

**D01**

**Paredes**  
**Diafragma**

---

# **Paredes Diafragmas**

## **Sumário**

- 1. Objetivo**
- 2. Referências**
  - Normas
  - Documentos complementares específicos da obra
- 3. Definições**
- 4. Equipamentos, acessórios e ferramentas**
  - Quantidade e especificidade
  - Descrição e características
  - Operacionalidade dos equipamentos
  - Verificações sistemáticas na ferramenta de escavação (clamshell)
- 5. Equipe**
  - Quantidade
  - Funções
  - EPI's obrigatórios
- 6. Procedimento executivo e responsável**
  - Fases executivas
  - Preparo e Instalação do canteiro
  - Execução das paredes guias, posicionamento da diafragmadora e escavação do painel
  - Limpeza da junta, colocação da armadura dentro do painel, colocação das juntas e da chapa espelho
  - Concretagem submersa do painel e retirada da chapa junta
  - Boletins de acompanhamento da execução dos serviços, controle da subida do concreto, e ensaio da lama
- 7. Procedimentos para verificação e avaliação dos serviços**
  - Preparo e instalação do canteiro
  - Execução das paredes guias, posicionamento da diafragmadora e escavação do painel
  - Limpeza da junta, colocação da armadura dentro do painel, colocação das juntas ou junta e da chapa espelho
  - Concretagem submersa do painel e retirada da chapa-junta
  - Boletins de acompanhamento da execução dos serviços e de controle da subida do concreto e ensaio de lama
- 8. Atribuições de cada função**
  - Engenheiro supervisor
  - Encarregado
  - Operador de diafragma
  - Operador de guindaste auxiliar
  - Especialista de parede diafragma
- 9. Especificação dos materiais**

**Anexos**

- A** - Requisitos e características da lama bentonítica
- B** - Programa de ensaios para a lama bentonítica
- C** - Modelo do boletim de acompanhamento da execução
- D** - Modelo do boletim de controle do concreto e de ensaio da lama
- E** - Modelo de tabela de manutenção periódica para os guindastes
- F** - Listagem sintética

## 1. Objetivo

Este documento:

- a) Estabelece as diretrizes e condições básicas mínimas para a execução de Paredes Diafragma, de concreto armado moldadas in loco;
- b) Estabelece e descreve os equipamentos, as ferramentas e os acessórios mínimos necessários;
- c) Especifica as equipes mínimas, definindo os conhecimentos necessários de cada um, as tarefas e as responsabilidades;
- d) Especifica as características dos materiais empregados na sua execução estabelecendo os procedimentos para controlar sua qualidade ; e
- e) Programa os ensaios para a lama bentonítica.

## 2. Referências

### 2.1 Normas

NBR 5738: 1994 - Moldagem e cura de corpos-de-prova cilíndricos ou prismáticos de concreto

NBR 5739: 1994 - Concreto - Ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos

NBR 6118: 2003 - Projeto de estruturas de concreto - Procedimento

NBR 6122: 1996 - Projeto e execução de fundações - Procedimento

NBR 7211: 1986 - Agregado para concreto

NBR 7212: 1984 - Execução de concreto dosado em central

NBR 7480: 1996 - Barras e fios de aço destinados às armaduras para concreto armado (contém errata)

NBR 8953: 1992 - Concreto para fins estruturais - Classificação por grupos de resistência

NBR 11578: 1991 - Cimento Portland composto - Especificação

NBR 12655: 1996 - Concreto – Preparo controle e recebimento

NBR ISO 6892: 2002 - Materiais metálicos - Ensaio de tração à temperatura ambiente

NM 67: 1996 - Concreto - Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone

### 2.2 Documentos complementares específicos da obra

Os documentos mencionados abaixo devem estar disponíveis na obra:

- a) Relatório de sondagens;
- b) Projeto das Paredes Diafragma indicando:
  - Perímetro;
  - Espessura;
  - Cota de arrasamento;
  - Cota de apoio;
  - Armadura;
  - Planta da obra detalhando:
    - As divisões dos painéis;
    - A seqüência executiva; e
    - Volume e profundidade do maior painel.
  - Peso da maior gaiola a ser içada;
  - Boletins<sup>1</sup> de controle de execução da escavação;
  - Boletins<sup>2</sup> de controle de execução da concretagem;
  - “As built” da obra indicando a profundidade atingida, percentagem do excesso de concreto e anomalias encontradas;
  - Documento ou registro, emitido pelo encarregado, informando que inspecionou as paredes guias e as condições de suporte do canteiro, bem como a concordância com as mesmas; e
  - Documento ou registro, emitido pelo encarregado, informando que procedeu à verificação dos equipamentos, e que estes atendem em quantidades e qualidade às necessidades da obra.

<sup>1</sup> No final da execução dos serviços devem ser fornecidos ao cliente os boletins

<sup>2</sup> No final da execução dos serviços os boletins devem ser fornecidos ao cliente

### 3. Definições

Para os fins deste documento, aplicam-se as seguintes definições:

**3.1 paredes guias:** Paredes de concreto armado executadas ao longo de todo o perímetro da obra, as quais têm a função de manter estável a parte superior dos painéis bem como servir de guia inicial para a ferramenta de escavação (ver figura 1).

Nota: Em alguns casos, muito especiais, pode-se utilizar paredes guias metálicas ou de concreto pré-moldadas, entretanto algumas características tais como prumo, alinhamento, “overbreak” podem ficar comprometidos

**3.2 bentonita:** Argila da família das montmorilonitas encontrada em depósitos naturais, usada para a fabricação da lama.

Nota: Ver tabela A.1 Especificação da bentonita

**3.3 lama bentonítica:** Mistura de água com a bentonita em pó em proporções adequadas ao desenvolvimento do serviço.

Nota: Ver tabela 2 Características da lama

**3.4 laboratório de campo:** Conjunto de aparelhos destinados a medir os parâmetros que controlam as propriedades da lama bentonítica

Nota: Ver anexo B Programa de Ensaio para a Lama Bentonítica

**3.5 tubo de concretagem ou tubo tremonha:** Tubos metálicos, de diversos comprimentos, acoplados entre si, utilizados para concretagem submersa, dotados em sua extremidade de um funil.

**3.6 cabo de medida:** Corrente ou cabo de aço graduado, com um peso na extremidade, destinados a medir a profundidade da escavação ou a profundidade da superfície do concreto durante a concretagem.

**3.7 painéis ou lamelas:** Componentes justapostos executados, em certa seqüência, na superfície do terreno, possuindo juntas secas do tipo macho e fêmea, conforme indicados na figura 2.

**3.8 limpador de junta:** Ferramenta que permite proceder a uma raspagem eficiente na “fêmea” do painel ou dos painéis adjacentes ao painel que vai ser concretado, a fim de remover todo o solo à ela aderido devido escavação do painel a ser concretado.

**3.9 tubo junta ou chapa-junta:** Chapas ou tubos metálicos colocados na ou nas extremidades dos painéis, antes da concretagem, sendo retirados tão logo se inicie a pega do concreto, conforme indicado na figura 2.

**3.10 armaduras ou gaiolas:** Ferragens dos painéis previamente montadas.

**3.11 clam-shell:** Ferramenta de escavação, de formato retangular, capaz de escavar as lamelas das paredes diafragma, podendo estar livremente suspensa ou acoplada às barras “Kelly”, sendo que o fechamento das conchas ou mandíbulas pode ser por acionamento mecânico ou hidráulico.

Nota 1: Essa ferramenta pode ser acoplada aos guindastes convencionais de esteiras ou aos equipamentos especialmente desenhados para operá-la

Nota 2: A ferramenta de escavação pode ser mecânica ou hidráulica

**3.12 barras Kelly:** Haste de metal que suporta e dirige o clam-shell.

**3.13 diafragmadora:** Conjunto composto pelo ‘clam-shell’ e guindaste principal.

**3.14 guindaste auxiliar:** Equipamento sobre esteiras, utilizado no manuseio das gaiolas, na operação de concretagem, no manuseio do tubo ou da chapa junta, na movimentação das bombas ou do ferramental etc.

**3.15 central de lama:** Conjunto de equipamentos utilizado no preparo e armazenamento da lama bentonítica, compreendendo o disposto de 3.15.1 a 3.15.4.

**3.15.1 misturador de lama:** Bomba de alta turbulência, provida de um recipiente para misturar no mínimo, por partida, 800 L de lama.

**3.15.2 tanques de lama:** Recipientes metálicos para estocagem da lama bentonítica.

Nota 1: Devem possuir indicação visível da quantidade de lama em estoque

Nota 2: Algumas vezes esses tanques podem ser substituídos por “piscinas” escavadas no próprio terreno

**3.15.3 tanques de água:** Recipientes geralmente metálicos destinados à armazenagem de água limpa para o preparo da lama bentonítica.

Nota: Devem possuir indicação visível da quantidade de água armazenada

**3.15.4 amostrador ou coletor de lama:** Dispositivo graduado que permite a retirada de amostras da lama em qualquer profundidade.

**3.16 bombas de lama:** Bombas de alta vazão, do tipo submersas ou não, apropriadas (rotor aberto) para o bombeamento de lamas densas e com alta percentagem de areia.

**3.17 desarenadores:** Equipamentos utilizados para retirar areias em suspensão da lama bentonítica.

**3.18 chapa espelho:** Chapa de aço colocada na lateral do painel, no lado interno da parede diafragma a fim de melhorar as condições de acabamento, diminuir o “overbreak” bem como facilitar a remoção de protuberâncias.

Nota: Esta chapa é utilizada quando da colocação da armadura, e retirada tão logo se inicia a pega do concreto

**3.19 coulis:** Mistura plástica, em proporções convenientes, de cimento, bentonita e água.

**3.20 cake:** Película de lama bentonítica formada nas paredes da escavação através da penetração da lama nos seus vazios.

**3.21 overbreak:** Número, expresso em percentagem, que indica o excesso de concreto efetivamente utilizado em relação ao volume teórico.

**3.22 boletim de andamento da execução:** Documento que deve ser preenchido, para todas as painéis, conforme modelo do anexo C registrando-se no mínimo os seguintes dados de controles da execução:

- a) Obra e local;
- b) Data;
- c) N<sup>o</sup> do painel, datas e horários de início e de término, tanto da escavação quanto da concretagem;
- d) Dimensões;
- e) Cotas da parede guia / camisa, cota do fundo e do arrasamento;
- f) Cronograma dos trabalhos com indicações dos serviços, ocorrências, datas e quantidade de horas;
- g) Produtividade da escavação e da concretagem, por painel, e comparação, em cada trecho, do consumo real em relação ao teórico;
- h) Nome e assinatura do executor; e
- i) Observações pertinentes.

---

**3.23 boletim de controle de subida do concreto e do ensaio de lama:** Documento que deve ser preenchido, para todos os painéis, conforme modelo do anexo D registrando-se no mínimo os seguintes dados:

- a) Obra e local;
- b) Data do lançamento do concreto;
- c) N<sup>o</sup> do painel;
- d) Dimensões;
- e) Resultados dos ensaios<sup>3</sup> da lama antes e depois da desarenação;
- f) Cotas da parede guia / camisa, cota do fundo e do arrasamento;
- g) Slump do concreto;
- h) Volumes do caminhão betoneira e seu número (nr)
- i) Nível do concreto antes e depois do lançamento de cada caminhão;
- j) Subida do concreto real comparado com o teórico;
- k) Embutimento do tubo tremonha antes e depois do lançamento de cada caminhão;
- l) Nome e assinatura do executor; e
- m) Observações pertinentes.

---

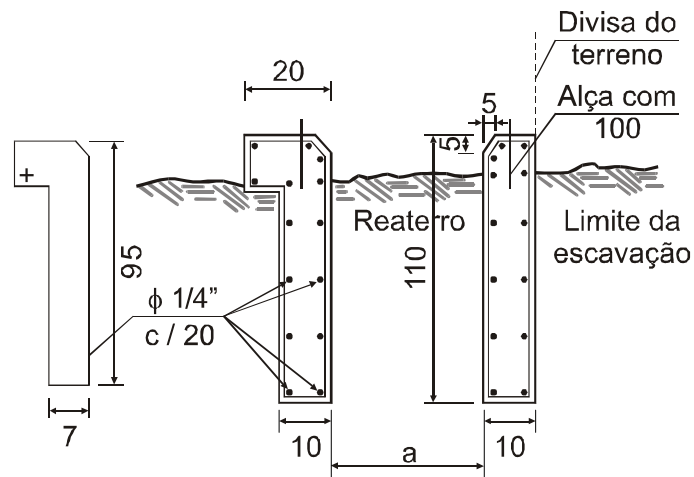
<sup>3</sup> % de areia, densidade, viscosidade, pH e tempo de desarenação

## 4. Equipamentos, acessórios e ferramentas

### 4.1 Quantidade e especificidade

Deve obedecer à lista abaixo descrita, devendo também atender ao disposto em 3 e 4.2:

- Uma diafragmadora (clam-shell e guindaste principal);
- Um guindaste auxiliar;
- Uma central de lama;
- Dois bombas;
- Dois conjuntos de tubos ou de chapas juntas;
- Um limpador de junta;
- Funil de concretagem e tubo tremonha;
- Um equipamento desarenador;
- Um laboratório de campo;
- Um coletor de amostra da lama; e
- Um cabo de medida.



(a) é a espessura de parede acrescida de 3cm para paredes de 30, 40 e 50cm ou acrescida de 5cm para paredes com mais de 50cm

Figura 1 – Detalhe para Execução de paredes guias (obras convencionais)

a) Tubo Junta

b) Chapa Junta

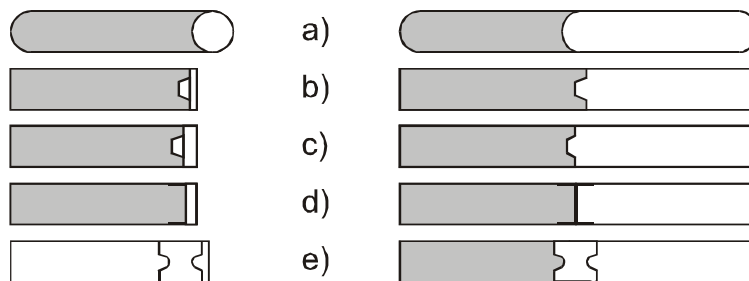


Figura 2 – Tipos de juntas para paredes diafragmas

## 4.2 Descrição e características

### 4.2.1 Diafragmadora

Conjunto “clam-shell” e guindaste principal, adequado ao projeto, devendo estar perfeitamente alinhado e balanceado.

As características da escavação dependerão, e muito, do estado do equipamento e da ferramenta de escavação, assim sendo:

- a) O guindaste deve estar dimensionado para suportar, com folga, as solicitações provocadas pela operação de escavação (guinchos, estabilidade etc); e
- b) Os “clam-shell”, quando livremente suspensos, devem estar acoplados ao cabo de suspensão, por meio de um destorcedor, a fim de eliminar o fenômeno de torção, que é induzido pelo cabo de suspensão.

### 4.2.2 Guindaste auxiliar

Guindaste sobre esteiras com capacidade de içar a gaiola inteira, mesmo que esta tenha de ser colocada no painel por tramos.

### 4.2.3 Central de lama

Equipada com misturador de alta turbulência, com capacidade para misturar, no mínimo 800 L de lama por partida, provida de recipiente com capacidade de armazenamento da lama, de no mínimo, igual ao volume do maior painel a ser escavado.

### 4.2.4 Bombas

Bombas apropriadas para lama, com capacidade de bombear, pelo menos, o volume do maior painel a ser concretado, no prazo de duas horas.

### 4.2.5 Conjunto de tubos ou chapas junta

Dois conjuntos, com comprimento igual ou maior (nunca inferior) à profundidade do painel mais profundo.

### 4.2.6 Funil de concretagem e tubo tremonha

O diâmetro mínimo deve ser de 250 mm (10”), e comprimento maior do que a profundidade do painel mais profundo.

Nas paredes com espessura menor do que 40 cm, pode-se utilizar tubo tremonha com diâmetro de 200 mm (8”), desde que se utilize concreto com slump maior do que 21 cm.

Os detalhes dos acoplamentos, entre os tubos, devem propiciar estanqueidade perfeita.

No caso da execução de painéis com grandes dimensões (maior do que 4,0 m) é necessário ter mais de um tubo tremonha e funil.

### 4.2.7 Laboratório de campo

Compreende no mínimo a aparelhagem descrita abaixo, a qual está detalhada no anexo B:

- a) Balança<sup>4</sup> de lama;
- b) Funil de Marsh e proveta graduada até 1000 cc;
- c) Proveta baroide (kit com proveta e peneira # 200); e
- d) Medidor de pH (papel de tornasol).

## 4.3 Operacionalidade dos equipamentos

Cada equipamento ou grupo deve possuir um livro ou ficha para controlar a manutenção, preenchido pelo operador, o qual deve estar assinado pelo responsável da manutenção do equipamento e pelo engenheiro responsável de cada obra.

Recomenda-se que o livro ou a ficha, para controle da manutenção dos guindastes, contenha pelo menos as informações do anexo E.

---

<sup>4</sup> Calibrar, por meios expeditos, a cada nova obra após transporte. Aferir a cada 12 meses.

#### 4.4 Verificações sistemáticas na ferramenta de escavação (clam-shell)

As verificações indicadas na tabela 1, devem ser feitas diariamente quando do início dos serviços, como também várias vezes durante a execução

Tabela 1

<b>Componente</b>	<b>O que verificar</b>	<b>Como verificar</b>
Condição: ferramenta livremente suspensa		
Destorcedor	Existência	a) Colocar um fio de prumo no topo da guia; Observar se ele passa pelo centro das mandíbulas; e
	Balanceamento nas duas direções	b) Colocar fio de prumo no ponto de suspensão da ferramenta; observar se ele passa pelo centro da ferramenta (encontro das mandíbulas)
Conchas	Alinhamento	Observar se as conchas se fecham de forma alinhada, durante esta operação
Condição: ferramenta acoplada à barra Kelly		
Conjunto	Alinhamento em duas direções	Colocar um fio de prumo, em ambas as direções, no ponto mais alto desta barra; observar se ele passa pelo centro da mandíbula
Conchas	Alinhamento	Observar se as conchas se fecham de forma alinhada durante esta operação

## 5. Equipe<sup>5</sup>

### 5.1 Quantidade

A equipe mínima para execução de paredes diafragma deve ser composta por:

- Engenheiro supervisor<sup>6</sup>;
- Um encarregado;
- Um operador da diafragmadora;
- Um operador para guindaste auxiliar;
- Dois especialistas em paredes diafragma; e
- Dois ajudantes gerais.

### 5.2 Funções

As funções, necessidades de treinamento e habilidades estão indicadas na tabela 2

Tabela 2 – Funções e experiência

Função	Experiência	Qualificação
a) Encarregado	Comprovação no desempenho da função	Ter operado equipamentos
b) Operador da diafragmadora		Com finalidades
c) Operador de guindaste auxiliar		Semelhantes
d) Especialista		Estar familiarizado com a elaboração de ensaios
e) Ajudante especializado		Saber manejar ferramentas do tipo chave de grifo, chave jacaré, roscar tubos e registros
f) Ajudante comum	Nenhuma	-----

### 5.3 EPI's obrigatórios

A equipe deve utilizar os EPI's conforme indicado na tabela 3

Tabela 3

Item	Encarregado	Operador Diafragmadora	Operador Guindaste auxiliar	Especialista	Ajudantes
Bota de couro	X	X	X		
Bota de borracha				X	X
Capacete	X	X	X	X	X
Luva de raspa				X	X
Protetor auricular <sup>(1)</sup>	X	X	X	X	x
Uniforme	X	X	X	X	X
Cinto de segurança <sup>(1)</sup>	X	X	X	X	X
Máscara <sup>(2)</sup> descartável				X	X
(1) todos sempre que a situação exigir					
(2) quando do manuseio da bentonita em pó					

## 6. Procedimento executivo e responsável

<sup>5</sup> As tarefas e responsabilidades de cada um estão descritas nos procedimentos executivos e no item 7.9

<sup>6</sup> Participante efetivo da equipe e por ela responsável (pode supervisionar mais de uma obra), o qual supervisiona, orienta, fiscaliza e controla os procedimentos executivos, com visitas regulares à obra, e a devida anotação no boletim de controle dos fatos e medidas técnicas observadas.

## 6.1 Fases executivas

A seqüência executiva compreende as fases de:

- a) Preparo e instalação do canteiro;
- b) Execução das paredes guias (ver figura 1);
- c) Posicionamento da diafragmadora;
- d) Escavação do painel com a diafragmadora e preenchimento simultâneo da escavação com lama bentonítica previamente preparada;
- e) Limpeza da junta;
- f) Colocação da armadura dentro do painel cheio de lama, das juntas ou junta (tubos ou chapas) e da chapa espelho quando for o caso (ver figura 2) e não houver restrições técnicas;
- g) Concretagem submersa do painel (ver figura 3); e
- h) Retirada da chapa-junta.

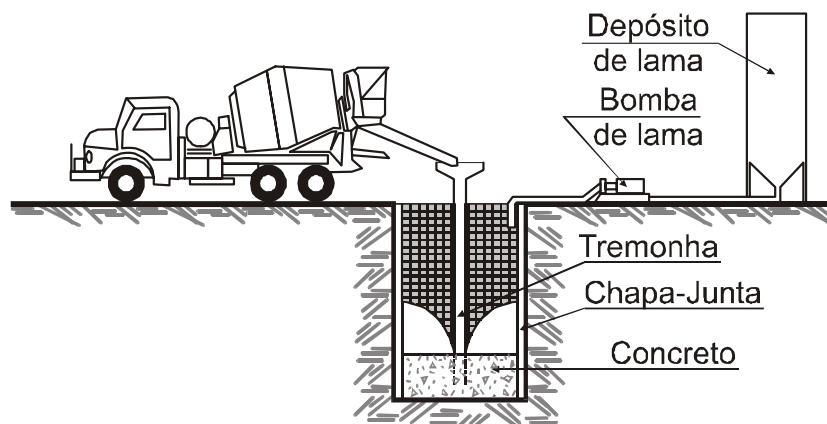


Figura 3 – Concretagem submersa do painel (esquema executivo)

## 6.2 Preparo e instalação do canteiro

Atividade	Responsável
a) Planejar e implantar a obra	Engenheiro supervisor / Encarregado
b) Analisar as condições de vizinhança, verificar as interferências e obstáculos no canteiro da obra	
c) Analisar o perfil de sondagens antevendo dificuldades e pontos singulares	
d) Analisar, juntamente com o cliente ou outros empreiteiros (se houver), as interfaces dos serviços	
e) Receber os equipamentos e ferramentas, descarregar o guindaste da carreta	Encarregado
f) Estabelecer o lay out do canteiro, dispor os equipamentos, montar central de lama	
g) Estabelecer o tamanho dos painéis e a seqüência executiva	Engenheiro supervisor / encarregado
h) Preparo da lama	Especialista de parede diafragma

**6.3 Execução das paredes guias, posicionamento da diafragmadora e escavação do painel**

<b>Atividade</b>	<b>Responsável</b>
a) Locar as paredes diafragma, distribuir as lamelas e definir a seqüência executiva	Engenheiro Supervisor / Encarregado
b) Conferir as paredes guias de concreto armado, ao longo de toda a periferia da obra, mantendo-se distância entre elas igual à espessura da parede diafragma mais 5 cm, verificando-se o alinhamento e a verticalidade com fio de prumo (ver fig. 1)	Encarregado e especialista
c) Aprumar a torre posicionar o clam-shell	Encarregado e operador
d) Verificar a locação e liberar para início da escavação	Encarregado
e) Iniciar a escavação da parede diafragma e simultaneamente iniciar o enchimento com lama bentonítica previamente preparada	Encarregado / operador e especialista
f) À medida que a escavação prossegue deve-se cuidar do prumo da ferramenta de escavação, bem como do nível da lama bentonítica sempre dentro dos limites da parede-guia	Encarregado e especialista
g) Determinar o teor de areia na cava após a escavação e antes da concretagem	Especialista
h) Verificar, após submersão da ferramenta, se os cabos ou barras estão no centro da escavação	
i) Preencher os boletins	Encarregado

**6.4 Limpeza da junta, colocação da armadura dentro do painel, colocação das juntas e da chapa espelho**

<b>Atividade</b>	<b>Responsável</b>
a) Preparar previamente a armação - de modo a poder ser içada e manuseada por guindastes - bem como permitir a passagem do concreto	Armador com a Supervisão do Encarregado
b) Deslocar o guindaste auxiliar, e içar a armadura	Operador e especialista
c) Colocar a armadura de forma a prever sempre passagem para o tubo ou os tubos tremonha conforme figuras 3 e 4, cuidando para que a armadura desça suavemente dentro das paredes e que seu topo esteja na horizontal. No caso de painéis profundos, as gaiolas devem ser de dois ou mais tramos, desde que a união (emendas) desses tramos sejam previstas por transpasse, soldas ou luvas de pressão	Equipe
d) Fixar as armaduras na parede-guia a fim de evitar seu deslocamento quando da concretagem	Especialista
e) Limpar a junta ou juntas (fêmeas) dos painéis já concretados	Encarregado / Operador e especialista
f) Quando do início da concretagem a ponta da armadura deve estar a 30 cm no máximo do fundo da escavação	Encarregado / Operador do guindaste auxiliar
g) Prever roletes espaçadores ou skis para garantir o cobrimento	Armador
h) Colocar junto com a armadura as juntas ou junta (tubos ou chapas) já untadas com graxa, e cuidando-se do alinhamento	Especialista
i) Quando for o caso colocar junto com a armadura a chapa espelho já untada com graxa	

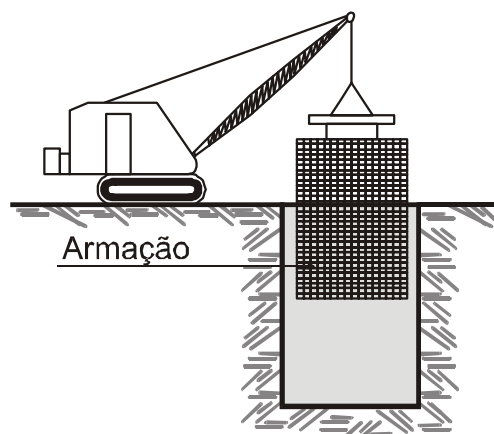


Figura 4 – Esquema executivo da colocação da armação

### 6.5 Concretagem submersa do painel e retirada da chapa junta

Atividade	Responsável
a) Atingir a profundidade prevista em projeto	Encarregado
b) Proceder à primeira limpeza do fundo com a própria ferramenta de escavação, removendo a pasta viscosa e densa	Operador e especialista
c) Adequar a lama dentro dos parâmetros exigidos ( $\gamma$ , % areia, pH) ou substituir a lama ou desarena-la através de bombas de submersão ou por meio de circulação reversa ou ainda por air lift	Especialista e ajudante
d) Montar e descer os tubos de concretagem ou tremonha	Encarregado / Especialista
e) Lançar o concreto dentro do painel, de baixo para cima, através do funil de concretagem e do tubo tremonha, diretamente dos caminhões betoneiras, cuidando para que não haja interrupção da concretagem por mais de uma hora	Encarregado / equipe
f) Medir a altura do concreto, dentro do painel, junto ao tubo tremonha e junto às extremidades. A subida do concreto dentro do painel deve manter-se em nível, diferenças acentuadas indicam a necessidade de subir o tubo tremonha	Encarregado
g) Esta operação delicada deve ser feita mantendo-se sempre a ponta do tubo tremonha imersa, no concreto, no mínimo 1,50m	
h) Bombear a lama para os tanques ou depósitos, simultaneamente enquanto esta estiver sendo expulsa durante a concretagem	
i) Retirar, quando do início da pega do concreto, as juntas (tubos ou chapas) e da chapa espelho	Operador do guindaste auxiliar / especialista
j) Limpar a junta ou juntas dos painéis adjacentes, eventualmente já concretados, por ação mecânica do limpador	Encarregado / Especialista

### 6.6 Boletins de acompanhamento da execução dos serviços, controle da subida do concreto e ensaio da lama

Devem ser preenchidos diariamente, devendo constar as informações constantes de 3.22 e 3.23, conforme modelos dos Anexos C e D.

## 7. Procedimentos para verificação e avaliação dos serviços

### 7.1 Preparo e instalação do canteiro

Número do Item	Item de Verificação	Avaliação dos Serviços
6.2 a) f)	Lay out do canteiro e implantação da obra	Horário disponível para entrada assegurado Condições do trânsito local desimpedidas Condições de suporte da rampa de descida da carreta seguras Linhas de alta tensão verificadas
6.2 b) d)	Interferências e obstáculos	Alerta e menção no diário da obra das providencias tomadas ou da sua inexistência em alguns casos, ou para a necessidade de cuidados especiais Capacidade suporte do terreno para os equipamentos adequada
6.2 c)	Nível d'água Existência de camadas permeáveis ou muito moles ou fofas; Existência de matacões	Relatórios de sondagens analisados Dificuldades e pontos singulares previstos
6.2 e)	Movimento e montagem	Estado de conservação dos equipamentos e quantidades verificados
6.2 f)	Montagem da central de lama	Posição dos silos e capacidade suporte do terreno adequadas; Cobertura para proteção da lama bentonítica em sacos providenciada; Capacidade de estocagem - não inferior ao volume do maior painel a ser escavado - verificada
6.2 g)	Tamanho dos painéis e seqüência	Menção no diário de obras ou no projeto executivo
6.2 h)	Preparo e hidratação da lama	Não permitir a utilização antes de 12 horas do preparo
	Proporção da mistura bentonita e água	Em função da viscosidade pretendida, deve-se atender à Tabela A.2 variando-se a proporção da mistura bentonita e água, de 25 kg/m <sup>3</sup> a 75 kg/m <sup>3</sup> de água
	Insumo bentonita	Atender às especificações indicadas na tabela A.1
	Água	Potável
	Valores dos resultados dos ensaios	Atender às características conforme indicadas na tabela A.2
	Nível da lama no interior da escavação	1,00 m, no mínimo, acima do nível do lençol freático

### 7.2 Execução das paredes guias, posicionamento da diafragmadora e escavação do painel

Número do Item	Item de Verificação	Avaliação dos Serviços
6.3 a)	Locação e distribuição das lamelas	Conforme o projeto e implantação da obra
6.3 b)	Execução das paredes guias	Distância igual à espessura da parede diafragma mais 5 cm Alinhamento Prumo
6.3 d)	Locação do painel na parede guia	Marcação visível efetuada
6.3 e)	Preparação prévia e características da lama	De acordo com tabela 2 e instruções de trabalho Nota: durante a escavação poderá haver aumento nos valores dos parâmetros, sem prejuízo da qualidade
6.3 f)	Prumo da ferramenta de escavação	Verticalidade da escavação garantida, sendo ela verificada por meio de um fio de prumo
	Nível da lama	Dentro dos limites das paredes guias
6.3 g)	Teor de areia na cava	Deve estar de acordo com o especificado na tabela 2
6.3 h)	Cabos ou barras	Devem estar no centro da escavação
6.3 i)	Boletins	Preenchimento constante

### 7.3 Limpeza da junta, colocação da armadura dentro do painel, colocação das juntas e da chapa espelho

Número do Item	Item de Verificação	Avaliação dos Serviços
6.4 a) g)	Quantidade de ferros e bitolas	De acordo com o projeto
	Espaçamento entre ferros	Maior ou igual a 7,0 cm
	Rigidez da armação	Soldadas em diversos pontos, enrijecidas com barras adicionais de travamento que garantam a indeformabilidade da mesma
	Espaçadores	Garantia do cobrimento de pelo menos 4,0 cm
6.4 c)	Içamento e manuseio	Estado dos cabos do guindaste inspecionado Indeformabilidade da armadura garantida
6.4 d)	Colocação da armadura	Passagem dos tubos junta ou chapas-juntas garantida Espaço para passagem do tubo tremonha previsto Descida suave Deslocamento quando da concretagem evitado
	União dos tramos	Transpasse adequado ou solda ou luvas existentes
6.4 e)	Limpeza das juntas	Ação mecânica processada
6.4 f)	Posição da armadura	A 30 cm, no máximo, do fundo da escavação
6.4 g)	Roletes ou skis	Existência e fixação
6.4 h) ou 6.4 i)	Colocação das juntas ou Colocação das chapas espelho	Prumo verificado Profundidade atingida - fundo do painel

**7.4 Concretagem submersa do painel e retirada da chapa junta**

Número do Item	Item de Verificação	Avaliação dos Serviços
6.5 a) b)	Limpeza do fundo Profundidade	Remover Comparar com o projeto
6.5 c)	Retirar amostras do fundo e adequar a lama	Executar ensaios da lama antes da concretagem, retirando amostras, no máximo a 20 cm do fundo. Resultados conforme tabela 2, atendidos
6.5 d) e)	Juntas ou chapa espelho	Juntas untadas e alinhadas Chapa espelho untadas e alinhadas
	Juntas dos tubos tremonha	Estanqueidade atendida
6.5 g)	Lançamento do concreto	Diretamente dos caminhões Não interromper por mais de uma hora
	Características do concreto e forma de concretagem	De acordo com o indicado na tabela 4 com respeito ao consumo de cimento por m <sup>3</sup> e slump; Uso do funil de concretagem e ponta imersa
6.5 h) f)	Subida do concreto	Medir junto ao tubo tremonha e extremidades do painel Manter o nível
	Diferença de nível acentuada	Subir o tubo tremonha, mantendo a ponta imersa, no concreto, com um mínimo 1,50 m
6.5 i)	Retirar as juntas	Quando do início da pega do concreto
6.5 j)	Limpar as juntas	Utilizar limpador mecânico

Tabela 2 – Características da lama, verificação de campo

Parâmetros	Valores	Equipamento para ensaio <sup>7</sup>
Peso Específico	1.025 a 1.1 g/cm <sup>3</sup>	Densímetro
Viscosidade	30 a 90 segundos	Funil MARSH
PH	7 a 11	Papel de tornasol
Teor de Areia	Até 3%	“Baroid Sand Content ou Similar”
Quando necessário podem ser utilizados aditivos para melhorar as características da lama.		

**7.5 Boletins de acompanhamento da execução dos serviços e de controle da subida do concreto e ensaio da lama**

Devem ser preenchidos, diariamente, conforme modelos indicados nos anexos C e D.

<sup>7</sup> Ver detalhes no anexo B - Programa de Ensaios

## **8. Atribuições de cada função**

### **8.1 Engenheiro supervisor**

- a) Responder, junto com o encarregado, pelo planejamento e implantação da obra;
- b) Analisar, junto com o encarregado, as condições da vizinhança;
- c) Analisar, junto com o encarregado, o perfil de sondagens;
- d) Discutir com o encarregado as condições contratuais e as responsabilidades das partes (cliente / fornecedor);
- e) Analisar, junto com o cliente e outros empreiteiros, as interfaces dos serviços;
- f) Estabelecer, junto com o encarregado, o tamanho dos painéis, a seqüência executiva e o cronograma da obra;
- g) Reforçar a atuação do encarregado, junto ao cliente, para o cumprimento das responsabilidades deste último;
- h) Supervisionar o andamento dos serviços;
- i) Analisar os boletins de execução, ensaios da lama, e os resultados do controle tecnológico; e
- j) Manter contato com os projetistas, clientes e gerenciadores.

### **8.2 Encarregado**

- a) Responder, junto com o engenheiro supervisor, pelo planejamento e implantação da obra;
- b) Estabelecer o lay out do canteiro, compreendendo:
  - Disposição dos equipamentos;
  - Montagem da central de lama;
  - Pátio da armação;
  - Escritório da obra;
  - Distribuição das lamelas;
  - Seqüência executiva das lamelas; e
  - Verificação e manutenção das condições operacionais do canteiro.
- c) Verificar as condições da parede guia;
- d) Receber e conferir os equipamentos, ferramentas e acessórios;
- e) Acompanhar, orientar e supervisionar a execução de todos os procedimentos para a execução das paredes diafragmas;
- f) Transmitir instruções aos subordinados, quanto à segurança, durante a execução dos serviços, os locais a que a equipe pode ou não ter acesso, obstáculos visíveis no sub-solo e quanto às redes elétricas;
- g) Solicitar, receber e conferir o concreto;
- h) Conferir armação;
- i) Registrar e relatar qualquer anomalia ao engenheiro supervisor da obra; e
- j) Preencher os boletins de execução e controle

### **8.3 Operador de diafragmadora**

- a) Operar a diafragmadora;
- b) Responder pela sua conservação;
- c) Manter a diafragmadora limpa e lubrificada;
- d) Informar a manutenção dos serviços necessários, e programar com o encarregado quando fazê-la; e
- e) Responder pelo Livro do equipamento e sua atualização

### **8.4 Operador de guindaste auxiliar**

- a) Operar o guindaste auxiliar;
- b) Responder pela conservação do guindaste auxiliar;
- c) Manter o guindaste auxiliar limpo e lubrificado;
- d) Informar a manutenção dos serviços necessários e programar com o encarregado quando fazê-la; e
- e) Responder pelo Livro do equipamento e sua atualização

---

---

## 8.5 Especialista de parede diafragma

### 8.5.1 Escavação

- a) Acompanhar a escavação dos painéis;
- b) Verificar o prumo da ferramenta da escavação;
- c) Orientar o operador da diafragmadora;
- d) Comandar o fluxo de lama para o interior da escavação mantendo o nível da mesma sempre nos limites da parede guia;
- e) Medir a profundidade do painel sempre que necessário; e
- f) Retirar amostra da lama sempre que necessária.

### 8.5.2 Instalação das armaduras, junta e chapa espelho

- a) Orientar o operador do guindaste auxiliar durante o içamento e colocação das armaduras e juntas (tubos ou chapas) e chapa espelho;
- b) Participar das operações de fixação das armaduras à parede guia, e orientar os ajudantes; e
- c) Responder pelo untamento com graxa das juntas (tubo ou chapa) e da chapa espelho

### 8.5.3 Preparo da lama bentonítica, tratamento da lama antes da concretagem

- a) Orientar e participar do preparo da lama bentonítica (dosagem e tempo de mistura);
- b) Retirar amostra para ensaio;
- c) Realizar os ensaios da lama; e
- d) Participar e orientar a operação de desarenação (conexão das bombas da lama, conexão dos desareadores, operação dos registros etc).

### 8.5.4 Concretagem

- a) Participar e orientar a montagem da coluna de concretagem (tubo tremonha);
- b) Comandar o fluxo de concreto para o interior do painel;
- c) Medir a profundidade da superfície de concreto durante a concretagem;
- d) Participar e orientar a operação de subida da coluna de concretagem;
- e) Participar da amostragem do concreto e da determinação do slump; e
- f) Responder pela limpeza do funil e tubos de concretagem após cada concretagem.

### 8.5.5 Retirada das juntas e chapa espelho

- a) Orientar o operador do guindaste auxiliar na retirada das juntas e chapa espelho.

## 9. Especificação dos materiais

Devem ser exigidos do fornecedor materiais com Certificado de Conformidade.

É de responsabilidade do contratante fornecê-los.

Caso estes certificados não sejam entregues ou inexistam, devem ser efetuados ensaios e amostragens pelo contratante, atendendo às especificações de cada material conforme tabela 3.

Tabela 3 - Especificação dos materiais

Material <sup>8</sup>	Especificação	Nº. da Norma Brasileira NBR
Aço	CA 50 e CA 25 conforme diâmetros constantes do projeto	7480 e 6152
Agregados	Diâmetro máximo do agregado 20 mm Areia 35 % a 45 % do peso dos agregados	7211
Concreto	Concreto classe 20 (mínimo), ou conforme projeto e em função da classe de agressividade consumo de cimento $\geq 400$ kg de cimento por m <sup>3</sup> fator a/c $\leq 0,6$ abatimento $20 \pm 2$ cm	5738, 5739 e 6118 8953, 12655 11578 NM 67
Lama bentonítica	Ver anexo A	Ver anexo B

<sup>8</sup> Armazenar em local apropriado e determinado

**Anexo A (Normativo)**  
**Requisitos e características da lama bentonítica**

**A.1 Objetivo**

Este anexo especifica os materiais, os requisitos, as características e os métodos de ensaio para o emprego da lama bentonítica na execução das paredes diafragmas.

**A.2 Materiais**

A bentonita a ser utilizada no preparo da lama deve atender às especificações extraídas da NBR 6122 indicadas na tabela A1.

Para cada partida de bentonita recebida pelo executor das paredes diafragmas, devem ser fornecidos, pelo fornecedor da bentonita, os resultados dos ensaios.

Tabela A.1 – Especificações da bentonita

Resíduos na peneira n <sup>o</sup> 200	≤ 1%
Teor de umidade	≤ 15%
Limite de liquidez	≥ 440%
Viscosidade MARSH 1500 / 1000 da suspensão a 6° em água destilada	≥ 40 seg
Água separada por presso-filtração de 450cm <sup>2</sup> de suspensão a 6% nos primeiros 30 minutos à pressão de 0,7 Mpa	≤ 18cm <sup>2</sup>
pH da água filtrada	7 a 9
Espessura do “cake” no filtro-prensa	≤ 2.5 mm

**A.3 Descrição e características**

A lama é obtida através da mistura da bentonita com água potável, em proporção variável de 25 kg / m<sup>3</sup> a 75 kg / m<sup>3</sup> de água.

Essa variação é função da viscosidade e da densidade que se pretende obter.

Para permitir a adequada hidratação, a lama deve ser preparada pelo menos doze horas antes do uso.

A lama bentonítica, possui as seguintes características importantes:

- a) Estabilidade, produzida pelo fato de a suspensão de bentonita se manter por longo período;
- b) Capacidade de formar nos vazios do solo, e especialmente junto superfície integral à da escavação uma película impermeável “cake” a formação dessa película é possível desde que a pressão da lama bentonítica seja maior que aquela proveniente da água subterrânea. Com isso a estabilidade será garantida pela aplicação da pressão da lama nessa película impermeável;
- c) Ter um comportamento fluído quando agitada, porém capaz de formar um gel quando em repouso, a esta propriedade se dá o nome de propriedade Tixotrópica.

**A.4 Cuidados nos testes**

Tendo em vista que durante a escavação a lama bentonítica é afetada por diversos fatores, torna-se necessário que os testes estabelecidos na tabela A.2 sejam efetuados sempre que a lama for utilizada, antes da escavação (tanque) e antes da concretagem (cava).

Tabela A.2 – Características da lama, verificação de campo

Parâmetro	Valores	Equipamento para ensaio <sup>9</sup>
Peso Específico	1.025 a 1.1 gf/cm <sup>3</sup>	Densímetro
Viscosidade	30 a 90 segundos	Funil MARSH
pH	7 a 11	Papel de tornasol
Teor de Areia	Até 3%	“Baroid Sand Content ou Similar”
Quando necessário podem ser utilizados aditivos para melhorar as características da lama		

<sup>9</sup> Ver detalhes no anexo B - Programa de Ensaios

## Anexo B (Normativo) Programa de ensaios para a lama bentonítica

### B.1 Objetivo

Este anexo estabelece um programa de ensaios para a determinação dos requisitos necessários para a aplicação da lama bentonítica.

Estabelece as fases, locais da amostragem e tipos de ensaios.

Especifica também a aparelhagem necessária e os procedimentos.

### B.2 Requisitos específicos

Devem ser determinados, conforme fases da execução e locais da retirada das amostras, os requisitos seguintes:

- a) Peso específico;
- b) Viscosidade;
- c) PH; e
- d) Teor de areia.

#### B.2.1 Peso específico ou densidade

##### B.2.1.1 Generalidades

A densidade varia com a porcentagem da bentonita na mistura, porém esta variação se dá numa pequena faixa para grandes variações de bentonita.

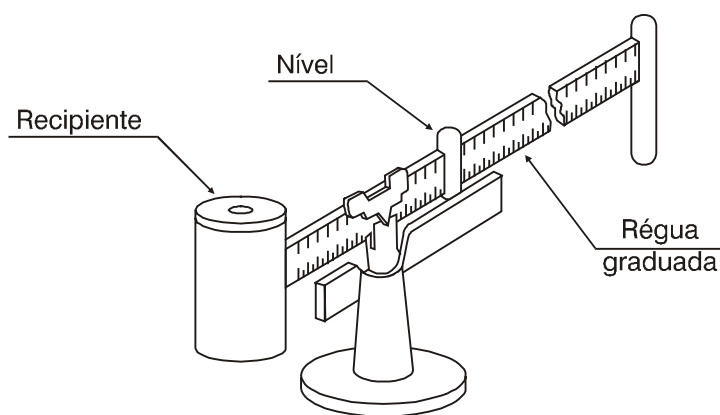
Valores baixos da densidade para a lama podem significar perda da sua estabilidade hidrostática.

##### B.2.1.2 Procedimento e aparelhagem

O ensaio é feito através da “mud balance<sup>10</sup>” do tipo Baroid.

Deve-se:

- a) Encher o recipiente da balança com lama;
- b) Equilibrar a balança com peso móvel (nível); e
- c) Ler na régua graduada o valor da densidade.



Balança de Baroid

Figura B 1- Balança do tipo Baroid

<sup>10</sup> Calibrar, por meios expeditos, a cada nova obra após transporte. Aferir anualmente

## B.2.2 Viscosidade

### B.2.2.1 Generalidades

Lama nova, sem contaminação, possui viscosidade entre 32 segundos a 37 segundos.

### B.2.2.1 Procedimento e aparelhagem

O ensaio de viscosidade é realizado utilizando-se o Viscosímetro tipo MARSH (Cone de MARSH).

Deve-se:

- Passar a lama bentonita por uma peneira de malha 1,5 mm; e
- Medir o tempo, em segundos, necessário para o escoamento (percolação) de 946 cc de lama

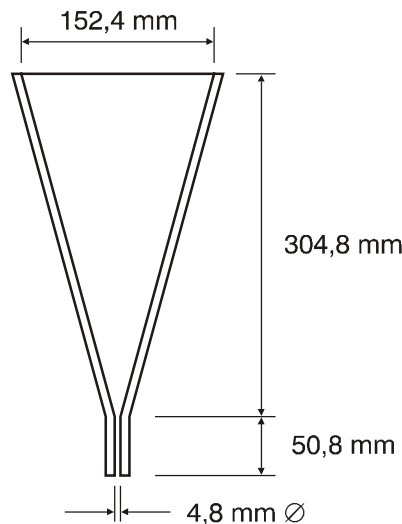


Figura B2 – Viscosímetro March

## B.2.3 pH (Acidez)

### B.2.3.1 Generalidades

O controle do pH é importante já que sua variação poderá significar sérios problemas durante a escavação e concretagem.

Essa variação poderá aumentar o fenômeno de floculação, que se evidencia pelo aparecimento de pequenos conglomerados que precipitam, separando a bentonita da água.

Por tais motivos a faixa aceitável pela NBR 6122 está entre 7 e 11.

As lamas normalmente utilizadas apresentam pH variando de 8 a 10 (alcalinas), e sua variação é consequência da contaminação do cimento ou de sais (face regiões onde ocorrem argilas).

### B.2.3.2 Procedimento e aparelhagem

Para determinação do pH, é utilizado o papel tornasol.

O ensaio consiste na imersão na lama de um papel impregnado de fenol, que em contato com esta reage quimicamente, variando sua coloração, que comparada com uma escala cromática padrão, dá a indicação do pH.

Nota: O aumento do pH indica geralmente contaminação com o cimento do concreto (alcalino), e por outro lado a sua diminuição significa contaminação por argila (ácida).

## B.2.4 Teor de areia

### B.2.4.1 Generalidades

Quantidades elevadas de sólidos na lama influenciam apreciavelmente a densidade, viscosidade, “filtrado e na formação do “cake”, além de produzir um maior desgaste dos equipamentos de escavação.

Na fase de escavação a percentagem de areia poderá atingir valores elevados de 20% a 30%, porém a concretagem deverá ser feita com lama nova ou desarenação dentro das características indicadas na tabela A.2.

### B.2.4.2 Procedimento e aparelhagem

Para determinação do teor de areia é utilizada a seguinte sistemática:

- Colocar numa proveta 100 cc de lama, completando-se com 300 cc de água;
- Agitar fortemente a mistura, despejando-a num recipiente acoplado com uma peneira (malha de 0.075mm);
- Inverter o recipiente, depositando a areia e água na proveta; e
- Esperar a sedimentação, ler na escala graduada da proveta o teor de areia contido na mistura em volume.

## B.3 Amostragem

As amostragens e locais devem estar de acordo com o indicado na tabela B.1

Tabela B.1 – Ensaio da lama

Fase da amostragem	Local da amostragem	Ensaio	Unidades
Antes da escavação	Tanque	Peso específico Viscosidade pH	g / cm <sup>3</sup> segundos ----
Após a escavação Antes da desarenação	Cava	Peso Específico Viscosidade pH Teor de areia	g / cm <sup>3</sup> segundos --- %
Antes da concretagem Após a desarenação	Cava	Peso Específico Viscosidade pH Teor de areia	g / cm <sup>3</sup> segundos ---- %

**Anexo C (Normativo)**  
**Modelo de boletim de acompanhamento da execução**

Relatório De Acompanhamento De Execução De Paredes Diafragma						
Obra:		N.º:		Data:		
Cliente:				Painel n.º:		
Cota da parede guia:			Cota do fundo:			
Cota de arrasamento:			Escavado:			
Concretado:			Não concretado:			
Data			Dimensões			
Início		Término		_____x_____ (mm)		
<b>Cronometragem dos Trabalhos</b>						
Serviços	Datas	Quantidade de horas	Paralisações	Datas	Equipamentos (horas)	
Escavação			Defeito mecânico			
Trepanagem			Falta de parede guia			
Colocação de juntas			Falta de água			
			Falta de armação			
Colocação de armação			Falta de caminhão basculante			
Colocação do tubo trem.			Falta de concreto			
Concretagem			Falta de definição do projeto			
Tempo de cura			Falta de energia			
Retirada de juntas			Por chuva			
<b>Produção</b>		<b>Escavação</b>		<b>Concretagem</b>		
Quantidade executada						
Quantidade acumulada no mês						
Quantidade acumulada na obra						
Observações:						
_____				_____		
Nome do Executor				Assinatura do Executor		

*As informações contidas neste boletim são de responsabilidade da empresa executora.*



## Anexo E (Normativo)

## Modelo de tabela de manutenção periódica para os guindastes

Local	Esteiras				
Sub-local	Rosário	Antes de operar	Substituição inicial	A cada 50h	A cada 200h
Serviço					
	Verificar ruídos estranhos	X			X
	Verificar os parafusos das sapatas				X
<b>Local</b>	Mesa de giro				
<b>Sub-local</b>	Redutor				
	Verificar o nível de óleo e completar		200h		X
	Trocar o óleo	a cada 1000h			
<b>Local</b>	Motor				
<b>Sub-local</b>	Filtro de ar				
	Verificar o indicador de obstrução	X			
<b>Sub-local</b>	Óleo do motor				
	Verificar o nível	X			
<b>Sub-local</b>	Radiador, água e aditivo				
	Verificar o nível	X			
<b>Local</b>	Guinchos				
<b>Sub-local</b>	Geral				
	Verificar os cabos de aço			X	
<b>Local</b>	Outros				
<b>Sub-local</b>	Cabos / chave elétricas				
	Verificar defeitos nos cabos / braçadeiras				X
	Verificar os soquetes machos e fêmeas				X
	Verificar o nível da solução			X	
<b>Sub-local</b>	Espelho				
	Verificar o nível de reflexão	X			

---

---

**Anexo F (Informativo)**  
**Listagem sintética**

**Documentos**

- Relatório das sondagens;
- Projeto das paredes diafragma;
- Boletins de controle da escavação; e
- Boletins de controle da concretagem.

**Equipamentos, acessórios e ferramentas**

- Clam-shell e guindaste principal;
- Guindaste auxiliar;
- Central de lama:
  - Bombas de sucção ou submersas;
  - Tanques de lama;
  - Tanques de água; e
  - Misturadores.
- Desarenador;
- Laboratório de campo;
- Funil de concretagem;
- Tubo de concretagem ou tremonha;
- Limpador de junta;
- Chapa espelho;
- Conjunto tubo junta ou chapa junta;
- Cabo de medida; e
- Amostrador ou coletor de amostra.

**Equipe**

- 1 engenheiro supervisor;
- 1 encarregado;
- 1 operador de diafragmadora;
- 1 operador de guindaste auxiliar;
- 2 especialistas;
- 2 ajudantes gerais;

**Materiais**

- Aço;
- Concreto;
- Agregados; e
- Bentonita.

**Laboratório de campo**

- Densímetro “mud balance” do tipo Baroid;
- Viscosímetro do tipo “March”;
- Provetas e papéis de tornasol; e
- Balança.