

## SUMÁRIO

- 1 Objetivo
  - 2 Referências normativas
  - 3 Definições
  - 4 Etapas preliminares
  - 5 Recepção e armazenagem das geomembranas
  - 6 Preparação das superfícies
  - 7 Instalação
  - 8 Relatório de entrega
- Anexo A Tabelas do ensaio não destrutivo de pressurização  
Anexo B Modelos de relatórios de entrega

## 1 OBJETIVO

Esta recomendação visa dar subsídios aos projetistas para a especificação da instalação de geomembranas termoplásticas como barreira em sistemas de controle e desvio de fluxo (impropriamente chamado impermeabilização), em obras geotécnicas ou de proteção ambiental, com o objetivo de garantir a qualidade da obra como um todo.

## 2 REFERÊNCIAS NORMATIVAS

Recomenda-se consultar:

- Projeto de revisão NBR 12553:2002 - Geossintéticos – Terminologia.
- Projeto de revisão NBR 12592:2002- Geossintéticos - Identificação para fornecimento.
- NBR 12593:1992 – Geotêxteis: Amostragem e preparação de corpos de prova – Procedimento.
- ASTM D 413:1998 – Standard Test Methods for Rubber Property – Adhesion to Flexible Substrate, EUA.
- ASTM D 638:1991 – Standard Test Method for Tensile Properties of Plastics, EUA.

- ASTM D 3083:1989 – Specification for Flexible Poly(Vinyl Chloride) Plastic Sheeting for Pond, Canal, and Reservoir Lining, EUA.
- ASTM D 4437:1984 (Reapproved 1988) – Standard Practice for Determining the integrity of Field Seams Used in Joining Flexible Polymeric Sheet Geomembranes, EUA.
- ASTM D 6392:1999 – Standard Test Method for Determining the Integrity of Non-reinforced Geomembranes Seams Procuded Using Thermo-Fusion Methods, EUA.
- GRI Test Method GM 6:1999 – Geosynthetic Research Institute – Drexel University – Pressurizes Air Channel Test for Dual Seamed Geomembranes, EUA.
- GRI Test Method GM 13:2000 – Geosynthetic Research Institute – Drexel University – Test Properties, Testing Frequency and Recommended Warrant for High Density Polyethylene (HDPE) Smooth and Textured Geomembranes, EUA.
- GRI Test Method GM 17:2000 – Geosynthetic Research Institute – Drexel University – Test Properties, Testing Frequency and Recommended Warrant for Linear Low Density Polyethylene (LLDPE) Smooth and Textured Geomembranes, EUA.
- GRI Test Method GM 19:2002 – Seam strength and related properties of thermally bounded polyolefin geomembranas, EUA.
- NSF 54:1993 – Flexible Membrane Liners – National Sanitation Foundation, EUA.
- Richtlinie DVS 2225Teil 4:1996 Schweißen Von Dichtungsbahnen ans Polyethylen (PE) für die Abdichtung Von Deponien und Altlasten” – Deutscher Verband für Schweisstechnik E.V., Alemanha.

## 3 DEFINIÇÕES

Para os efeitos desta Recomendação são adotadas as definições da NBR 12553 e as dos itens 3.1 a 3.10.

### 3.1. Conceitos básicos

**3.1.1. Tipos de obras:** Para efeito de classificação definem-se três tipos de obras:

Tipo I: Obras nas quais falhas na barreira causam danos ambientais ou patrimoniais relevantes.

Tipo II: Obras de risco intermediário entre os tipos I e III.

Tipo III: Obras nas quais falhas na barreira não causam danos ambientais e possam ser facilmente reparadas.

**3.1.2. Sistemas de revestimento polimérico para controle e desvio de fluxo:** são barreiras constituídas por mantas poliméricas de baixíssima condutividade hidráulica, denominadas geomembranas, utilizadas para controlar e desviar o fluxo de líquidos e gases e impedir a contaminação dos meios adjacentes, no caso de resíduos e efluentes.

**3.1.3. Tipos de revestimento para sistemas de controle e desvio de fluxo:**

3.1.3.1. Sistemas simples: quando constituídos por uma única barreira (geomembrana, p. ex.).

3.1.3.2. Sistemas compostos: quando constituídos por duas ou mais barreiras (geomembrana e argila compactada, p. ex.) justapostas e atuando solidariamente em toda a extensão do sistema.

3.1.3.3. Sistemas duplos: quando constituídos por duas barreiras (geralmente geomembranas) com um sistema drenante interposto.

**3.1.4. Controle de qualidade de fabricação e de instalação:** conjunto

de procedimentos e ensaios realizados pelo fabricante e pelo instalador, de acordo com as normas técnicas pertinentes, que garantem a boa qualidade dos produtos e dos serviços de instalação.

Nota: As recomendações GRI Test Method GM 13:2000 e GM17:2000 (item 2) são, no momento, adotadas internacionalmente para o controle de qualidade de fabricação.

**3.1.5. Garantia de qualidade de fabricação e de instalação:** Conjunto de atividades programadas para verificar se o produto fabricado, o material recebido e os serviços de instalação estão sendo realizados conforme as normas técnicas pertinentes e as especificações do projeto executivo.

**3.1.6. Projeto básico do revestimento para controle e desvio de fluxo:** O projeto básico estabelece a concepção da obra como um todo, indicando as solicitações físico-químicas e mecânicas que atuarão na barreira e os tempos de solicitação, considerando a fase de instalação, construção e operação, especificando as condições e os requisitos que os elementos da barreira deverão satisfazer, de modo à corretamente orientar a escolha dos produtos a serem aplicados.

**3.1.7. Projeto executivo do revestimento para controle e desvio de fluxo:** O projeto executivo detalha todos os itens estabelecidos no projeto básico, definindo: a especificação da geomembrana selecionada, o plano de instalação, os critérios de aceitação da obra, o detalhamento das ancoragens, interferências e outros, as recomendações construtivas e os cuidados na operação e manutenção da obra revestida.

**3.1.8. Especificação:** Documento no

qual são descritas as propriedades necessárias para o desempenho pretendido, as funções e as condições específicas de uso da geomembrana.

**3.1.9. Responsabilidade do instalador:** O instalador deve executar todas as etapas da instalação da geomembrana de acordo com as especificações do projeto executivo e com as normas ou recomendações técnicas pertinentes.

**3.2. Sistema de ancoragem**  
Sistema que assegura a fixação da geomembrana contra o escorregamento, durante a vida útil da obra.

**3.3. Ancoragem provisória**  
Elementos móveis para fixação provisória da geomembrana durante a instalação, constituídos por materiais que não a danifiquem, como por exemplo, sacos preenchidos com areia ou solos finos.

**3.4. Painel**  
Elemento de uma bobina ou proveniente da união de bobinas, na fábrica ou na obra antes do posicionamento, com forma geométrica pré-definida no projeto executivo.

**3.5. Modulação**  
Fracionamento da área a ser revestida, definida no projeto executivo, de modo a facilitar a operacionalidade da colocação dos painéis e visando a qualidade da instalação. Devem ser considerados, entre outros, o peso e o volume dos painéis, a seqüência executiva e emendas, quinas e interferências.

**3.6. Interferências**  
Elementos que interrompem a continuidade da geomembrana, como por exemplo, tubos, colunas e caixas.

**3.7. Fator de Redução**

Fatores a serem aplicados às propriedades características da geomembrana, para a estimativa das propriedades funcionais, considerando as condições de solicitação de campo durante a vida útil da obra.

**3.8. Plano de Instalação**  
Contempla a qualificação e a quantificação da geomembrana, a modulação indicando a numeração dos painéis, as etapas e os ensaios de controle de qualidade da instalação.

Nota: A modulação pode ser modificada durante a instalação, em função de peculiaridades não previstas no projeto e de dificuldades que inviabilizem a execução da modulação proposta.

**3.9. Tipos de Emenda**

**3.9.1. Geomembranas Poliolefinicas** (PEAD – polietileno de alta densidade, PP – polipropileno, PEBDL – polietileno de baixa densidade linear, .....)

**3.9.1.1. Solda por termo-fusão:** União por aquecimento das faces dos painéis a serem emendados, obtida por transferência de calor por suflamento de ar ou cunha metálica.

**3.9.1.2. Solda por aporte de material (extrusão):** Deposição na borda sobreposta do painel, de um filete extrudado a partir de um cordão ou de grânulos do mesmo polímero componente dos painéis da geomembrana.

**3.9.2. Geomembranas de PVC – policloreto de vinila**

**3.9.2.1. Solda por termo-fusão:** União por aquecimento das faces dos painéis a serem emendados, obtida por transferência de calor por suflamento de ar ou cunha metálica.

**3.9.2.2. Solda química:** União entre dois painéis mediante o ataque químico das superfícies provocado por um solvente volátil que leva à fusão entre as partes, com auxílio de

pressão mecânica.

Nota: Não confundir solda química com colagem, processo no qual há incorporação de um adesivo na emenda.

**3.9.2.3. Solda por alta frequência:** União entre dois painéis mediante a interação molecular causada por alta frequência.

**3.9.2.4. Vedação por emulsão:** Vedação complementar para garantir a estanqueidade da solda, fazendo-se a deposição na borda sobreposta do painel de uma pasta preparada a partir do polímero dissolvido, componente dos painéis.

**3.9.3. Emenda mecânica:** União entre dois painéis, de polímeros diferentes ou não, em situações especiais, efetuada mediante a fixação de barras/perfis metálicos ou plásticos e elementos de fixação (parafusos, porcas, etc.) nas suas extremidades.

**3.10. FTB (Film Tear Bond)**  
Em ensaios destrutivos de solda, é a condição em que uma das geomembranas soldadas (superior ou inferior) rompe por rasgamento e a solda permanece intacta, ou seja, a geomembrana rompe antes da solda.

## 4 ETAPAS PRELIMINARES A INSTALAÇÃO

**4.1. Projeto básico**

**4.1.1. Para a especificação da geomembrana no projeto básico** devem ser levadas em consideração as solicitações físico-químicas, mecânicas e características de difusão que a geomembrana deve satisfazer, assim como os tempos de solicitação a que a mesma estará submetida, considerando as fases de instalação e vida útil da obra.

**4.1.2. O projeto básico deve contemplar:**

- a) A concepção do sistema de revestimento;
- b) Aspectos geotécnicos como: as características do local e suas singularidades, eventuais contaminações anteriores, a capacidade de suporte do solo de apoio, a estabilidade dos taludes e dos revestimentos (sistemas de proteção, drenagem e cobertura);
- c) A presença de fluxo por elevação do lençol freático ou por gases e líquidos provenientes de contaminações anteriores;
- d) Nas obras tipo I e II (item 3.1.1), as características dos resíduos, efluentes ou percolados a serem armazenados, avaliando: a sua periculosidade, os elementos que poderão causar interações prejudiciais e a sua concentração máxima, a partir de caracterização criteriosa realizada por especialistas;
- e) As características ambientais locais.

**4.1.3. O projeto básico deve definir:**

- a) A geometria da área a ser revestida;
- b) O tipo, a quantidade e a posição das interferências (ver item 3.6), as quais deverão ser as mínimas possíveis;
- c) Os diversos sistemas drenantes para a captação e condução dos fluidos ou gases sob e sobre a geomembrana, na cobertura e na periferia da área revestida;
- d) Nas obras tipo I e II (item 3.1.1), as características de difusão que a geomembrana deve satisfazer;
- e) Nas obras tipo I e II (item 3.1.1), os tempos de duração das solicitações considerando as fases de instalação e vida útil da obra;
- f) Nas obras tipo I e II (item 3.1.1), as solicitações físico-químicas e mecânicas a que a geomembrana estará submetida;
- g) Os fatores de redução correspondentes, quando necessários.

**4.1.4. O projeto básico deve especificar:**

a) As propriedades da geomembrana e dos demais geossintéticos e materiais envolvidos, quanto às solicitações de instalação e de vida útil da obra.

Nota: No caso de apoio em camada de argila compactada, deve indicar a faixa granulométrica da argila a ser utilizada, de modo a evitar partículas que possam danificar ou punccionar a geomembrana.

#### 4.2. Projeto executivo

**4.2.1.** O projeto executivo indica a qualificação e a quantificação da geomembrana escolhida incluindo o tipo de polímero e a espessura de acordo com a finalidade da obra. Deve indicar ainda: as recomendações de recebimento da geomembrana na obra, as condições de verificação da conformidade do produto, as condições de armazenamento da geomembrana, as características a serem verificadas no controle de qualidade da instalação, os equipamentos mínimos necessários, os cuidados durante a instalação da geomembrana e da execução da obra, o critério de aceitação da obra e as condições de operação e manutenção, relacionadas a geomembrana. O projeto executivo deve apresentar, no mínimo, as informações dos itens 4.2.2 a 4.2.10.

**4.2.2. Características básicas:** Especificação da geomembrana a ser utilizada, modulação dos painéis e sistema de ancoragem.

**4.2.3. Quantidade total de geomembrana:** A quantidade total de geomembrana a ser utilizada deve considerar inclusive os comprimentos de ancoragem, a sobreposição nas emendas (traspasse) e interferências e as perdas na modulação (cantos e quinas, por exemplo).

**4.2.4. Detalhes:** O projeto executivo

deve especificar as uniões com as interferências e outros detalhes pertinentes.

**4.2.5. Critérios para assegurar a qualidade da instalação:** Devem ser indicados os critérios qualitativos e quantitativos a serem utilizados para verificar:

- a) a qualidade do material recebido
- b) as etapas de instalação
- c) as emendas de fábrica e/ou de campo
- d) os critérios de aceitação e de monitoramento da obra.

**4.2.6. Temperatura:** O projeto executivo deve fazer recomendações sobre os intervalos de temperatura ideais para a instalação da geomembrana, considerando que em função de seu coeficiente de dilatação e da temperatura ambiente ela pode sofrer retração considerável. Recomenda-se que a instalação e solda dos painéis sejam feitas nos períodos de menor temperatura de modo a reduzir as solicitações de tração por retração e evitar soldas em painéis com rugas.

**4.2.7. Vento:** O projeto executivo deve fazer recomendações sobre a necessidade do uso das ancoragens temporárias no intervalo de tempo entre a colocação, a realização das emendas e da ancoragem definitiva, para que não ocorra levantamento da geomembrana pelo vento.

**4.2.8. Regime de chuvas:** O projeto executivo deve levar em consideração o regime de chuvas da região onde será instalada a geomembrana e recomendar que se deve evitar a instalação neste período, alertando para os possíveis riscos de erosão dos taludes a serem revestidos, assim como da elevação do nível freático.

**4.2.9. Trânsito de veículos:** Caso não

seja possível a construção de rampa de acesso, o projeto executivo deve prever vias de circulação e planejar o lançamento de uma camada de proteção para a geomembrana, de tal forma que o equipamento avance sobre a camada já colocada. O avanço de veículos nos taludes deve ser sempre ascendente, mas se não for possível, o projeto deve verificar a estabilidade da geomembrana para avanço descendente (peso do equipamento e ausência de cunha passiva).

**4.2.10. Presença de animais:** Quando há animais na região da área que será impermeabilizada, o projeto executivo deve recomendar o cercamento e/ou prever proteção mecânica para a geomembrana.

**4.2.11. Nas obras tipo I e II (item 3.1.1),** o projeto executivo deve também:

- 4.2.11.1. Indicar as características mínimas da geomembrana escolhida. Como sugestão recomenda-se: Densidade, Espessura Nominal, Resistência à Tração na ruptura e no escoamento e respectivos alongamentos, Resistência ao Puncionamento, Ensaios que identifiquem as características relevantes para a finalidade do projeto, por exemplo, resistência química e ao intemperismo.
- 4.2.11.2. Estabelecer os critérios e ensaios para o Controle de Qualidade de recebimento e aceitação da geomembrana.
- 4.2.11.3. Estabelecer os critérios e ensaios para o Controle de Qualidade da instalação, inclusive a frequência dos ensaios destrutivos e não destrutivos.

**Nota 1:** Em função do tipo e da responsabilidade da obra, deve ser recomendado que as propriedades da geomembrana sejam comprovadas pelo cliente, após o seu recebimento na obra,

através de ensaios realizados por laboratório independente, segundo as normas da ABNT, ou outras adotadas internacionalmente.

**Nota 2:** Outros procedimentos que substituam ou que complementem as recomendações acima, ficam a critério do projetista.

## 5 RECEPÇÃO E ARMAZENAGEM DAS GEOMEMBRANAS

### 5.1. Recebimento

Cada lote de bobinas ou painéis, recebido na obra, deve estar identificado de acordo com a norma NBR 12592.

### 5.2. Certificados de qualidade

Cada lote de bobinas ou painéis recebidos na obra deve estar acompanhado do certificado de qualidade de fabricação da geomembrana fornecido pelo fabricante.

Nota: O objetivo do certificado de qualidade é comprovar que o produto recebido atende as especificações requeridas no projeto.

### 5.3. Descarregamento das bobinas ou painéis

O descarregamento na obra deve ser feito, de preferência, por empilhadeiras ou equipamento equivalente, como caminhões "Munck", tratores com pá, etc., os quais permitam o seu içamento e a movimentação segura. O içamento deverá ser efetuado utilizando-se, por exemplo, cintas de poliéster, içando-os através de no mínimo dois pontos de sustentação, para evitar deformações. Não se devem usar cabos e/ou cintas metálicos. Quando não houver disponibilidade de equipamentos adequados para movimentação, podem-se utilizar pranchas de madeira, encostadas no caminhão,

funcionando como um plano inclinado; e, através de cintas e/ou cordas não metálicas, efetuar o rolamento das bobinas ou dos painéis da carroceria do caminhão até o chão ou o local da estocagem.

#### 5.4. Inspeção visual externa das bobinas ou painéis

É recomendável inspecionar visualmente a parte externa do material recebido na obra. O exterior deve estar livre de perfurações, bolhas, cortes ou rachaduras.

#### 5.5. Superfície de armazenamento

As bobinas ou os painéis devem ser colocados sobre tabladados de madeira ou sobre um colchão de areia, para evitar o contato direto com o solo, sendo que a superfície deve ser plana, lisa e livre de pedras e materiais pontiagudos que possam danificar a geomembrana. Deve-se evitar o armazenamento próximo a agentes químicos e fontes de calor.

#### 5.6. Empilhamento

Devem ser seguidas as recomendações do fabricante que acompanham o produto, conforme indica a NBR 12592. Na falta destas recomendações é aconselhável o empilhamento em no máximo três níveis de bobinas ou de painéis.

#### 5.7. Encunhamento

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

Nota: No caso de armazenamento sobre colchão de areia, o travamento pode ser feito por pequenos diques laterais da própria areia.

#### 5.8. Posicionamento

As bobinas e painéis devem ser armazenados considerando-se a ordem de retirada, conforme a modulação prevista, e o processo de abertura dos mesmos.

#### 5.9. Deslocamento e manuseio

O deslocamento das bobinas ou dos painéis na obra, assim como o seu manuseio devem seguir as recomendações citadas no item 5.3 (descarregamento).

#### 5.10. Proteção

Recomenda-se proteger as bobinas e painéis das intempéries e da ação dos raios solares, evitando a exposição ao calor excessivo, que pode causar alterações irreversíveis no produto.

## 6 PREPARAÇÃO DAS SUPERFÍCIES

### 6.1. Superfície de apoio

**6.1.1.** A preparação da superfície de apoio deve ser executada previamente, de acordo com as especificações do projeto executivo.

**6.1.2.** No caso de sistemas compostos geomembrana / solo compactado, a superfície de apoio (fundo e taludes da escavação) deve estar nivelada, compactada e isenta de qualquer tipo de material contundente, depressões e mudanças

abruptas de inclinação do terreno não previstas no projeto. Recomenda-se promover a limpeza da superfície imediatamente antes da colocação da geomembrana. Em sistemas simples, a superfície de apoio deve ter as características mecânicas exigidas pelo projeto, além de estar nivelada e isenta de qualquer tipo de material contundente, depressões e mudanças abruptas de inclinação do terreno ou receber uma camada de proteção de

um geossintético ou solo de granulometria fina, desde que não seja solo orgânico.

**6.1.3.** Recomenda-se que a colocação da geomembrana seja realizada imediatamente após os serviços de preparação da superfície de apoio para evitar a deterioração do terreno produzida por chuva, vento, perda de umidade do solo e trânsito local.

**6.1.4.** Toda a superfície deve ser cuidadosamente inspecionada imediatamente antes da colocação da geomembrana, verificando se as condições dos itens 6.1.1 e 6.1.2 foram cumpridas.

### 6.2. Ancoragem

#### 6.2.1. Em canaletas escavadas e reaterradas

**6.2.1.1.** As canaletas de ancoragem devem ser executadas previamente, porém com um mínimo de defasagem da colocação da geomembrana, para evitar a diminuição da sua seção por desbarrancamento dos lados, pelo efeito da chuva ou do trânsito local.

**6.2.1.2.** As canaletas devem ser escavadas nas dimensões indicadas no projeto executivo, sendo recomendados os seguintes valores mínimos: distância da borda do talude de 60 cm, largura de 30 cm e profundidade de 30 cm, conforme ilustra a Figura 1. Estes valores devem ser função da altura e da inclinação do talude.

#### 6.2.2. Em superfícies de concreto

**6.2.2.1. Com perfil e parafuso:** A geomembrana pode ser colocada diretamente sobre o concreto ou sobre uma esponja de neoprene de célula fechada, aderida à superfície do concreto por meio de adesivo apropriado para neoprene. A fixação da geomembrana no concreto pode ser feita por meio de um perfil metálico

ou de plástico, preso ao concreto através de parafusos com porca, rebite ou fixação especial.

**6.2.2.2. Com perfil do próprio polímero parcialmente embutido no concreto:** A geomembrana deve ser soldada a um perfil pré-fabricado, do mesmo polímero da geomembrana, embutido no concreto na ocasião da construção da estrutura, conforme ilustra a Figura 2.

Nota: No caso do PEAD, a solda da geomembrana no perfil, deve ser por extrusão.

### 6.3. Interferências

As interferências com tubos, caixas de entrada / saída e com outras superfícies devem ser tratadas como sugerem os esquemas apresentados nas Figuras 3 a 6, ou de forma similar, desde que seja garantida uma perfeita vedação.

## 7 INSTALAÇÃO

### 7.1. Superfície

Imediatamente antes do início da instalação da geomembrana, devem ser verificadas as condições da superfície de apoio (item 6.1) e das canaletas de ancoragem (6.2.1).

### 7.2. Registro dos trabalhos de instalação

Deve ser registrado, em forma de relatórios toda a seqüência executiva: o número, a localização e a data de colocação de cada painel e o "as built" diário de toda a geomembrana instalada, conforme ilustra a Figura 7.

### 7.3. Abertura e posicionamento da geomembrana

**7.3.1.** Os painéis devem ser posicionados de acordo com a sua numeração e seqüência previstas no projeto executivo. Quando os painéis são as próprias bobinas, a abertura

deve ser iniciada a partir da crista dos taludes e feita, de preferência, mecanicamente. Os painéis constituídos pela emenda de várias bobinas na fábrica devem ser posicionados conforme estabelecido no projeto, e a partir daí é que deve ser iniciada a sua abertura.

**7.3.2.A** geomembrana deve ser aplicada no sentido da máxima inclinação do talude.

**7.3.3.A** geomembrana deve ser posicionada de forma a ter o mínimo possível de rugas ou ondas.

**7.3.4.** Devem ser previstas ancoragens temporárias como sacos de areia, p.ex., que não causem danos a geomembrana, para evitar o levantamento dos painéis pelo efeito do vento.

**7.3.5.** Antes do início da solda os traspases devem estar limpos e isentos de umidade.

**7.3.6.** Caso seja inevitável o trânsito de veículos sobre a geomembrana instalada, deve ser prevista uma proteção, que pode ser feita, p.ex., com um geotêxtil espesso ou ser executada através de uma via de

circulação, de tal forma que o equipamento avance sobre a camada já colocada.

**7.3.7** Todo cuidado deve ser tomado para evitar danos causados por queda de objetos ou movimentação de pessoas sobre a manta. Nenhum objeto deve ser posicionado sobre a manta sem proteção e os soldadores devem utilizar calçados especiais.

**7.4. Emendas**

**7.4.1.** As emendas devem sempre ser executadas no sentido da máxima inclinação do talude, conforme ilustram as Figuras 8, 9, 10 e 11.

**7.4.2.** Nos cantos e interseções o número de soldas deve ser minimizado, seguindo os critérios indicados na Figura 9.

**7.4.3.** É recomendável não realizar emendas horizontais ao longo do talude. Caso seja inevitável, recomenda-se que a emenda não esteja localizada na parte superior do talude e nem a uma distância menor que 15 cm do seu pé. No fundo, a emenda deve estar a uma distância de 1,50 m do pé do talude, conforme ilustram as Figuras 8, 9, 10 e 11.

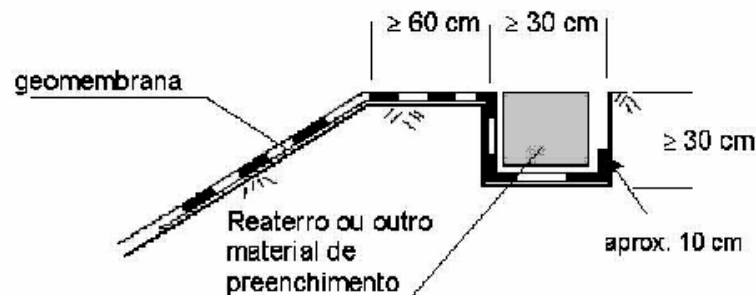


Figura 1 Exemplo de ancoragem em canaleta (dimensões mínimas).

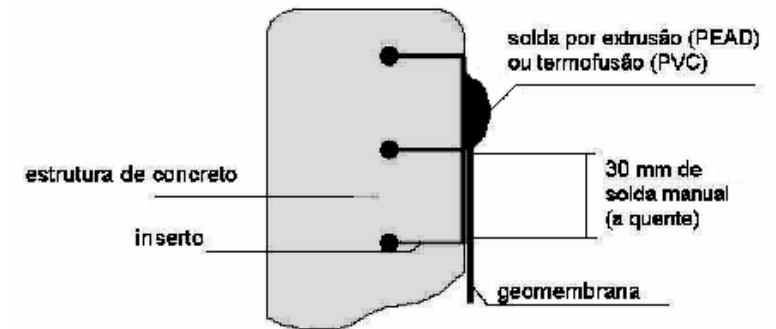


Figura 2 Exemplo de ancoragem de geomembrana em estrutura de concreto.

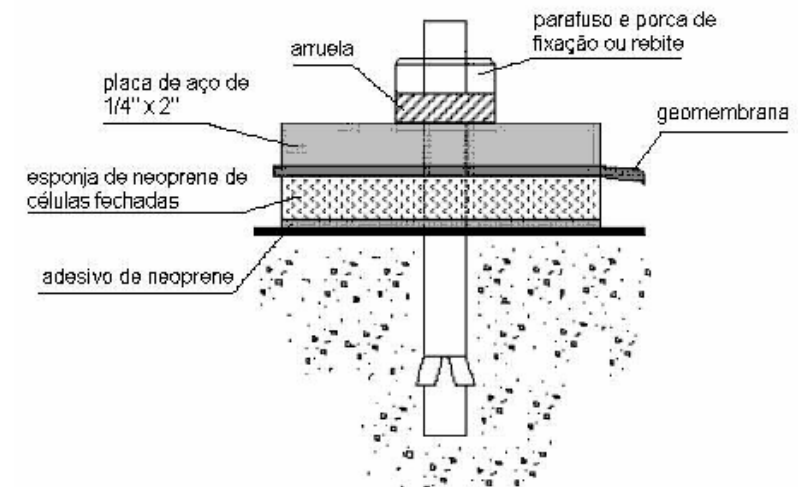


Figura 3 Exemplo de fixação da geomembrana à base de concreto.

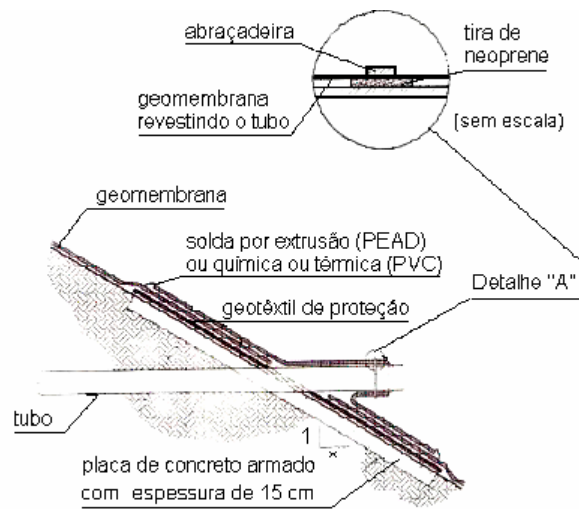


Figura 4 Exemplo de conexão tubo x geomembrana.

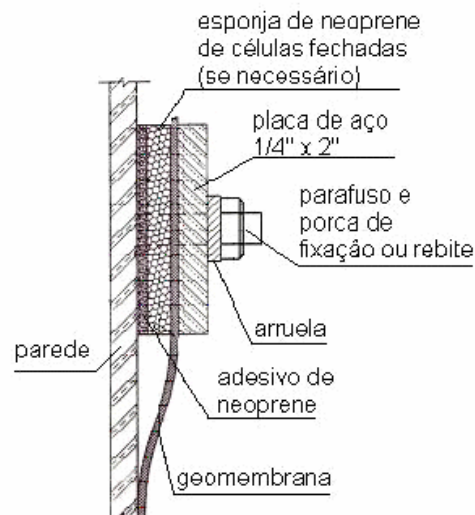


Figura 5 Exemplo de aplicação de geomembrana em paredes.

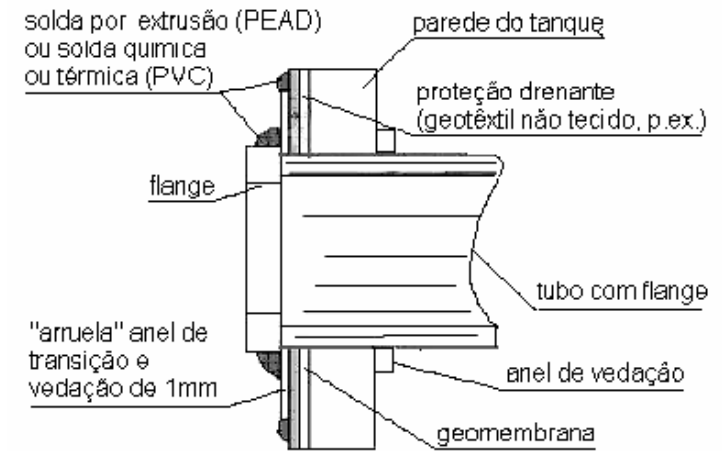


Figura 6 Exemplo de detalhe de interseção com o tubo.

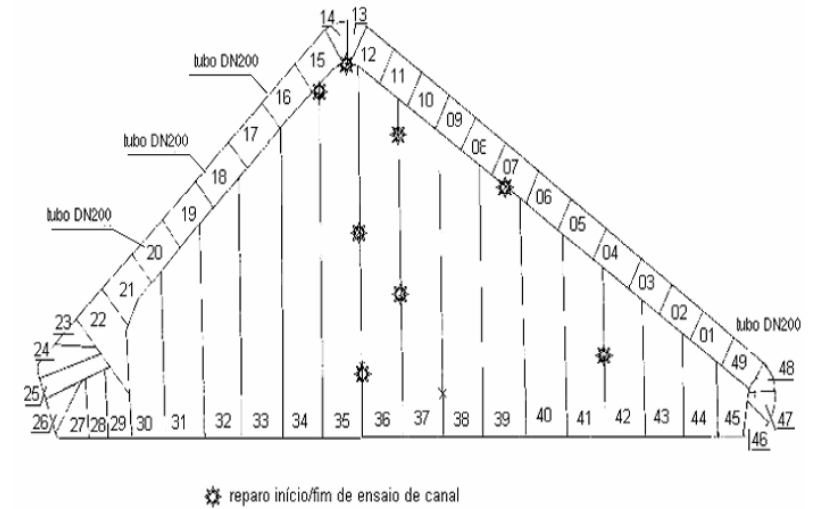


Figura 7 Exemplo de "as built" (modulação, interferências e reparos).

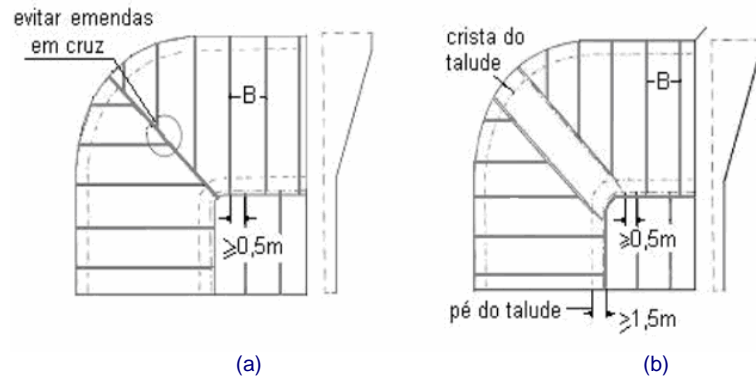


Figura 8 Exemplo de disposição dos painéis para um talude longo (>15m).

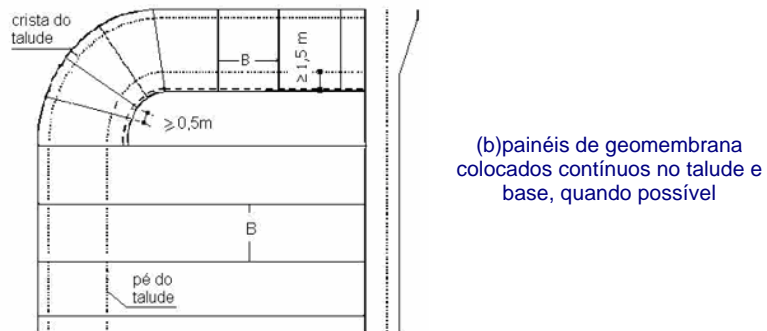
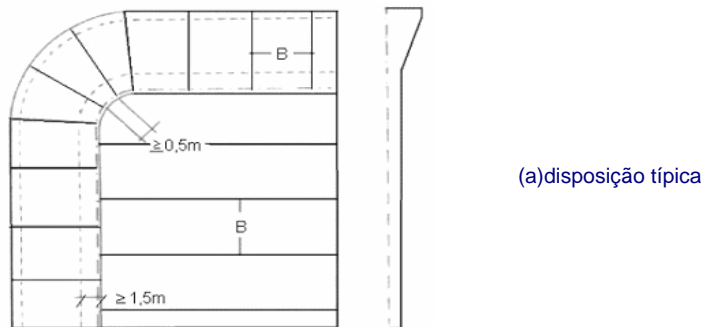


Figura 9 Exemplo de disposição dos painéis para um talude pequeno (<15m).

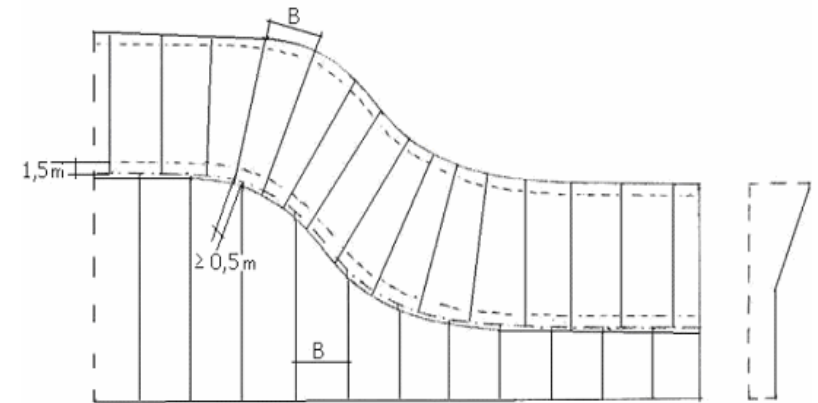


Figura 10 Exemplo de disposição em curva.

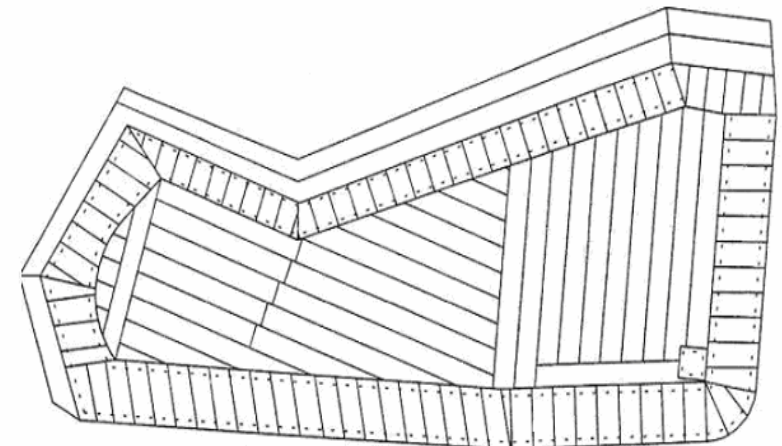


Figura 11 Exemplo de modulação em valas e lagoas irregulares.

**7.4.4. Traspases** Os traspases entre painéis a serem emendados devem ser de aproximadamente 10 cm para soldas por termo-fusão, 7,5 cm, no mínimo, para soldas por extrusão, nas geomembranas de PEAD ou 15 cm para soldas químicas, nas de PVC.

**7.4.5. Teste de avaliação das soldas**

7.4.5.1. As máquinas de solda por termo-fusão e o processo de soldagem devem ser testados 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), através de testes que avaliem as soldas executadas em tiras da geomembrana nas mesmas condições das soldas dos painéis.

7.4.5.2. Os testes das soldas devem ser feitos em tiras de aproximadamente 1,0 m de comprimento por 0,30m de largura, com a solda centrada ao longo do comprimento. O traspasse deve seguir as recomendações do item 7.4.4.

7.4.5.3. Dois corpos de prova da tira soldada para teste devem ser cortados, para serem ensaiados no tensiômetro de obra, com o objetivo de verificar sua resistência ao cisalhamento e ao descolamento. Esses corpos de prova devem ter uma ruptura tipo FTB (ver item 3.10). Caso haja ruptura da solda, todo o teste deverá ser refeito e a máquina de solda e o respectivo operador não devem ser aceitos até que as deficiências sejam corrigidas e duas soldas teste sejam executadas com sucesso.

**7.4.6.** Quando durante a soldagem por termofusão o traspasse apresentar rugas ou ondas, também chamadas de “bocas de peixe”, estas deverão ser cortadas de modo a tornar plana a área

para passagem da máquina. Caso as áreas cortadas fiquem com traspases inadequados, estes deverão receber “manchões” com formato oval ou redondo, da mesma geomembrana aplicada, soldados a ela por extrusão, no caso de geomembranas de PEAD, ou solda química, no caso de geomembranas de PVC, com tamanho de no mínimo 15 cm além da área cortada.

**7.4.7** Todo cruzamento de solda por termofusão deverá ter uma solda por extrusão nas geomembranas de PEAD ou uma vedação por emulsão nas de PVC, para a garantia da estanqueidade naquele ponto. O traspasse superior da geomembrana deve ser cortado na área que receberá a solda por extrusão e a nova solda deve ser paralela a anterior.

**7.5 Verificação da estanqueidade global para obras tipo I e II**

**7.5.1 Ensaios não destrutivos:** Todas as soldas devem 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.

7.5.1.1 Ensaio de Vácuo: Executado nas soldas por extrusão, nas geomembranas de PEAD ou nas vedações por emulsão nas de PVC. Consiste em submeter todo o cordão de solda, em tramos de aproximadamente 50 cm, a uma pressão de - 20 kPa aplicada no interior de uma caixa transparente, com vedação de neoprene no contato com a geomembrana, colocada sobre a solda previamente molhada com água e sabão. Verifica-se a formação ou não de bolhas de sabão durante 10 segundos após a aplicação da sucção sob a pressão de ensaio. Se não

houver formação de bolhas após esse período de tempo, move-se a caixa transparente para a área adjacente, sempre deixando um traspasse mínimo de 7,5 cm com a mesma. As áreas onde houver a formação de bolhas devem ser marcadas e reparadas.

**7.5.1.2 Ensaio da Faísca Elétrica:** Utilizado em pontos onde não é possível a realização do ensaio de vácuo, tais como em superfícies irregulares ou curvas. Para a realização deste ensaio, coloca-se ao longo da borda do traspasse superior um arame fino condutor, de diâmetro menor que a espessura da geomembrana, de modo que, quando a solda por extrusão for realizada este fique no seu interior. Um dispositivo semelhante a uma escova metálica, conectada a uma fonte de 20 kV, deve então ser guiado lentamente, por um operador, por sobre e ao longo da linha de solda. Qualquer falha será detectada pela emissão de uma faísca elétrica.

**Nota:** Uma geomembrana condutiva pode ser usada para facilitar a execução do ensaio da solda, dispensando a colocação do arame condutor.

**7.5.1.3. Ensaio de Pressurização:** É executado no espaço livre entre as duas linhas de solda por cunha quente ou ar quente, através de um equipamento capaz de suprir e sustentar uma pressão de 70 a 205 kPa, a qual depende da espessura e da rigidez da geomembrana. Realiza-se o ensaio da seguinte forma:

- a) Selam-se os dois extremos da linha de solda;
- b) Coloca-se, em um dos extremos do canal, um dispositivo no qual insere-se uma agulha conectada a uma válvula com manômetro, e injeta-se ar até alcançar uma pressão entre 70 e 205 kPa, de acordo com a espessura e a rigidez da geomembrana, conforme tabelas do Anexo A;
- c) Espera-se dois minutos

aproximadamente, para que haja estabilização do sistema e faz-se a leitura do manômetro;

d) Aguarda-se por um período de cinco minutos, e faz-se uma segunda leitura do manômetro. A máxima queda de pressão, que também é relacionada à espessura e a rigidez da geomembrana, deve ser de 14 a 35 kPa, conforme tabelas do Anexo A. Caso a perda seja superior, a solda terá que ser reparada.

**7.5.1.4 Ensaio de jato de Ar:** Quando a solda é constituída por uma só linha e, pelas condições locais, não for possível testá-la pelo ensaio de vácuo nem pelo ensaio da faísca elétrica, pode-se testá-la através do ensaio de jato de ar. Este ensaio deve ser executado com muita atenção, para não causar danos à geomembrana, uma vez que o ar é insuflado por um orifício de 5 mm de diâmetro a uma pressão de aproximadamente 350 kPa.

**7.5.1.5 “Spark Test”:** é utilizado para verificar os painéis, quanto à possibilidade de haver furo ocasionado por queda de objetos durante a instalação, ocorridos durante o transporte ou oriundos de defeitos de fabricação. O “Spark Test”, também conhecido por “Holiday Detector” é constituído por uma fonte de baixa amperagem e alta tensão (20 a 100 kV), em função da espessura da geomembrana. Ligados a fonte há um fio terra e uma haste com uma escova ou barra metálica na ponta, a qual é passada lentamente pelo operador sobre toda a extensão dos painéis instalados. A geomembrana funcionará como isolante entre o solo e a haste metálica e qualquer descontinuidade será detectada por uma faísca, acompanhada de um aviso sonoro “bip”.

**7.5.2. Ensaios Destrutivos:** Devem ser feitos para avaliar estatisticamente a qualidade das soldas, em corpos de prova de 2,54 cm de largura por 15 cm

de comprimento. Estes ensaios devem seguir, por exemplo, as recomendações das normas ASTM D 6392, D 4437, D 413, D 3083, D 638 e GM19 (GRI), e atender a duas propriedades básicas, definidas em 7.4.2.1 e 7.4.2.2.

**7.5.2.1. Resistência ao Cisalhamento:** Ensaio que consiste em submeter o corpo de prova, com a geomembrana superior presa a uma das garras do tensiômetro e a inferior presa a outra garra, a um esforço de cisalhamento direto a uma velocidade que depende do tipo de polímero da geomembrana, e registrar a sua máxima resistência e o local onde ocorreu a ruptura.

Nota: esta propriedade é verificada segundo a norma ASTM D 3083, modificada segundo o apêndice A da recomendação NSF 54. O critério de aceitação recomendado pela GM 19: 2002 é que dos resultados dos ensaios realizados em cinco corpos de prova, os valores de quatro deles sejam iguais ou superiores aos valores apresentados nas suas tabelas, os quais representam 95% da tensão de escoamento da geomembrana. O quinto corpo de prova deve ter pelo menos 80% do valor obtido nos outros quatro c.p.

**7.5.2.2. Resistência ao Descolamento:** Neste ensaio o corpo de prova é preso às garras do tensiômetro do mesmo lado da solda, de forma a tentar abri-la.

Nota 1 Esta propriedade é, por exemplo, verificada segundo a norma ASTM D 413 modificada, segundo o apêndice A da recomendação NSF 54. O critério de aceitação recomendado pela GM 19: 2002 é que dos resultados dos ensaios realizados em cinco corpos de prova, os valores de quatro deles sejam iguais ou superiores aos valores apresentados nas suas tabelas, os quais representam 62% da tensão

de escoamento da geomembrana. O quinto corpo de prova deve ter pelo menos 80% do valor obtido nos outros quatro c.p.

Nota 2: Todas as amostras devem romper por rasgamento da geomembrana FTB (Film Tear Bond).

**7.5.3. Outros Ensaios:** Dependendo da responsabilidade da obra poderão ser efetuados outros ensaios, como por exemplo, lâmina d'água ou enchimento, para a verificação da estanqueidade global.

## 8 CONTROLE DA QUALIDADE DA INSTALAÇÃO

O instalador deverá comprovar a qualidade dos serviços de instalação da geomembrana através da apresentação das planilhas do registro dos trabalhos de instalação, item 7.1, para obras dos tipos I e II (item 3.1.1), e dos relatórios dos ensaios não destrutivos e destrutivos realizados durante os serviços, conforme modelo do relatório de entrega, Anexo B.

## 9 FISCALIZAÇÃO PARA OBRAS TIPO I E II

A fiscalização deve verificar todas as etapas da instalação, ao mesmo tempo em que são realizadas, checando se satisfazem as especificações de projeto e as normas pertinentes. Sugere-se que a fiscalização verifique, no mínimo, os seguintes itens:

- Condições da superfície de apoio
- Colocação e modulação dos painéis
- Ancoragem temporária
- Ancoragem definitiva
- Equipamentos necessários para soldas:

-tipo e condições da máquina automática de termo-fusão

- tipo e condições da extrusora
- tipo e condições do soprador de ar quente
- outros
- f) Equipamentos de ensaios de controle de qualidade
  - Kit canal de ar
  - Kit ensaio de vácuo
  - Kit ensaio faísca elétrica
  - Spark Test
  - Tensiômetro
- g) Soldas por termo-fusão com máquina automática
- h) Soldas com extrusora
- i) Soldas químicas
- j) Soldas de alta frequência
- l) Reparos (por danos diversos, por eliminação de rugas, por parada de máquina, etc.)
- m) Acabamentos em interferências (tubos, parades, extravasores, tec.)
- n) Cruzamento de soldas
- o) Elaboração do "as built" (esquema da

- modulação, interferências e reparos)
- p) Preenchimento das planilhas
- q) Preenchimento do diário de obra

## 10 RELATÓRIO DE ENTREGA PARA OBRAS DO TIPO I E II

10.1 "As built" de toda a área revestida, contendo além da modulação, a localização de todas as interferências e reparos

10.2. Planilhas da modulação

10.3. Planilhas do controle das soldas

10.4. Planilhas de todos os ensaios não destrutivos e destrutivos do controle de qualidade.

ANEXO A - TABELAS DO ENSAIO NÃO DESTRUTIVO DE  
PRESSURIZAÇÃO

Tabela A.1 Pressão de Ar para Geomembranas de PEAD Lisas e Texturizadas (GM 6 – GRI)

Espessura	Pressão Mínima	Pressão Máxima
1,0	165	205
1,5	185	205
2,0	205	205
2,5	205	205

Tabela A.2 Pressão de Ar para Geomembranas de PEBDL Lisas e Texturizadas, de PVC, de PP e outras Geomembranas Flexíveis (GM 6 – GRI)

Espessura (mm)	Pressão Mínima (kPa)	Pressão Máxima (kPa)
0,5	70	140
0,75	105	170
1,0	140	200
1,25	170	240
1,5	170	240

Tabela A.3 Máxima Queda de Pressão para Geomembranas de PEAD Lisas e Texturizadas (GM 6 – GRI)

Espessura (mm)	Queda Máxima de Pressão durante 5 minutos ( kPa)
1,0	28
1,5	21
2,0	14
2,5	14

Tabela A.4 Máxima Queda de Pressão para Geomembranas de PEBDL Lisas e Texturizadas, de PVC, de PP e outras Geomembranas Flexíveis (GM 6 – GRI)

Espessura (mm)	Queda Máxima de Pressão durante 5 minutos ( kPa)
0,5	35
0,75	35
1,0	27
1,25	27
1,5	20

ANEXO B MODELOS DE RELATÓRIOS DE ENTREGA

B.1 Diário de Obra

LOGOTIPO		DIÁRIO DE OBRA		
INSTALADORA		FEIRA ( ) SÁBADO ( ) DOMINGO	Data	PÁGINA Nº
OBRA:		Proprietário:	Tempo:	
Item	Ocorrências	OBSERVAÇÕES DA FISCALIZAÇÃO		
PARALIZAÇÃO		RESPONSÁVEL DA CONTRATADA		
DURAÇÃO:				
MOTIVO:		RESPONSÁVEL DA FISCALIZAÇÃO		

B.2 Planilha de colocação e medição da geomembrana

PLANILHA DE COLOCAÇÃO E MEDIÇÃO DA GEOMEMBRANA ]						LOGOTIPO
CLIENTE:						ESPESSURA:
OBRA:						
REVESTIMENTO DE:						
Data	Painel	Bobina Nº	Compr.painel m	Área painel m²	Total instalado no dia m²	Observações
Total instalado :						



