deverão ser rejeitadas e devolvidas ao fornecedor as bobinas que apresentarem:

- Comprimento e largura fora da tolerância ( $\leq \pm 1\%$ );
- Furos e/ou rasgos;
- Bordas laterais não retilíneas;
- Superfície fortemente ondulada;
- Bobinas sem identificação.

A instalação da geomembrana de PEAD deverá seguir os procedimentos estabelecidos nesta especificação, os quais têm o objetivo de assegurar o desempenho adequado destas como barreiras impermeabilizantes.

A instalação deverá ser executada seguindo as recomendações da norma brasileira ABNT NBR 16199:2020, nos seguintes itens:

- modulação dos painéis;
- recepção e armazenamento das bobinas na obra;
- preparação da superfície de apoio;
- colocação da geomembrana e a soldagem dos painéis;
- ensaios para verificação da qualidade soldas nas emendas;
- verificação da estanqueidade global da geomembrana instalada;

- registro em forma de relatórios da sequência executiva da instalação: o número, a localização, a data de colocação e o número da bobina de cada painel, o desenho “as built”, no qual deverá constar além da modulação real da obra, a localização de todas as interferências, o ponto dos reparos devido aos ensaios de pressurização da solda emenda de painéis e todos os reparos realizados.
- registro em planilhas da execução das soldas, dos ensaios não destrutivos e destrutivos e localização dos reparos e interferências.

#### *4.1.2.8 Modulação painéis*

A modulação dos painéis deverá ser elaborada pela empresa instaladora, com o objetivo de definir a colocação dos painéis da geomembrana PEAD de acordo com a geometria da obra, levando em consideração as particularidades da área a ser revestida.

A modulação apresentada servirá de guia para a colocação e instalação da geomembrana PEAD, e tem como objetivo diminuir as perdas do material, agilizar a colocação e contribuir para a melhor adequação geométrica dos painéis a serem instalados.

A modulação proposta deverá ser previamente aprovada pela contratante.

A quantidade de material a ser fornecida deverá compreender a área a ser impermeabilizada de acordo com a modulação proposta, acrescida do necessário para incluir ancoragens, material para testes destrutivos, ajustes no comprimento, perdas e recortes, perdas com emendas e material para remendos.

#### *4.1.2.9 Preparação superfície apoio*

Antes do início dos trabalhos de instalação da geomembrana, as superfícies dos taludes a serem revestidas deverão estar conformadas de acordo com as plantas e especificações de projeto.

As superfícies deverão estar niveladas, compactadas e isentas de qualquer tipo de material contundente incluindo vegetações e depressões.

Caberá à empresa contratante entregar a área a ser instalada livre de materiais pontiagudos, perfurantes e ou de granulometria que venha a puncionar a geomembrana e/ou perfurá-la.

A contratante deverá também garantir o nivelamento da base da área a ser instalada para evitar acúmulo de água durante a instalação criando bolsões (poças) de água que impossibilitem o escoamento por gravidade impedindo a continuidade do processo de instalação da geomembrana.

A fiscalização deverá liberar a colocação da geomembrana PEAD, após a verificação da superfície de apoio da mesma.

#### *4.1.2.10 Colocação da geomembrana*

A colocação da geomembrana deverá ser iniciada imediatamente após os serviços de preparo da superfície de apoio, para evitar a deterioração do terreno produzida por chuvas, ventos, perda de umidade do solo e trânsito local.

Caso a superfície da instalação apresente partículas com potencial de perfurar a geomembrana PEAD e seja de difícil limpeza ou regularização, poderá ser usado um geotêxtil não tecido de proteção.

Caso os taludes sejam erodidos, devido a defasagem entre a execução da terraplanagem e a colocação da geomembrana, caberá a empresa de terraplenagem a responsabilidade de regularização da superfície de apoio dos taludes, com a liberação pela fiscalização.

Não serão permitidas uniões horizontais em taludes maiores a 6:1 (H:V) a menos que o responsável pela fiscalização, aprove o contrário juntamente com a anuência do projetista. Na medida do possível, as soldas em taludes com declividades maiores deverão ser realizadas em bermas intermediárias.

Cada painel deverá ser etiquetado com um número único ou código único de identificação acordado entre as partes envolvidas na execução do serviço de instalação. Não se deve permitir o estendido da geomembrana em períodos úmidos, de muito vento ou na presença de água estagnada.

A Geomembrana PEAD deverá ser posicionada de forma que tenha um mínimo de rugas ou ondas, necessárias para que, durante os períodos de contração e de dilatação, a geomembrana não sofra tensionamento excessivo.

Devem ser previstas ancoragens temporárias como sacos com areia ou solo, por exemplo, que não causem danos a geomembrana, para evitar o levantamento dos painéis pelo efeito do vento, e para fazer a conformação da geomembrana com o talude e pontos de inflexão, antes da sua ancoragem definitiva.

Caso seja inevitável o trânsito de veículos sobre a geomembrana instalada, deve ser prevista e demarcada uma faixa, na área da geomembrana instalada, que servirá como via de circulação, a qual no término da obra será verificada e reparada, se houverem danos.

Todo cuidado deve ser tomado para evitar danos causados por queda de objetos. Nenhum objeto deve ser posicionado sobre a geomembrana PEAD sem uma proteção adequada. Deve ser evitado o trânsito de pessoas sobre a geomembrana nas áreas que forem parcialmente já entregues ao cliente final.

Durante o processo de fabricação dos reparos a serem soldados por extrusão, o processo de corte dos reparos não poderá ser feito imediatamente sobre os painéis de geomembrana sendo necessário o uso de um pedaço de geomembrana de sacrifício para evitar possíveis furos acidentais nos painéis já instalados.

#### *4.1.2.11 Registros*

Diariamente deverá ser registrada, em forma de relatórios, toda a sequência executiva, contendo:

- Número do painel;
- Localização do painel;
- Data de colocação do painel;
- Número de bobina instalada;
- “Croquis” da geomembrana instalada;

- Planilhas relacionando as soldas executadas;
- Ensaios não destrutivos;
- Ensaios destrutivos;
- Localização das interferências;
- Reparos;
- Ensaios realizados para verificação das soldas nos reparos.

#### *4.1.2.12 Emendas: soldagem dos painéis*

As soldas deverão ser executadas na direção da inclinação do talude.

Nos cantos e locais de geometria irregular, o número de soldas deverá ser minimizado.

Não deverão ser realizadas soldas horizontais ao longo do talude. Caso seja inevitável, recomenda-se que a solda não esteja localizada na parte superior do talude e nem a uma distância menor que 15 cm do seu pé. No fundo, a solda deverá estar a uma distância  $\geq$  1,50 m do pé do talude.

Não será permitido o aproveitamento das sobras de bobinas de geomembrana, que não estejam previstas na modulação dos painéis. Antes de serem executadas as soldas, os transpasses devem estar limpos e isentos de umidade.

Os transpasses entre painéis a serem emendados deverão ter dimensão compatível com o tipo de máquina (mínimo de 10 cm), para soldas por termofusão, e serem maior ou igual a 7,5 cm para soldas por extrusão.

Todo cruzamento de solda por termofusão deverá ter um reforço com “manchão” para garantia da estanqueidade.

#### *4.1.2.13 Ensaios de avaliação das soldas*

Não deve ser executada nenhuma solda até que cada soldador, as máquinas de solda por termofusão e o procedimento de soldagem sejam devidamente testados e aprovados imediatamente antes do início de cada jornada de trabalho (pela manhã e à tarde) e sempre que houver quaisquer mudanças nas condições do serviço (por exemplo, quando a máquina é desligada e esfria completamente) ou mudanças repentinas de temperatura ambiente, através de ensaios de “pré-solda” que avaliem as soldas executadas em tiras da geomembrana nas mesmas condições das soldas dos painéis.

Os testes das soldas deverão ser feitos em tiras de aproximadamente 1,0 m de comprimento por 0,30 m de largura, com a solda centrada ao longo do comprimento e sob as mesmas condições da área a ser revestida. O transpasse deve seguir as recomendações do item verificação de emendas.

Da tira soldada deverão ser retirados dez corpos de prova de 25 mm de largura por 150 mm de comprimento, sendo cinco para o ensaio de cisalhamento e cinco para o ensaio de descolamento. O ensaio deve ser realizado no tensiômetro de obra, devendo-se registrar a carga e a velocidade de ensaio. Esses corpos de prova não deverão romper conforme os tipos / locais de ruptura da solda descritos no item 6.1 da GRI GM 19. Caso um destes tipos de ruptura ocorra, todo o teste deverá ser refeito.

Quando o técnico instalador usar o equipamento de solda por termofusão a quente, este deverá ser autopropulsado e contar com medidores digitais de para monitoramento da temperatura, velocidade e pressão aplicada pelo equipamento. O equipamento para solda por termofusão não deverá ser colocado diretamente sobre a geomembrana instalada quando não esteja sendo usado. O instalador deverá se assegurar que não exista sujeira nem umidade armazenadas entre as laminas de geomembrana. Todas as soldas deverão se estender até a vala de ancoragem e final de cada painel instalado.

Quando durante a soldagem por termofusão o transpasse apresentar rugas ou ondas, chamadas de “bocas de peixe”, estas deverão ser cortadas de modo a tornar plana a área para passagem da máquina.

Quando usado o equipamento para solda por extrusão, o instalador deverá soldar de forma a não danificar a geomembrana. O instalador deverá limpar e secar minuciosamente a área de solda antes de depois de qualquer pausa maior a 3 minutos. Todo material degradado

pelo calor do equipamento e esfriado deverá ser retirado. As bordas superiores da geomembrana PEAD deverão ser biselados antes da execução da solda. Pode ser usado um esmeril para retirar o oxido da superfície no máximo meia hora antes da execução da solda. Em paralizações de mais de cinco minutos, a borda da solda deve ser esmerilhada para poder continuar com a solda por extrusão.

#### *4.1.2.14 Verificação da estanqueidade*

A norma ABNT NBR 16199:2020 recomenda que sejam realizados os seguintes ensaios nas soldas, para a verificação da estanqueidade do revestimento:

##### **Ensaio Não Destrutivos**

Todas as soldas deverão ter a estanqueidade verificada ao longo do seu comprimento, através de ensaios não destrutivos. Esses ensaios devem ser realizados simultaneamente com os serviços de solda e são os seguintes:

##### **Ensaio de vácuo**

Quando usado o sistema de solda por extrusão deve-se realizar um teste de vácuo para garantir a integridade da solda. A solda, em trechos de aproximadamente 50 cm, deverá ser molhar com água e sabão para depois ser submetida a uma pressão negativa de 20 kPa através de uma caixa de vácuo transparente com vedação de esponja de policloropreno de células fechadas em contato com a geomembrana de PEAD. Deve-se monitorar todo o comprimento da solda através da janela transparente por um período mínimo de 10 segundos para verificar a formação de bolhas. Se deverá identificar, marcar, reparar e ensaiar de novo toda área que tenha apresentado formação de bolhas. Após aprovação do trecho de solda, move-se a caixa para a área adjacente com uma sobreposição de 7,5cm. A faixa de medida do manômetro não deve ser maior que o dobro da pressão de ensaio e a escala não deve ser maior que 10 kPa. Este ensaio pode iniciar 1 hora depois de finalizada a solda.

##### **Ensaio de pressurização**

Quando usado o sistema de solda por termofusão de linha dupla deve-se realizar um teste de prova de ar para garantir a integridade da solda. Cada solda continua deve ser selada nos seus extremos e submetida a uma pressão de ar e monitorada por um período de 2 a 5

minutos. Nesse período não deve se registrar perda de pressão maior a kPa conforme tabela A.2 da norma ABNT NBR 16199:2020.

### **Ensaio da faísca elétrica ou “Spark test”**

O ensaio “Spark Test” poderá também ser utilizado para verificação da estanqueidade global da superfície total da geomembrana do revestimento executado. Neste caso, é realizada uma “varredura” em todos os painéis, pesquisando quanto à possibilidade de haver furos ocasionados por queda de objetos durante a instalação, ocorridos durante o transporte ou oriundos de defeitos de fabricação.

### **Ensaio Destrutivos**

Devem ser feitos para avaliar estatisticamente a qualidade das soldas.

A frequência de retirada de amostras, para este ensaio, será a cada 150 metros lineares de solda, na localização exata indicada pela fiscalização. A dimensão das amostras deverá ser de 1,0 m de comprimento por 0,30 m de largura, com a solda centrada ao longo do comprimento. O instalador deverá reparar qualquer solda de aparência duvidosa antes de iniciar os ensaios destrutivos.

Todas as amostras obtidas deverão ser marcadas com números consecutivos junto com o número de costura. Deverá se manter um registro com a data, hora, localização, nome do técnico encarregado da solda, equipamento, temperatura e critério de aprovação e/ou desaprovação. Todos os buracos deixados pela obtenção das amostras para os ensaios destrutivos deverão ser reparados imediatamente. As amostras destrutivas deverão ser cortadas em três: duas de 0,30 m por 0,30 (uma para o cliente e uma para o instalador) e uma de 0,30 m por 0,40 para a fiscalização.

Os ensaios destrutivos deverão seguir as recomendações das normas ASTM D 6392, ASTM D 6693, e GRI GM19, e atender a duas propriedades básicas de resistência: cisalhamento e descolamento.

Dependendo da geometria da área a ser revestida e do nível de qualidade da instalação, a frequência de retirada das amostras poderá ser alterada para um intervalo maior, conforme estabelece a GRI – GM 14.

### **Critério de Aceitação dos Resultados dos Ensaio Destrutivos**

Os cinco corpos de prova ensaiados conforme a ASTM D 6392, deverão apresentar ruptura conforme recomenda esta norma.

#### *4.1.2.15 Controle da qualidade da instalação da geomembrana*

A Instaladora deverá comprovar a qualidade dos serviços de instalação da geomembrana, executados no item 6, através da apresentação das planilhas de registro, em forma de relatórios de toda a sequência executiva, conforme item de colocação da geomembrana.

Os relatórios e planilhas deverão ser apresentados contendo, no mínimo, as informações dos modelos do Anexo B da norma ABNT NBR 16199:2020.

## **4.2 TUBO DE DRENAGEM PEAD DN100MM**

Tubo dreno fabricado em PEAD (Polietileno de Alta Densidade), de seção circular, corrugado e com excelente raio de curvatura, destinado a coletar e escoar o excesso de líquido infiltrado no solo.

### 4.2.1 Principais características

Tubo dreno DN 100

Raio de curvatura: 420 mm

Resistência à compressão, mínima: 45 Kgf

Resistência ao impacto: 15,0 J

Área aberta perfurada: 130 cm<sup>2</sup>/m

Vazão de influxo: 5.490 cm<sup>3</sup>/s.m

Coefficiente de rugosidade Manning (n): 0,016

## 4.2.2 Instalação do tubo dreno

### **Abertura de vala**

A largura da vala pode ser determinada pelo diâmetro do tubo dreno Kananet a ser instalado e a altura de reaterro deverá ter em média 0,20 metro e, em casos onde o nível de cargas for muito elevado, esta poderá variar a partir de 0,50 metro.

O uso de retroescavadeira ou valetadeira é muito vantajoso, exceto quando tubulações, rochas ou outras interferências impedirem o uso das mesmas.

O fundo da vala deve ser uniforme, obedecendo a declividade prevista no projeto.

Para início dos trabalhos de acomodação dos tubos drenos, certificar-se que estão abrigados do sol, evitando o amolecimento e conseqüente amassamento durante o manuseio e processo de reaterro.

O geotêxtil deve ser colocado encostado sobre o fundo e laterais da trincheira, a fim de evitar esforços e tensões elevadas quando do enchimento da vala com o material drenante, evitando riscos de perfurações e/ou rasgos.

### **Envoltório**

Também chamado de meio drenante, é todo material que colocado ao redor do tubo dreno tem a finalidade de facilitar o fluxo de água do solo para o seu interior e assim evitar a ocorrência de elevado gradiente hidráulico na interface solo x envoltório. Será utilizado areia média.

O material drenante deve ser colocado de tal forma que não prejudique a sobreposição da manta para fechamento do envelope e nem se intercale entre o geotêxtil e a parede da vala.

As bordas do geotêxtil devem ser rebatidas com sobreposições de pelo menos 0,20 metro (casos especiais até 0,50 metro) e a parte superior da trincheira deve ser rapidamente aterrada para evitar entrada de sólidos em caso de chuva.

## 4.3 MANTA GEOTÊXTIL

### 4.3.1 Geotêxtil não tecido 200 mg/m<sup>2</sup>

Manta geotêxtil não tecido agulhado de filamentos contínuos 100% poliéster. O serviço é medido em metro quadrado de manta geotêxtil efetivamente aplicada. O comprimento será calculado considerando as dimensões finais dos dispositivos de drenagem que receberam as mantas geotêxteis.

### 4.3.2 Geotêxtil não tecido 400 mg/m<sup>2</sup>

Manta geotêxtil não tecido agulhado de filamentos contínuos 100% poliéster. O serviço é medido em metro linear de manta geotêxtil efetivamente aplicada. A área é calculada considerando as dimensões finais dos dispositivos de drenagem que receberam as mantas geotêxteis.

### 4.3.3 Execução

A aplicação de mantas geotêxteis em dispositivos de drenagem, drenos, enrocamentos, canais e outros deve atender ao especificado em projeto, e as recomendações dos fabricantes quanto aos cuidados necessários na aplicação do material.

O geotêxtil deve ser colocado encostado sobre o fundo e laterais da trincheira, a fim de evitar esforços e tensões elevadas quando do enchimento da vala com o material drenante, evitando riscos de perfurações e/ou rasgos.

As uniões longitudinais e transversais das mantas de geotêxteis devem ter sobreposição de 20 cm a 30 cm, ou conforme especificações dos fabricantes.

Não serão aceitos materiais produzidos com mesclas de fibras em algodão.

### **Equipamentos**

Os equipamentos básicos necessários aos serviços de aplicação das mantas geotêxteis compreendem:

- caminhão de carroceria fixa com guincho;

- equipamento para desenrolar o geotêxtil - pendurais;
- ferramentas manuais, como tesouras, facas e outros materiais de corte.

#### **4.4 CONCRETO SIMPLES**

Será executada revestimento de concreto simples para proteção mecânica da lagoa. O concreto deverá apresentar  $F_{ck} = 15 \text{ Mpa}$  aos 28 dias e  $0,6 \text{ kg/m}^3$  de fibra sintética do tipo "crack-stop" ou similar.

No fundo da lagoa (trechos horizontais), a espessura deverá ser de 7 cm e nas laterais (trechos inclinados) a espessura deverá ser de 5 cm.

A contratada deverá lançar o concreto de acordo com as dimensões e espessuras indicadas nos desenhos de projeto ou conforme orientação da aprovação da fiscalização, adequando o processo executivo de forma a evitar rasgos ou perfurações da geomembrana.

Será de responsabilidade da contratada, o fornecimento de formas e moldes (incluindo sua fabricação, colocação, emprego e remoção), o traçado de juntas, bem como quaisquer outras operações necessárias. A escolha dos equipamentos de lançamento e espalhamento do concreto será de inteira responsabilidade da contratada.

Previamente ao lançamento do concreto, deverá ser realizada uma nova inspeção na superfície da geomembrana, em especial nos pontos de solda. Caso sejam observados furos, rasgos ou problemas nas soldas, a região afetada deverá ser remediada, para posterior lançamento do concreto de revestimento.

O revestimento de concreto poderá ser lançado manualmente ou com equipamento mecânico e a sua superfície deverá ser lisa e na espessura indicada. A execução deverá ser rigorosamente controlada, de modo que o concreto não seja poroso, com vazios ou ninhos. A fiscalização poderá exigir, a seu critério, a colocação manual do revestimento, nos locais de difícil acesso aos equipamentos ou onde julgar necessário.

Quando utilizados equipamentos de concretagem, formas deslizantes, gabaritos, etc., estes deverão se apoiar no topo das bermas e eventualmente, com a anuência da fiscalização, no fundo da lagoa. Não será permitida a cravação de grampos ou estacas que possam danificar a geomembrana. Cuidados especiais deverão ser tomados no manuseio de

equipamentos e ferramentas, durante a etapa de lançamento e espalhamento do concreto. Caso sejam observados danos na superfície da geomembrana, a concretagem deve ser paralisada para a remediação da região afetada, a expensas da contratada.

O revestimento, quando lançado manualmente, deverá ser acabado com desempenadeira, sobre guias, tanto no fundo como nos taludes da lagoa. Deverá ser executado em painéis alternados, a começar com as lajes de fundo. Especial atenção deverá ser dada à cura.

Fissuras resultantes de cura inadequada serão motivo de rejeição do trecho, podendo, entretanto, a contratada, quando achar necessário, utilizar aditivos, previamente aprovados pela fiscalização, a fim de conseguir a cura adequada. O nivelamento do revestimento de concreto das placas deverá obedecer a declividade do talude.

Em todos os casos, os painéis do fundo deverão ser lançados primeiramente e os painéis dos taludes deverão ser colocados de baixo para cima. Os painéis intermediários somente deverão ser lançados após o endurecimento dos painéis adjacentes.

No caso do revestimento ser lançado manualmente, o concreto deverá ser espalhado sobre os lados e o fundo da lagoa por meio de régua, declive acima, na espessura especificada. O revestimento deverá ser colocado em painéis alternados.

Poderá ser utilizada uma forma deslizante no sentido longitudinal ou equipamento distribuidor acabadora, dotada de vibradores fixos. Em condições adequadas de operação, as superfícies trabalhadas pela forma deslizante requererão pouco acabamento. A superfície da forma deslizante e o acabamento final deverão ser aprovados pela fiscalização.

Deverão ser tomados cuidados para que os espaços vazios que as formas deixam em cada lado sejam iguais. Independente dos vibradores da forma deslizante a contratada deverá dispor de vibradores de imersão e ainda de régua e desempenadeiras para o acabamento dos taludes e do fundo. A concretagem do revestimento também poderá ser feita utilizando formas que se desloquem desde baixo, sobre régua bem fixadas e alinhadas, colocando o concreto em camadas horizontais e devidamente vibrado.

As juntas transversais e longitudinais deverão ter espaçamentos e espessuras conforme indicados nos desenhos de projeto. As juntas longitudinais deverão ter a mesma declividade do trecho que estiver sendo executado.

O traçado das juntas deverá ser executado enquanto o concreto estiver fresco, mediante superfícies cortantes retas, facas mecânicas ou cortadores operados manualmente ou aparelhos ligados à forma deslizante. Caso sejam ocasionados danos à geomembrana, durante a execução das juntas, o revestimento (geomembrana e concreto) da região danificada deverá ser refeito, a expensas da contratada.

Nos locais onde houver estruturas de concreto, estas deverão ser executadas anteriormente à instalação da geomembrana e do revestimento do canal. Se, nestes pontos, não for possível o uso de equipamentos para o revestimento, a contratada deverá interromper o revestimento no local da junta de dilatação e revestir manualmente o trecho afetado pela estrutura.

Se o equipamento utilizado pela contratada não lhe permitir interromper as operações de revestimento, ser-lhe-á permitido executar o revestimento sem interrupção nas seções que alojarão as estruturas concretadas no local, removendo ou demolindo, posteriormente, a parte do revestimento necessário para alojar as estruturas. Entretanto, não serão incluídos, para fins de pagamento, a mão-de-obra, o equipamento ou os materiais necessários para o lançamento e posterior remoção ou demolição do revestimento de concreto.

Se, na seção em que a contratada remover o concreto ou interromper o revestimento para a construção de estruturas, as superfícies da escavação do canal sofrerem qualquer dano devido à erosão, se enlamear, ou qualquer outra causa, as fundações deverão ser reparadas por conta da contratada. Os reparos deverão incluir as correções necessárias à colocação apropriada do revestimento do canal.

O concreto que for removido, de acordo com estas especificações ou com a determinação da fiscalização, deverá ser depositado na área externa a lagoa, ou removido para local de bota-fora, a critério da fiscalização.

A medição e pagamento será por m<sup>3</sup> executado.

#### **4.4.1 Junta de dilatação transversal**

A contratada executará todas as juntas de dilatação conforme estas especificações, nos espaçamentos e dimensões indicados nos desenhos de projeto, e em acordo a eventuais recomendações da fiscalização.

Para tanto, a contratada verificará que o lançamento do concreto da placa seguinte não fique aderente ao da primeira placa. Estas juntas serão dotadas de uma ranhura seccionando conforme previsto em projeto.

Previamente à execução da junta de dilatação, deverá ser feita a total limpeza da ranhura, eliminando-se a poeira, areia, materiais soltos e/ou estranhos. Para aplicação do material de enchimento do fundo da junta é necessário que a junta esteja totalmente seca.

#### 4.4.2 Junta de Retração Longitudinal, fornecimento e aplicação.

A contratada executará todas as juntas de retração conforme estas especificações, nos espaçamentos e dimensões indicados nos desenhos de projeto, e em acordo a eventuais recomendações da fiscalização.

As juntas de retração corresponderão à ranhura a ser executada nas dimensões apresentadas nos desenhos de projeto, antes do endurecimento do concreto e o mais tarde possível, após o início da concretagem do revestimento. Conforme a concepção do revestimento, estas juntas não terão nenhuma função de estanqueidade e não comportarão produto de vedação das mesmas.

### **4.5 Peças Pré-Moldadas de Concreto Armado**

Nas peças pré-moldadas de concreto, anéis para balão, chaminé, laje excêntrica e cones para os poços de visitas, serão tipo ponta e bolsa com junta elástica, anel de borracha, classe EA2, devendo atender as normas da ABNT NBR 16.085/2012: Poços de Visita e Poços de Inspeção para Sistemas Enterrados - Requisitos e Métodos de Ensaio e NBR 8.890, "Tubo de concreto de seção circular para águas pluviais e esgotos sanitários – Requisitos e métodos de ensaios", em correspondência aos ensaios de absorção de água, estanqueidade de junta, compressão diametral e recobrimento das armaduras, e normas complementares da Comusa.

As peças deverão obedecer aos padrões da referente norma NBR 8.890, devendo os ensaios apresentar resistência mínima à compressão diametral de 30 Mpa, absorção máxima de água 6%, verificação do diâmetro interno médio de +/-1 a +/-5% de espessura.

As lajes excêntricas para os PV's DN1000 deverão ser fornecidas em DN 1000x600mm com 15cm de altura, com encaixe lateral tipo macho-fêmea e anel de borracha para vedação DN 1000mm, juntamente com nípel de junção em DN 600mm e anel de borracha DN 600mm.

As lajes excêntricas para os PV's DN1200 deverão ser fornecidas em DN 1200x600mm com 15cm de altura, com encaixe lateral tipo macho-fêmea e anel de borracha para vedação DN 1200mm, juntamente com nípel de junção em DN 600mm e anel de borracha DN 600mm.

Fundo de PV DN 1200x1100mm com junta elástica, espessura da parede de 12 cm e fundo interno plano com quatro rebaixos laterais externos de 780x780mm para tubulação de rede coletora de DN 100 a DN 800.

## 4.6 TUBOS DE FERRO FUNDIDO DÚCTIL PARA ESGOTO

Os Tubos de Ferro Fundido Dúctil ponta chanfrada e bolsa JE2GS com anel em borracha deverão atender às prescrições das Normas Técnicas da ABNT/ISO conforme relacionadas a seguir, devendo ser utilizadas as edições mais recentes ou as normas que as venham substituir:

- NBR 7675 ou ISO 2531: Tubos e conexões de ferro dúctil e acessórios para sistemas de adução e distribuição de água
- NBR 8682 ou ISO 4179: Revestimento de argamassa de cimento em tubos de ferro fundido dúctil
- NBR 11827 ou ISO 8179: Revestimento externo de zinco em tubos de ferro fundido dúctil
- NBR 15420 : Tubo, conexões e acessórios ferro fundido dúctil para canalizações de esgotos
- NBR 7676 : Anel de borracha para juntas elástica e mecânica de tubos e conexões de ferro fundido-Tipo JE, JME JE2GS-Especificação.
- NBR 13747: Junta elástica para tubos e conexões de ferro fundido dúctil-Tipo JE2GS-Especificação.

Os tubos de ferro fundido dúctil centrifugado para canalizações sob pressão e por gravidade, conforme norma NBR 15420. Revestido externamente com Zinco metálico e

pintura epóxi, respectivamente, nas normas NBR 11827 ou ISO 8179 e NBR 15420. O revestimento interno com argamassa de cimento aluminoso, segundo norma NBR 13747.

Os tubos devem apresentar marcações e rastreabilidade de forma visível e indelével nas bolsas (identificação de ano de fabricação, diâmetro nominal, conforme 8.0 da NBR 7675).

Os tubos devem apresentar comprimento mínimo de 5,5 metros.

Não serão aceitos tubos com data de fabricação superior a 12 meses (365 dias), para fins de recebimento.

No fornecimento dos Tubos de Ferro Fundido Dúctil com junta elástica deverão estar incluídos:

- Os anéis de borracha, à razão de uma unidade por bolsa, e a pasta lubrificante necessária para a montagem dos tubos;
- Anel de borracha para junta elástica, conforme norma NBR 7676, Tabela 1 e 1A, juntamente com o item 4.2 e 4.3 da NBR 13747;
- Manta ou manga para proteção de tubos e conexões: Material em Polietileno ASTM D 1248 Tipo 1, Classe C, Grão e 1, espessura do filme de 0,2 mm, tolerância para menos 10%, resistência à tração de 8,3 Mpa, mínimo alongamento de 300%, mínima resistência elétrica de 6400 Volts/0,2 mm espessura, massa específica de 910 a 925 Kg/m. Nota: acondicionados em rolos e proteção contra a luz do sol;
- Rolo de arame plastificado;
- Fita adesiva Tartan de polipropileno cor transparente 50 mm x 50 m;

#### Anéis de Vedação

Deverá ser feita a devida inspeção no anel de borracha dos tubos, a fim de confirmar a efetiva utilização de borracha nitrílica com elastômero base, garantindo que a borracha resista às intempéries. Deverá ser obedecida a tabela 1 da norma NBR 7676, a qual apresenta os requisitos exigidos para os anéis de borracha empregados em tubos de Ferro fundido dúctil, e conforme consta, caberá à CONTRATADA, para fins de inspeção, fornecer material vulcanizado, laminado, em forma de tapete, de dimensões tais que permitam realizar os ensaios necessários indicados na tabela 1 da norma NBR 7676.

Os ensaios de análise termogravimétrica composicional (TGA) e de análise de infravermelho (FTIR) terão como método de ensaio a norma ASTM D 6370 e ASTM D 3677, respectivamente, e juntamente com a norma ASTM D 2000, para análise das propriedades físicas e químicas.

Os anéis de borracha devem trazer, em lugar que não prejudique a eficiência da junta, em caracteres bem visíveis e de forma indelével, no mínimo as seguintes marcas: nome ou marca de identificação do fabricante que produziu os anéis, nome do elastômero base constituinte do anel, diâmetro nominal do tubo, data de fabricação (trimestre e ano).

Deverá a inscrição de trimestre e ano, no anel de borracha, seguir conforme:

XX.YY.Ano, onde XX: 1 a 4 YY: TRI Ano: referente a fabricação (exemplo-2010)

Não será aceito anel de borracha com data de fabricação superior a 18 meses (06 trimestres). A verificação da data será feita no momento da inspeção de recebimento dos tubos em fábrica.

O laboratório responsável pela análise dos anéis de borracha será aquele indicado pela Comusa.

Os trâmites de encaminhamento dos anéis de borracha, para análise no laboratório de inspeção, deverão seguir os procedimentos determinados pela Comusa. Será feito via Memorando emitido pela Comusa ao Laboratório de Inspeção, onde todas as informações ali constantes deverão fazer parte do Relatório de Inspeção a ser gerado.

O Relatório de Inspeção, referente aos anéis de borracha, deverá ser encaminhado pelo Laboratório à Comusa.

#### Ensaio dos Tubos

A inspeção de recebimento deve ser realizada de acordo com o com as normas vigentes, no fabricante, sendo todos os exames e ensaios realizados na presença do inspetor do órgão credenciado pelo comprador. Os custos de inspeção serão por conta da CONTRATADA.

A coleta de amostras para ensaio também será efetuada conforme determinam as normas da ABNT.

Deverão ser fornecidos ao agente inspetor os seguintes documentos:

- Certificado de controle de processo de fabricação do SBC - Sistema Brasileiro de Certificação;
- Relatório de resistência hidrostática interna durante o processo de fabricação (100% dos tubos testados, conforme 6.9.1, Tabela A.2, da NBR 15420);
- Certificado de ensaio de verificação da resistência à tração e alongamento (mínimo de 420 Mpa, alongamento de 10 % entre tubos DN 50 à DN 1000 e alongamento de 7% para DN maiores que 1000, conforme 5.9.1, Tabela 7 da NBR 15420);
- Certificado de ensaio de verificação da dureza Brinell (máximo de 230 HB, conforme 4.7.2 e 6.3.3 da NBR 7675);
- Certificado de ensaio de verificação de nodularidade (mínimo de 95%, conforme 4.7.3 e Anexo D - Tabela D2 da NBR 7675).

Caso a Comusa julgar necessário, poderá exigir os ensaios de qualificação dos materiais, constantes da norma 7675/05 ou 15420/06, em detrimento dos Certificados acima mencionados, e os mesmos serão por conta da CONTRATADA. O(s) Laboratório(s) para realização destes ensaios será(ão) indicado(s) pela Comusa.

#### Inspeção Visual

Todos os materiais devem ser verificados quanto aos itens constantes no documento de compra. Além disso, devem apresentar as seguintes características:

- Total conformidade com o especificado quanto à extremidade
- Anéis de vedação conforme especificado
- Marca do fabricante indelével em cada peça

#### Tabelas

Tabela 1A - Classificação da Dureza

Classe de dureza	55	65	75
Intervalo de dureza	51 a 60	61 a 70	71 a 80

## 4.7 CONEXÕES DE FERRO FUNDIDO DÚCTIL PARA ESGOTO

As conexões de Ferro Fundido Dúctil deverão atender às prescrições das Normas Técnicas da ABNT, conforme relacionadas a seguir, devendo ser utilizadas as edições mais recentes ou as normas que as venham substituir:

- NBR 7675 - Tubos e conexões de ferro dúctil e acessórios para sistemas de adução e distribuição de água – Requisitos;
- NBR 7676 - Anel de borracha para juntas elástica e mecânica de tubos e conexões de ferro fundido - Tipos JE, JM e JE2GS – Especificação;
- NBR 7677 - Junta mecânica para conexões de ferro fundido dúctil;
- NBR 13747 - Junta elástica para tubos e conexões de ferro fundido dúctil - Tipo JE2GS – Especificação;
- ISO 2531 – Tubos, conexões e peças acessórias de ferro dúctil para canalizações c/ pressão.

As conexões de Ferro Fundido dúctil centrifugado, com bolsas junta elástica, modelo JE2GS, segundo a norma NBR13747, para canalizações sob pressão, conforme a norma NBR 7675, serão revestidas integralmente (interna e externamente) com esmalte betuminoso anticorrosivo, aderente e não pegajoso, ou epóxi a pó, fornecida com anéis de borracha correspondentes, para aplicação em redes de esgoto.

- Não serão aceitas conexões com data de fabricação superior a 12 meses (365 dias), para fins de recebimento.

No fornecimento das conexões de Ferro Fundido Dúctil com junta elástica, deverão estar incluídos:

- Os anéis de borracha, à razão de uma unidade por bolsa, e a pasta lubrificante necessária para a montagem das conexões;
- Anel de borracha para junta elástica conforme norma NBR 7676, tabelas 1 e 1A, juntamente com o item 4.2 e 4.3 da NBR 13747. (desconsiderar a tabela que trata dos ensaios materiais).

#### 4.7.1 Anéis de Vedação

Deverá ser feita a devida inspeção no anel de borracha dos tubos, a fim de confirmar a efetiva utilização de borracha nitrílica com elastômero base, garantindo que a borracha resista às intempéries. Deverá ser obedecida a tabela 1 da norma NBR 7676, a qual apresenta os requisitos exigidos para os anéis de borracha empregados em tubos de Ferro fundido dúctil, e conforme consta, caberá à CONTRATADA, para fins de inspeção, fornecer material vulcanizado, laminado, em forma de tapete, de dimensões tais que permitam realizar os ensaios necessários indicados na tabela 1 da norma NBR 7676.

Os ensaios de análise termogravimétrica composicional (TGA) e de análise de infravermelho (FTIR) terão como método de ensaio a norma ASTM D 6370 e ASTM D 3677, respectivamente, e juntamente com a norma ASTM D 2000, para análise das propriedades físicas e químicas.

Os anéis de borracha devem trazer, em lugar que não prejudique a eficiência da junta, em caracteres bem visíveis e de forma indelével, no mínimo as seguintes marcas: nome ou marca de identificação do fabricante que produziu os anéis, nome do elastômero base constituinte do anel, diâmetro nominal do tubo, data de fabricação (trimestre e ano).

Deverá a inscrição de trimestre e ano, no anel de borracha, seguir conforme:

XX.YY.Ano , onde XX: 1 a 4 YY: TRI Ano: referente a fabricação (exemplo-2010)

Não será aceito anel de borracha com data de fabricação superior a 18 meses (06 trimestres). A verificação da data será feita no momento da inspeção de recebimento dos tubos em fábrica.

O laboratório responsável pela análise dos anéis de borracha será aquele indicado pela Comusa.

Os trâmites de encaminhamento dos anéis de borracha, para análise no laboratório de inspeção, deverão seguir os procedimentos determinados pela Comusa. Será feito via Memorando, emitido pela Comusa ao Laboratório de Inspeção, onde todas as informações ali constantes deverão fazer parte do Relatório de Inspeção a ser gerado.

O Relatório de Inspeção referente aos anéis de borracha deverá ser encaminhado pelo Laboratório à Comusa.

#### 4.7.2 Ensaios

A inspeção de recebimento deve ser realizada de acordo com o anexo D da Norma NBR 7675, no fabricante, sendo todos os exames e ensaios realizados na presença do inspetor do órgão credenciado pelo comprador. Os custos da inspeção serão por conta da contratada.

A coleta de amostras para ensaio também será efetuada conforme determinam as normas da ABNT.

Deverão ser fornecidos ao agente inspetor os seguintes documentos:

- Certificado de controle de processo de fabricação do SBC - Sistema Brasileiro de Certificação;
- Relatório de resistência hidrostática interna durante o processo de fabricação;
- Certificado de ensaio de verificação da resistência à tração e alongamento, conforme NBR 7675;
- Certificado de ensaio de verificação da dureza Brinell, conforme NBR 7675;
- Certificado de ensaio de verificação de nodularidade, conforme NBR 7675.

Caso a Comusa julgar necessário, poderá exigir os ensaios de qualificação dos materiais, constantes na Norma 7675, em detrimento aos certificados acima mencionados, e os mesmos serão por conta da contratada. O (s) laboratório (s) para realização destes ensaios será (ão) indicado (s) pela Comusa.

### 4.7.3 Inspeção Visual

Todos os materiais devem ser verificados quanto aos itens constantes no documento de compra. Além disso, devem apresentar as seguintes características:

- Total conformidade com o especificado quanto à extremidade;
- Anéis de vedação conforme especificado;
- Marca do fabricante indelével em cada peça.

**Tabela 1A - Classificação da Dureza**

Classe de dureza	55	65	75
Intervalo de dureza	51 a 60	61 a 70	71 a 80