

INUNDAÇÃO

**Índice**

|  | Página |
|--|--------|
| <b>1.0 ESCOPO</b> .....  | 3      |
| 1.1 Riscos .....   | 3      |
| 1.2 Alterações .....   | 4      |
| <b>2.0 RECOMENDAÇÕES PARA PREVENÇÃO DE PERDAS</b> .....  | 4      |
| 2.1 Introdução .....   | 4      |
| 2.2 Construção e localização .....   | 5      |
| 2.2.1 Seleção do local para a nova construção .....  | 5      |
| 2.2.2 Gerenciamento do terreno e do escoamento de água da chuva .....  | 5      |
| 2.2.3 Elevação de toda a unidade .....   | 7      |
| 2.2.4 Elevação de edificações individuais e equipamentos importantes .....   | 7      |
| 2.2.5 Redução de danos em novas edificações não construídas acima dos níveis<br>de inundação .....   | 8      |
| 2.2.6 Redução de danos em edificações e equipamentos existentes .....  | 8      |
| 2.3 Ocupação .....   | 15     |
| 2.4 Proteção .....   | 16     |
| 2.5 Equipamentos e processos .....   | 16     |
| 2.6 Utilidades .....   | 17     |
| 2.7 Elétrica .....   | 17     |
| <b>3.0 SUPORTE PARA RECOMENDAÇÕES</b> .....  | 18     |
| 3.1 Evite zonas de inundação .....   | 18     |
| 3.2 Mapas e dados de inundações .....  | 18     |
| 3.2.1 Os diques não eliminam a ameaça .....  | 20     |
| 3.2.2 Estudos de inundação específicos da unidade .....  | 20     |
| 3.2.3 Estudos de rompimento de proteções contra inundação .....  | 21     |
| 3.3 Estratégia para compreender o potencial de inundação .....   | 21     |
| 3.4 Compreensão das fontes de inundação e suas características .....   | 21     |
| 3.4.1 Fontes de inundação .....  | 22     |
| 3.4.2 Características das inundações .....   | 25     |
| 3.5 O impacto de inundações .....  | 27     |
| 3.6 Compreensão de todas as soluções possíveis; construção ou reforma em áreas propensas<br>a inundação: é necessária uma estratégia ..... | 27     |
| 3.6.1 Borda livre é uma consideração essencial no projeto .....  | 29     |
| 3.7 Seleção de barreiras para proteção das aberturas de edificações .....  | 29     |
| 3.7.1 Comportas permanentemente montadas .....   | 30     |
| 3.7.2 Comportas que requerem montagem .....  | 35     |
| 3.8 Barreiras perimetrais temporárias distantes de edificações .....   | 39     |
| 3.8.1 Balões com água .....  | 39     |
| 3.8.2 Recipientes rígidos/moldados cheios de água ou areia .....   | 40     |

|  |           |
|--|-----------|
| 3.8.3 Recipientes flexíveis cheios de cascalho ou areia .....                  | 41        |
| 3.8.4 Paredes contra inundação posicionáveis sem fundações .....               | 42        |
| 3.8.5 Ensacadeiras de tecido impermeável .....                                 | 43        |
| 3.9 Paredes contra inundação sob medida, posicionáveis e semipermanentes ..... | 44        |
| <b>4.0 REFERÊNCIAS .....</b>   | <b>45</b> |
| 4.1 FM Global .....  | 45        |
| 4.2 Outros .....   | 45        |
| 4.2.1 Alguns padrões reconhecidos de dique e muro contra inundação .....       | 46        |
| <b>ANEXO A GLOSSÁRIO DE TERMOS .....</b>                                       | <b>46</b> |
| <b>ANEXO B HISTÓRICO DE REVISÕES DO DOCUMENTO .....</b>                        | <b>46</b> |

### Figuras

|   |    |
|---|----|
| Fig. 1. Esquema para redução de danos em unidades existentes por meio de uma solução híbrida .....    | 10 |
| Fig. 2. Comporta pivotante com um único ponto de pivotamento .....                                    | 30 |
| Fig. 3. Comporta do tipo articulada armazenada no chão, parcialmente posicionada .....                | 31 |
| Fig. 4. Comporta articulada do tipo portão, parcialmente posicionada .....                            | 31 |
| Fig. 5. Comporta rolante, já posicionada .....  | 32 |
| Fig. 6. Comporta com fechamento vertical, mostrada na posição de armazenagem .....                    | 33 |
| Fig. 7. Barreira automática contra inundação .....  | 34 |
| Fig. 8. Proteção contra abertura de janelas .....   | 35 |
| Fig. 9. Três elementos de bloqueio posicionados em uma porta de acesso .....                          | 36 |
| Fig. 10. Abertura grande protegida por elementos de bloqueio com suporte intermediário .....          | 36 |
| Fig. 11. Comporta deslizante, mostrada na posição de armazenagem ao lado da porta de acesso .....     | 37 |
| Fig. 12. Tampa de alçapão para túnel vertical .....   | 39 |
| Fig. 13. Balões com água; também pode ser necessário revestimento com filme plástico .....            | 40 |
| Fig. 14. Recipientes rígidos/moldados cheios de água ou areia .....                                   | 41 |
| Fig. 15. Recipientes rígidos/moldados cheios de água ou areia .....                                   | 41 |
| Fig. 16. Recipientes flexíveis cheios de cascalho ou areia .....                                      | 42 |
| Fig. 17. Paredes contra inundação posicionáveis sem fundações .....                                   | 43 |
| Fig. 18. Ensacadeiras de tecido impermeável sem estrutura rígida; a água mantém o tecido aberto ..... | 44 |
| Fig. 19. Ensacadeiras de tecido impermeável com estrutura rígida .....                                | 44 |
| Fig. 20 Paredes contra inundação sob medida, posicionáveis e semipermanentes .....                    | 45 |

### Tabelas

|  |    |
|--|----|
| Tabela 1. Limites de velocidade para erosão .....  | 6  |
| Tabela 2. Probabilidade de inundação pelo menos uma vez ao longo da vida útil da unidade ..... | 19 |
| Tabela 3. Tipos e características de inundações .....  | 26 |

## 1.0 ESCOPO

Esta norma técnica fornece recomendações para prevenção e mitigação de perdas por inundação e escoamento de água de chuva. A prevenção e mitigação de inundações é uma abordagem fundamentada em soluções permanentes e ações emergenciais. As soluções incluem comportas e barreiras, bombas de drenagem de inundação, impermeabilização, energia elétrica emergencial, transferência permanente de equipamentos, sistemas de defesa contra inundação, etc. As soluções permanentes são preferíveis, sempre que possível.

Orientações detalhadas sobre o projeto de proteção contra inundação para locais sujeitos à ação direta de ondas associada a inundações costeiras estão fora do escopo deste documento. Evite construir em áreas como essa. Forças associadas à ação direta de ondas representam um desafio para a integridade das edificações, a menos que as edificações e os terrenos (incluindo as fundações), sejam adequadamente projetados. Cada área costeira é única e requer uma compreensão profunda das questões geotécnicas e dos impactos dinâmicos de ondas e ventos.

Também estão fora do escopo deste documento projeto, inspeção e manutenção de barragens e diques. Consulte a Norma Técnica 10-2, *Emergency Response*, para obter informações sobre planos de resposta a emergências de inundação.

Esta norma técnica não indica como localizar ou interpretar mapas ou informações sobre inundações.

## 1.1 Riscos

Inundações podem ocorrer em locais adjacentes a corpos de água, em áreas normalmente secas e distantes de fontes de inundação, ou a partir de uma combinação de exposições. Para os fins desta norma técnica, as exposições a inundações foram agrupadas nas seguintes categorias:

A. Inundação fluvial ou ribeirinha: transbordamento de rios, lagos, canais de drenagem construídos ou cursos de água menores devido a chuvas pesadas a montante, derretimento de neve e rompimentos de barragens.

B. Inundação de leque aluvial: inundação que ocorre em locais na base de áreas com encostas íngremes; quando deixa a área escarpada, a água se espalha em leque pelas áreas planas de forma aleatória.

C. Inundação costeira: oceanos, baías, estuários e rios afetados por águas costeiras que transbordam devido a altas anormais da maré, tempestades costeiras, ventos fortes ou tsunamis. Não é incomum que áreas interiores ao longo de rios sejam afetadas por efeitos de variação de marés; por exemplo, no Rio Tâmisa, na Inglaterra, ou no Rio Yangtzé, na China, as inundações costeiras podem influenciar os rios por 100 km e 200 km, respectivamente, a partir da foz.

D. Inundação por água de chuva: as inundações por água de chuva são causadas pelo acúmulo de água da chuva em áreas pavimentadas e de terra antes que ela entre em um córrego, rio, corpo de água ou sistema de drenagem construído. As inundações por água de chuva muitas vezes ocorrem devido a drenagem inadequada ou insuficiente, sistemas de drenagem sobrecarregados e projetos inadequados de paisagismo e construção. Outro termo para inundação por água de chuva é inundação por água de superfície.

É importante notar que os tipos de inundação acima podem se combinar durante as ocorrências de inundação. Rios costeiros e estuários podem ser afetados por inundações fluviais devido a chuvas a montante e tempestades costeiras. Uma inundação nessas áreas pode ocorrer unicamente devido a chuvas a montante, a uma tempestade costeira ou a uma combinação desses dois eventos. Outro exemplo de inundação mista é um evento que pode ser exacerbado por uma inundação por água de chuva que ocorra ao mesmo tempo que uma inundação fluvial ou costeira.

Quando a água da inundação entra em uma edificação, ela não só danifica a própria estrutura e seu conteúdo, como também pode deixar os produtos em processo ou estocados na unidade manchados, enferrujados e deformados. A água de inundação também pode prejudicar o funcionamento de equipamentos. Painéis de distribuição elétrica e equipamentos eletrônicos podem precisar de grandes reparos ou mesmo de substituição. A água pode inundar áreas rebaixadas e permanecer no local após o recuo da inundação. A interrupção do negócio pode variar de alguns dias a mais de um ano, dependendo da profundidade da água, da duração da inundação, do impacto das ondas ou da velocidade da água, e da sensibilidade da ocupação a danos por água.

Uma unidade que não seja projetada adequadamente para minimizar os efeitos de uma inundação sofrerá perdas mais dispendiosas e frequentes, e talvez até mesmo uma perda de grandes dimensões que poderá afetar a participação no mercado e os resultados financeiros da empresa por muitos anos.

## 1.2 Alterações

Julho de 2023. Revisão provisória. Foram realizadas pequenas alterações editoriais.

## 2.0 RECOMENDAÇÕES PARA PREVENÇÃO DE PERDAS

### 2.1 Introdução

Inundações podem ser causadas pelo transbordamento de corpos de água (rios, córregos, oceanos, baías, lagos, canais, etc.) ou resultar do acúmulo de água de chuva em áreas normalmente secas. Proteger uma unidade contra os efeitos negativos de uma inundação, no entanto, não trata simplesmente de posicioná-la fora de zonas conhecidas de inundação; layouts de unidades e projetos de edificação inadequados podem criar uma exposição a inundações por água de chuva em qualquer local. Além disso, inundações fora da unidade podem bloquear rotas de acesso, além de interromper utilidades essenciais.

Se uma unidade estiver localizada em uma zona de inundação, o desafio de gerenciar o risco de inundação é muito maior. Os objetivos, então, passam a ser garantir que:

- A. as operações possam continuar sem interrupções; e
- B. a unidade tenha o mínimo possível de danos físicos.

Esses objetivos podem ser atingidos com o desenvolvimento de uma estratégia de mitigação de inundações em toda a unidade que aborde o layout geral, os sistemas elétricos e mecânicos e as utilidades vitais e aplique essa estratégia durante todas as fases do ciclo de vida da unidade, inclusive projeto e construção. Embora a eficácia do estabelecimento de uma estratégia de mitigação de inundações seja maior durante as fases de projeto e construção, as soluções práticas de mitigação incluídas nesta norma técnica podem ser bastante eficazes para locais existentes.

É importante reconhecer que a prevenção e mitigação de inundações é uma estratégia sistêmica para proteger o patrimônio e a continuidade do negócio. Esta seção contém recomendações que podem ser implementadas individualmente ou em combinação. A eficácia da prevenção e mitigação de inundações muitas vezes exigirá a aplicação simultânea e sistemática de várias recomendações de maneira oportuna (consulte a Seção 3.4 e a Tabela 3).

Use produtos certificados pela FM Approvals sempre que forem aplicáveis e estiverem disponíveis. Para uma lista de produtos certificados pela FM Approvals, consulte o *Approval Guide*, um recurso online da FM Approvals ([www.approvalguide.com](http://www.approvalguide.com)).

## 2.2 Construção e localização

### 2.2.1 Seleção do local para a nova construção

A seleção do local apropriado é a melhor solução para evitar os efeitos de inundações. Selecionar o local correto é muito mais simples do que projetar uma instalação localizada em uma zona de inundação para resistir aos efeitos de tais eventos.

2.2.1.1 Selecione um local onde toda a unidade e todas as rotas de acesso (ferroviárias, rodoviárias, marítimas, etc.) estejam fora de zonas de inundação de 0,2% de excedência anual (intervalo de recorrência de 500 anos) tanto em elevação quanto em projeção de área. Verifique se os estudos de inundação do local selecionado estão atualizados solicitando que um hidrólogo qualificado revise o estudo e os dados de inundações recentes.

2.2.1.2 Selecione um local para a edificação que esteja acima da elevação de inundação prevista de 0,2% de excedência anual (500 anos) e inclua de 0,3 a 0,6 m (1 a 2 ft) de borda livre. O local da edificação deve estar a pelo menos 152 m (500 ft) de impactos diretos de ondas e/ou altas velocidades de escoamento de água (ou seja, acima de 2 m/s [7 fps]).

2.2.1.3 Selecione um local que não esteja em uma área protegida por um dique ou outros trabalhos de controle de inundação construídos pelo homem.

2.2.1.4 Assegure que serviços elétricos e de comunicações, água potável e de processo, tratamento de efluentes, suprimentos de vapor, etc. obtidos de locais externos não sejam afetados durante inundações em suas próprias áreas. Se essa garantia não foi possível, estabeleça fontes alternativas como reserva.

### 2.2.2 Gerenciamento do terreno e do escoamento de água da chuva

É necessário um projeto apropriado do sistema de gerenciamento de águas pluviais em todos os locais da unidade para garantir que não seja criada uma exposição a inundações ou que uma inundação não seja agravada pelo layout, pela inclinação, pelo sistema de gerenciamento de águas pluviais, etc.

2.2.2.1 Assegure que os sistemas de drenagem novos ou existentes tenham capacidade de escoar ou estocar a vazão induzida por chuvas de intervalo de recorrência de 100 anos sem causar danos patrimoniais.

Como os sistemas de águas pluviais são projetados para períodos de recorrência baixa (de 5 a 25 anos), o acúmulo de água na superfície durante uma precipitação de recorrência de 100 anos é aceitável, desde que não haja danos patrimoniais e a bens importantes.

A duração da chuva de recorrência de 100 anos do projeto é selecionada para maximizar a inundação da unidade (a duração crítica da chuva é a combinação do pico de intensidade com a duração da chuva que causa a inundação máxima para um determinado período de recorrência). O direcionamento abaixo da superfície (tubulação de drenagem) e a capacidade de vazão por terra podem ser usados para armazenar e direcionar o escoamento de água de chuva para longe de bens importantes.

2.2.2.2 Assegure que o sistema de gerenciamento de águas pluviais da unidade utilize uma classificação suficiente para direcionar a vazão prevista de água de chuva ou neve derretida para longe de edificações, armazenagens externas e equipamentos.

2.2.2.3 Assegure que o escoamento de água de chuva originário de áreas fora da unidade esteja incluído no plano de gerenciamento de água local da unidade.

2.2.2.4 Se for essencial o direcionamento de acúmulos de água na unidade ou de águas pluviais, assegure que ele seja configurado de forma que a água não invada nem entre em contato com

edificações, armazenagem externa ou equipamentos. Todos os possíveis pontos de entrada de água, portas, janelas e canais de tubulação que entram na estrutura da edificação devem estar pelo menos 0,15 m (6 in) acima dos trajetos de escoamento por terra ou dos níveis de acúmulo de água com recorrência de 100 anos. Considere uma borda livre maior se houver risco de bloqueio dos drenos de entrada ou de retorno do sistema de drenagem.

2.2.2.5 Use os recursos costumeiros de projeto de drenagem para limitar a erosão do solo e evitar velocidades de escoamento excessivamente altas. A Tabela 1 lista os limites de velocidade para erosão dos materiais comuns.

2.2.2.6 Use grades, coletores de detritos, guias, etc. para proteger a entrada de todos os drenos e sistemas de drenagem de águas pluviais contra obstruções por detritos.

2.2.2.7 Não use materiais de paisagismo, como lascas de madeira, agulhas de pinheiro, etc., que possam ser deslocados facilmente pela água da chuva. Eles podem obstruir ou entupir sistemas de drenagem, bacias coletoras, galerias de escoamento ou canais de superfície.

*Tabela 1. Limites de velocidade para erosão*

| <i>Material da margem</i> | <i>Velocidade média do canal</i> |             |
|---------------------------|----------------------------------|-------------|
|                           | <i>m/s</i>                       | <i>ft/s</i> |
| Lama arenosa              | 0,61                             | 2           |
| Barro                     | 1,83                             | 6           |
| Cascalho                  | 1,83                             | 6           |
| Terra gramada             | 1,83                             | 6           |
| Arenito                   | 2,44                             | 8           |
| Rocha sólida              | 6,10                             | 20          |

2.2.2.8 Não posicione edificações, armazenagens externas ou equipamentos de proteção contra incêndio dentro de caminhos naturais de fluxo de drenagem de águas pluviais, como córregos ou valas.

2.2.2.9 Assegure que muros, cercas e paisagismo não direcionem a água para edificações, armazenagens externas ou equipamentos de proteção contra incêndio.

2.2.2.10 Instale uma válvula de retenção equipada com válvulas de bloqueio manuais em ambos os lados em linhas de descarga de efluentes que se conectam a sistemas de esgoto combinado (efluentes e escoamento de água de chuva), linhas de drenagem direcionadas a áreas expostas a inundação e outras áreas com histórico de retorno. Além disso, instale uma linha de desvio (*bypass*) da válvula de retenção e uma válvula de bloqueio normalmente fechada nas linhas de drenagem para esgoto combinado a fim de permitir a manutenção.

2.2.2.11 Modifique os sistemas com histórico de obstruções, sobrecarga ou inundação de edificações a fim de evitar recorrências.

2.2.2.12 Para sistemas de águas pluviais em áreas desertas ou nas quais o levantamento de terra e/ou areia pelo vento possa ser um problema, inclua no projeto a possibilidade de perda parcial ou total da capacidade de escoamento da tubulação.

2.2.2.13 Separe a drenagem bombeada de porões da água da chuva por meio de válvulas de retenção ou outros dispositivos a fim de evitar refluxo durante uma chuva intensa.



## 2.2.3 Elevação de toda a unidade

Se não for possível atender às recomendações da Seção 2.2.1, Seleção do local, o risco de inundação poderá ser muito reduzido com a elevação dos níveis do terreno.

2.2.3.1 Eleve toda a unidade de forma que ela fique acima da elevação de inundação prevista de 0,2% de excedência anual (500 anos). Inclua uma borda livre de 0,3 a 0,6 m (1 a 2 ft).

2.2.3.2 Não eleve o terreno em áreas sujeitas a escoamentos de velocidade alta ou moderada (acima de 2 m/s [7 fps]). Se isso não puder ser evitado, providencie proteção contra erosões projetada por um engenheiro qualificado.

2.2.3.3 Projete o material de enchimento para que ele seja estável se for exposto à ação de inundação, inclusive elevação e rebaixamento rápidos, inundação prolongada, sulcos de lavagem e erosões.

2.2.3.4 Assegure que a unidade, terrenos e fundações sejam projetados por um engenheiro civil ou estrutural certificado e qualificado, que tenha experiência anterior com condições geotécnicas e de carga relacionadas a inundações.

2.2.3.5 Assegure que as propriedades geotécnicas usadas no projeto de fundação (por exemplo, resistência a cisalhamento ou atrito, pressão ativa e passiva, assentamento) sejam baseadas em capacidades estruturais reduzidas associadas ao nível de inundação e à ação da água de inundação.

2.2.3.6 Siga todas as recomendações da Seção 2.2.2, Gerenciamento do terreno e do escoamento de água de chuva.

## 2.2.4 Elevação de edificações individuais e equipamentos importantes

Se não for possível atender às recomendações da Seção 2.2.1, Seleção do local, ou 2.2.3, Elevação de toda a unidade, o risco de inundação de edificações e equipamentos específicos poderá ser reduzido drasticamente projetando-os para estarem acima da elevação da inundação.

2.2.4.1 Projete edificações, armazenagens externas e equipamentos (sejam de propriedade da unidade ou de uma concessionária pública) para estarem acima da elevação de inundação prevista de 0,2% de excedência anual (500 anos) usando fundações ou estruturas elevadas. Inclua uma borda livre de 0,3 a 0,6 m (1 a 2 ft).

2.2.4.2 Projete fundações, edificações e estruturas externas para suportar a elevação de inundação prevista de 0,2% de excedência anual (500 anos) para que resistam à erosão causada por altas velocidades de fluxo de água. Inclua uma borda livre de 0,3 a 0,6 m (1 a 2 ft).

2.2.4.3 Não construa fundações em áreas sujeitas a escoamentos de velocidade alta ou moderada (acima de 2 m/s [7 fps]). Se isso não puder ser evitado, providencie proteção contra erosões projetada por um engenheiro qualificado.

2.2.4.4 Evite estreitar, redirecionar ou alterar o curso da água na unidade. Se isso não puder ser evitado, um engenheiro especializado em hidráulica deverá assegurar que a estabilidade ou capacidade hidráulica do curso da água não seja reduzida.

2.2.4.5 Projete e construa estruturas que resistam adequadamente a todas as cargas e condições relacionadas a inundações, inclusive cargas hidrostáticas, cargas hidrodinâmicas, ação de ondas, impacto de detritos, massas de gelo flutuantes, obstruções por gelo e detritos, elevação e rebaixamento rápidos das águas de uma inundação, liquefação do solo, consolidação e acomodação do solo, sedimentação, deslizamentos de lama e erosões e sulcos de lavagem induzidos por ondas

e relacionados a inundações. Considere a erosão no longo prazo, ao longo da vida útil do projeto da estrutura, ao determinar os efeitos de inundações no projeto de edificações e fundações.

2.2.4.6 Assegure que as considerações do projeto também levem em conta outras cargas aplicáveis (por exemplo, gravidade e vento) que atuarão sobre a estrutura simultaneamente à inundação.

2.2.4.7 Considere todas as combinações de carga apropriadas ao analisar cargas de inundação para ações, inclusive desmoronamento, deslizamento, solapamento (erosão e sulcos de lavagem) e empuxo (forças de flutuação).

2.2.4.8 Use combinações de cargas, fatores de carga e fatores de resistência segundo especificado em códigos e normas vigentes. Quando os códigos locais não especificarem combinações de cargas com cargas de inundação, use as combinações de cargas das edições mais recentes da norma ASCE 7 do Código Internacional de Construção dos EUA (IBC). No entanto, em hipótese alguma use fatores de carga de inundação inferiores a 1,3 para resistência mecânica ou 1,0 para tensão admissível.

2.2.4.9 Siga todas as recomendações da Seção 2.2.2, Gerenciamento do terreno e do escoamento de água de chuva.

2.2.4.10 Mantenha um engenheiro civil/estrutural certificado e qualificado, que tenha experiência anterior com condições geotécnicas e de carga relacionadas a inundações, para projetar edificações, estruturas e trabalhos de proteção (por exemplo, paredes contra inundação, muros de retenção, anteparos, diques, barragens, canais e desvios).

## 2.2.5 Redução de danos em novas edificações não construídas acima dos níveis de inundação

Se as recomendações das Seções 2.2.1, 2.2.3 ou 2.2.4 não puderem ser atendidas, siga as recomendações desta seção para reduzir o impacto de inundações.

2.2.5.1 Assegure que os andares mais baixos das edificações sejam construídos com a máxima elevação possível. Os níveis de inundação de 0,2% de excedência anual (500 anos) não são atingidos em todos os eventos; portanto, aumentar a elevação do andar mais baixo da edificação reduzirá a quantidade de perdas por inundação.

2.2.5.2 Use materiais de construção e acabamento que minimizem danos e acelerem a limpeza. Use materiais que garantam que paredes possam ser facilmente limpas, secas e higienizadas. Por exemplo, paredes de concreto serão mais fáceis de restaurar do que paredes com isolamento de fibra de vidro e placas de gesso. Pisos com revestimento cerâmico sofrerão menos danos do que os de madeira. Portas de metal e vidro sofrerão menos danos do que as de madeira.

2.2.5.3 Projete paredes externas e pontos de entrada de edificações de forma a manter a água do lado de fora o máximo de tempo possível, sem depender de ações humanas (como o fechamento de comportas). Não instale acessos que comprometam a integridade (e também a integridade) das barreiras; instale rampas ou escadas que passem por cima das barreiras.

2.2.5.4 Siga todas as recomendações da Seção 2.2.2, Gerenciamento do terreno e do escoamento de água de chuva.

## 2.2.6 Redução de danos em edificações e equipamentos existentes

Para implementar uma mitigação de inundações bem-sucedida, deve haver um sistema ou uma série de ações de melhoria para impermeabilizar o perímetro de uma unidade, as edificações e as áreas selecionadas dentro de uma edificação ou em equipamentos. Essas ações incluem fechamento de aberturas, impermeabilização de paredes, vedação de passagens em paredes e instalação dos



seguintes componentes certificados pela FM Approvals: bombas de drenagem de inundação, válvulas de bloqueio, válvulas de retenção, etc. Não abordar adequadamente todos os pontos de entrada de água pode levar a danos por inundação.

## A. Proteção da unidade

Esse conceito envolve defesas contra inundação permanentes e projetadas em todo o perímetro de uma unidade por meio de muros contra inundação, barragens, comportas, elevação de terrenos, etc., ou uma combinação desses métodos.

Bombas de drenagem de inundação devem ser consideradas para reduzir a possibilidade de que acúmulos de água de chuva, infiltrações ou outros corpos de água criem um risco de inundação no perímetro.

## B. Proteção de edificações

Esse conceito envolve proteger o perímetro exposto de uma edificação contra inundação a fim de reduzir essa exposição. Paredes, pisos, aberturas, portas de acesso, respiros e passagens do perímetro da edificação (inclusive em áreas rebaixadas) são tratados por meio de uma combinação de barreiras contra inundação, bombas de drenagem de inundação, válvulas de retenção e outros produtos de proteção contra inundação instalados permanente ou temporariamente. As paredes (inclusive em áreas rebaixadas) e os pisos devem ser impermeáveis ou melhorados.

## C. Proteção parcial de edificações

Esse conceito envolve proteger uma parte de uma edificação contra inundação. Isso permite a entrada de água na edificação, mas protege as áreas importantes a fim de reduzir as perdas e agilizar a recuperação. Ele pode incluir a proteção de um canto externo de uma edificação juntamente com duas paredes internas, uma parede externa e três paredes interiores ou uma sala que tenha apenas paredes interiores. Há várias combinações.

## D. Proteção de equipamentos, linhas de produção e/ou armazenagem

Esse conceito envolve proteger equipamentos, linhas de produção ou áreas de armazenagem específicos contra inundação. Ele pode incluir a elevação permanente (de preferência) ou temporária de equipamentos acima dos níveis de inundação ou o uso de barreiras permanentes ou temporárias para proteger um determinado espaço.

## E. Transferência

Esse conceito envolve a transferência permanente de equipamentos e/ou armazenagens para um andar mais alto, para outra edificação não exposta na unidade ou para fora da unidade.

Equipamentos móveis e veículos não devem ficar em áreas expostas a inundação.

## F. Sistemas temporários de proteção perimetral contra inundação

Esses sistemas podem ser usados como parte de um projeto ou podem ser usados emergencialmente. Em casos de emergência, os dispositivos seriam posicionados em superfícies que não foram projetadas/estudadas para suportar cargas de inundação. Os sistemas temporários de proteção contra inundação dependem de uma equipe para montá-los em caso de inundação iminente, o que adiciona um nível de incerteza.

### G. Solução híbrida

Esse método envolve uma combinação dos conceitos acima para oferecer uma solução viável e econômica.

A Figura 1 mostra uma representação dos conceitos descritos acima. As edificações 1 e 2 e a área de equipamentos externos estão protegidos por meio de um sistema de proteção projetado. A edificação 3 está protegida por um sistema de proteção de edificações. A edificação 4 mostra áreas importantes que utilizam proteção parcial de edificações juntamente com uma área com proteção de equipamentos. Há também uma área externa à direita da edificação 3 que demonstra a proteção de equipamentos para áreas externas. Os escritórios na edificação 4 são mostrados como transferidos para um andar superior e demonstram o conceito de transferência. A figura inteira é um tipo de solução híbrida.

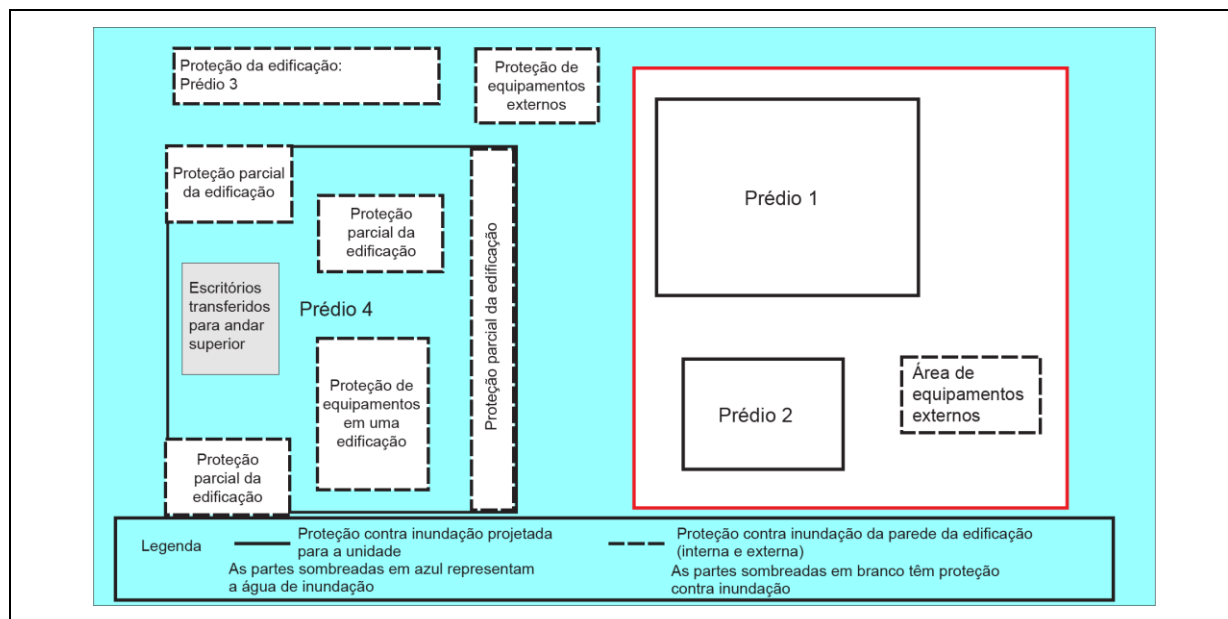


Fig. 1. Esquema para redução de danos em unidades existentes por meio de uma solução híbrida

#### 2.2.6.1 Sistemas permanentes de proteção da unidade contra inundação

Esta seção aborda sistemas permanentes de proteção contra inundação, diques e muros contra inundação projetados especificamente para a unidade. Um projeto bem-sucedido levará em consideração o cenário local de inundações e exigirá conhecimento de estruturas, hidrologia, hidráulica, configuração de drenagem interior, solos e capacidade técnica do proprietário de operar e manter o sistema. A proteção da unidade contra inundação deve formar uma linha de proteção completa, circundando toda a unidade ou criando uma elevação de terreno alta o suficiente para que a unidade não seja envolvida por água de inundação a montante ou a jusante da unidade. Deve ser considerada no projeto a interrupção de rotas de acesso normais à unidade e suprimentos de utilidades enquanto o sistema de proteção contra inundação estiver posicionado. O objetivo desta seção não é servir como um padrão de projeto, mas sim fornecer diretrizes mínimas.

2.2.6.1.1 Os clientes da FM Global devem enviar pedidos de proposta, especificações e projetos à FM Global o quanto antes de qualquer contratação. O projeto conceitual para a instalação de proteção no nível da unidade deve ser compartilhado com a FM Global no início da etapa de planejamento. Isso permitirá uma compreensão comum do cenário de inundação e do projeto apropriado de sistema de controle de inundação, inclusive a proteção da unidade e a remoção de água

de chuva, o bloqueio de tubulações subterrâneas que possam permitir a entrada da água de inundação, o acesso temporário à unidade e o suprimento de utilidades.

2.2.6.1.2 Assegure que o projeto se baseie em um estudo atualizado sobre inundações que detalhe os níveis de inundação de excedência anual de 1% (recorrência de 100 anos) e 0,2% (recorrência de 500 anos). O uso dos níveis históricos de inundação mais graves, embora seja útil para a calibração do estudo detalhado, é desencorajado como critério de projeto. Se essas informações não estiverem prontamente disponíveis ou atualizadas, providencie um estudo hidrológico e hidráulico para determinar as elevações do nível de água para excedência anual de 1% (100 anos) e de 0,2% (500 anos).

2.2.6.1.3 Mantenha uma empresa qualificada e experiente no projeto e na construção de sistemas de proteção contra inundação. O projeto dos componentes individuais da proteção contra inundação difere do projeto “seco” (por exemplo, muros de contenção) porque as estruturas expostas a inundação precisam incluir cargas de água estáticas e dinâmicas. É preciso atenção para levar em conta mudanças devidas às propriedades do solo durante cargas de inundação e forças hidrostáticas de flutuação (empuxo). Use um fator de segurança mínimo de 1,5. Assegure que o projeto incorpore a duração da inundação e todos os recursos necessários para minimizar o potencial de colapso das fundações. O projeto deve incluir não só as forças hidráulicas estáticas sobre a parede, mas também a força dependente da velocidade prevista da água, além de detritos flutuantes na água de inundação.

2.2.6.1.4 A altura de sistemas ribeirinhos/fluviais deve, preferencialmente, ser a de excedência anual de 0,2% (500 anos) mais um mínimo de 0,9 m (3 ft) de borda livre para muro/dique contra inundação, ou um valor determinado pelo projetista com base nas condições locais. As condições locais para avaliação da borda livre para muro/dique contra inundação devem incluir energia cinética, superelevação em curvas, incertezas quanto ao nível estimado de inundação e aos dados topográficos, mudanças nos níveis de inundação durante a vida útil do dispositivo, assentamento do dispositivo contra inundação ao longo de seu ciclo de vida, e ação de ondas.

Exceções quanto à borda livre de muro/dique contra inundação de 0,9 m (3 ft) para sistemas ribeirinhos/fluviais devem ser apoiadas por análises de engenharia a fim de demonstrar a adequação de uma redução desses itens. As análises devem incluir uma revisão de todos os fatores que afetam o requisito de borda livre de muro/dique contra inundação de acordo com as condições locais, e também a estabilidade do dique sob condições de inundação incluindo galgamento (transbordo) por ondas e erosão.

2.2.6.1.5 Os sistemas costeiros também devem ser projetados para o nível de água de excedência anual de 0,2% (500 anos) para evitar galgamento pela ação das ondas associadas. A borda livre de muro/dique contra inundação deve incluir as ondas ou a elevação máxima das ondas (*run-up*) de projeto (o que for maior) mais 0,3 m (1 ft). A elevação máxima das ondas presumidamente inclui a configuração de onda (*wave setup*).

2.2.6.1.6 Assegure que o projetista use padrões nacionalmente reconhecidos para muros/diques contra inundação (veja a Seção 4.2.1). As normas do Corpo de Engenheiros do Exército dos Estados Unidos (United States Army Corps of Engineers, USACE) ou equivalentes internacionais são aceitáveis para o estabelecimento de critérios de projeto nos EUA. Observe que, se a configuração do projeto como um todo creditar estruturas como barragens ferroviárias, estradas, edificações, muros e recursos similares, todos eles deverão ser analisados pelo projetista e comprovados como capazes de resistir ao evento de inundação de projeto.

O projeto deve minimizar as aberturas para pedestres, ruas ou ferrovias que exigirão o posicionamento de barreiras durante inundações. A seleção do tipo de barreira deve se basear na capacidade do proprietário de montar a barreira antes da chegada da inundação. Além disso, o tipo de abertura deve se basear na magnitude do tempo de aviso. As fundações da abertura devem ser projetadas para levar em consideração a carga de inundação, a infiltração e a carga do dispositivo de fechamento (veja a Seção 2.2.6.1.3).

2.2.6.1.7 Elabore um inventário por escrito de todos os pontos de penetração no sistema de proteção contra inundação que permitem a entrada de água na área protegida. Isso inclui galerias pluviais, esgotos sanitários, os vários conduítes de utilidades, túneis e penetrações similares. Os pontos de entrada de água de inundação devem ser projetados para evitar o refluxo da fonte da inundação. Devem ser instaladas linhas de drenagem com válvulas de retenção. Use o inventário escrito como parte das ações de proteção contra inundação implementadas antes da inundação.

2.2.6.1.8 Assegure que o projeto inclua detalhes relacionados às bombas de drenagem de inundação para remover a água de chuva, infiltrações e corpos de água menores que fluem livremente pela unidade durante condições normais. Fontes de energia elétrica confiáveis e dispositivos antissifão devem ser incluídos no projeto. Sempre que possível, devem ser utilizadas bombas de drenagem de inundação certificadas pela FM Approvals.

2.2.6.1.9 O projetista deve fornecer um manual de operação e manutenção com detalhes sobre como o sistema será operado durante uma inundação. Também deve ser fornecido um cronograma de manutenção para toda a vida útil do sistema.

### 2.2.6.2 Proteção total e parcial de edificações

2.2.6.2.1 Contrate um engenheiro estrutural para revisar a estabilidade e impermeabilização de paredes de edificações, pisos e fundações, e para identificar pontos de entrada de água.

A maioria das edificações não é impermeável ou resistente o suficiente de modo que possa contar exclusivamente com as paredes existentes para evitar a penetração de água da inundação. Dois exemplos seriam os edifícios com estrutura de madeira e as paredes de painéis metálicos. Edificações com construção mais substancial, tais como as de concreto armado, blocos de concreto, etc., podem ser usadas para profundidades de inundação inferiores a 0,9 m (3 ft), muitas vezes sem a necessidade de reforço. Profundidades de inundação com mais de 0,9 m (3 ft) acima do nível do piso submeterão as paredes e pisos comuns a cargas que não serão suportadas, a menos que a edificação tenha sido originalmente projetada para isso. A execução de melhorias estruturais geralmente não é uma solução econômica. Além disso, as profundidades de inundação superiores a 0,9 m (3 ft) aumentarão a probabilidade de elevação e empenamento de pisos no nível térreo e subsolos devido ao empuxo hidrostático e podem, portanto, exigir extenso trabalho de reforço.

2.2.6.2.2 Vede todos os pontos de entrada de água nos pisos e nas paredes, inclusive os seguintes:

- A. Sistemas sanitários: Devem ser utilizados dispositivos de fechamento automático, como válvulas de retenção em sistemas de efluentes. Podem ser utilizados dispositivos manuais, mas eles não são os preferenciais; exemplos incluem válvulas de esfera, comportas e balões cheios de ar.
- B. Esgotos sanitários, esgotos combinados, esgotos pluviais e drenos: Devem ser utilizados dispositivos de fechamento automático, como válvulas de retenção. Podem ser utilizados dispositivos manuais, mas eles não são os preferenciais; exemplos incluem comportas, balões cheios de ar, etc.
- C. Passagens de tubulação: As aberturas devem ser vedadas permanentemente com materiais à prova d'água.
- D. Dutos de ventilação e poços: Os equipamentos de ventilação são leves e, normalmente, não suportam as forças desenvolvidas pela água de inundação. Os dutos devem ser redirecionados acima do nível de inundação, e as aberturas restantes devem ser bloqueadas e vedadas.
- E. Conduítes elétricos e de sinalização: As aberturas devem ser vedadas permanentemente com materiais à prova d'água. Isso inclui passagens para painéis elétricos montados na parede que podem não ser aparentes sem a abertura dos painéis.

F. Juntas de construção de pisos e de paredes: As juntas de construção devem ser vedadas. Paredes e pisos devem ser impermeabilizados para minimizar infiltrações.

G. Trincas causadas por assentamento, impacto, etc.

2.2.6.2.3 É previsto que ocorram infiltrações e acúmulo de água de inundação em áreas inesperadas; bombas de drenagem de inundação certificadas pela FM Approvals devem ser instaladas dentro da edificação onde paredes e barreiras são usadas para impedir a entrada de água de inundação. Instale uma bomba principal e uma reserva projetadas para remover no mínimo 190 L/min (50 gpm) em caso de infiltração ou vazamento de tubulações de água. Essas bombas devem ser conectadas ao suprimento de energia emergencial. Use um engenheiro certificado para estimar as taxas de infiltração a fim de dimensionar as bombas.

2.2.6.2.4 Use comportas de inundação, barreiras removíveis, etc. certificadas pela FM Approvals em todas as aberturas expostas a inundações, inclusive portas, janelas, elementos vazados/saídas de ar e entradas de garagens e áreas de docas, que não possam ser permanentemente vedadas. Se forem utilizadas comportas automáticas, elas devem ser projetadas também para montagem/posicionamento manual. Dispositivos de proteção contra inundação só devem ser instalados em edificações capazes de suportar as cargas de inundação previstas. A barreira deve incluir uma borda livre de 0,3 a 0,6 m (1 a 2 ft) sempre que possível. A altura total da barreira não deve exceder 0,9 m (3 ft), a menos que a edificação possa suportar as cargas de inundação. A instalação de barreiras próximas a emendas entre o piso da edificação e a calçada externa deve ser evitada ou preenchida apropriadamente para que a pressão hidrostática não introduza um ponto de entrada de água por trás da barreira.

As barreiras de aberturas listadas no *Approval Guide* terão uma taxa de vazamento de no máximo 1 L/h/min (0.08 gal/h/linear). Elas não foram avaliadas quanto à capacidade de controlar a ação de ondas costeiras de alta energia que podem ocorrer com furacões, tufões ou ciclones.

2.2.6.2.5 Comportas podem ser usadas em áreas de maior velocidade (vazão superior a 2 m/s [7 fps]) com profundidades de inundação de até 0,9 m (3 ft); no entanto, um engenheiro estrutural qualificado deve avaliar a capacidade da parede e da comporta de suportar as cargas hidrodinâmicas.

2.2.6.2.6 Comportas, barreiras removíveis, etc., devem ser mantidas facilmente acessíveis e protegidas contra intempéries quando armazenadas.

2.2.6.2.7 Comportas, barreiras removíveis, etc., sejam aquelas permanentemente instaladas ou para uso temporário, devem ser projetadas de forma que a equipe da unidade possa instalá-las facilmente e a tempo de impedir a inundação. Essa instalação deve ser incluída como parte do plano de resposta a emergências de inundação. Quando armazenagem comum for usada para várias barreiras, assegure que as barreiras sejam marcadas para indicar o local adequado de posicionamento.

2.2.6.2.8 Comportas, barreiras removíveis e dispositivos de montagem devem ser protegidos contra danos por veículos ou roubo; postes de concreto para amarração podem ser uma boa opção.

2.2.6.2.9 Confirme os itens a seguir periodicamente e também após inundações e antes de inundações previstas.

A. Mensalmente, confirme que:

1. As comportas sejam inspecionadas e listadas nos formulários de inspeção.
2. As aberturas e os portões protegidos estejam em bom estado de manutenção e não demonstrem sinais de danos ou problemas de organização e limpeza geral.

3. As aberturas sejam mantidas livres de detritos que possam afetar a funcionalidade da barreira.
4. O sistema de gaxeta e fixação não tenha se deteriorado.
5. Qualquer nova abertura que tenha sido adicionada abaixo da elevação de inundação prevista esteja devidamente vedada para suportar pressões durante o evento de projeto.
6. As bombas de drenagem de inundação estejam com a manutenção em dia.

B. Anualmente, confirme que:

1. A manutenção de portões seja adequada (pintura, lubrificação, etc.).
2. Comportas tenham sido instaladas e os registros de inspeções detalhados por item estejam sendo mantidos.
3. O plano de instalação de comportas faça parte do plano de resposta a emergências de inundação.
4. Instruções de instalação estejam disponíveis.

#### 2.2.6.3 Proteção ou transferência de equipamentos, linhas de produção e/ou armazenagem

Quando não for viável providenciar proteção perimetral para a unidade ou proteção para as edificações, considere a proteção ou transferência de equipamentos, linhas de produção ou estoques para reduzir os possíveis danos de inundações.

2.2.6.3.1 Eleve permanentemente (de preferência) ou temporariamente equipamentos importantes, linhas de produção ou estoques acima do nível de inundação previsto. A instalação de pisos elevados, plataformas ou estruturas porta-paletes é uma opção.

2.2.6.3.2 Transfira equipamentos importantes, linhas de produção ou armazenagens para andares superiores ou para uma edificação ou um local que não esteja exposto a inundações.

2.2.6.3.3 Utilize estratégias de proteção no local quando a elevação ou transferência de equipamentos, linhas de produção ou estoques não for viável. As estratégias de proteção no local seguem muitas das mesmas recomendações que as da proteção da unidade ou de edificações discutidas nas Seções 2.2.6.1 e 2.2.6.2, mas se concentram em áreas menores ou equipamentos essenciais.

#### 2.2.6.4 Sistemas temporários de proteção perimetral contra inundação

A adequação de barreiras temporárias como parte de um projeto deve ser avaliada em relação ao tempo de aviso antes da inundação, ao tempo para posicionamento da barreira e à mão de obra disponível para garantir que a barreira seja colocada a tempo de evitar danos por inundação.

Os sistemas temporários de proteção perimetral contra inundação geralmente terão taxas de vazamento mais altas que as dos muros contra inundação e diques. As barreiras perimetrais temporárias listadas no *Approval Guide* terão uma taxa de vazamento de no máximo 186 L/h/min (15 gal/h/linear). Os testes de aprovação da FM Approvals para barreiras perimetrais temporárias são realizados sobre uma superfície de concreto; as taxas de vazamento sobre outras superfícies não fazem parte do escopo de testes, e os sistemas não foram avaliados quanto à capacidade de controlar a ação de ondas costeiras de alta energia que possam ocorrer durante furacões, tufões ou ciclones.

2.2.6.4.1 Use barreiras perimetrais temporárias certificadas pela FM Approvals.



2.2.6.4.2 O sistema temporário de proteção perimetral contra inundação deve ser projetado por uma empresa de engenharia qualificada. Siga as recomendações da Seção 2.2.6.1, Sistemas permanentes de proteção da unidade contra inundação.

2.2.6.4.3 O tempo necessário para iniciar a resposta à inundação, coletar materiais, reunir a equipe de resposta e posicionar a proteção deve ser menos da metade do tempo de aviso determinado para o local. Se um tempo de aviso adequado não puder ser fornecido, formular um plano alternativo de proteção contra inundação.

2.2.6.4.4 Armazene barreiras perimetrais temporárias em local acessível na unidade e proteja-as contra danos ambientais e roubo.

2.2.6.4.5 Inspeccione periodicamente as barreiras perimetrais temporárias. Inspeccione também a área da instalação da barreira temporária para garantir que não tenham ocorrido mudanças que tornem as barreiras temporárias ineficazes ou sua instalação impossível.

2.2.6.4.6 Faça simulados anuais de posicionamento para confirmar que o sistema funcionará da forma projetada.

### 2.2.6.5 Soluções híbridas

Esse conceito envolve uma combinação dos conceitos acima para oferecer uma solução viável e econômica.

## 2.3 Ocupação

Se as recomendações das Seções 2.2.1, 2.2.2, 2.2.3 ou 2.2.4 não puderem ser atendidas, siga as recomendações desta seção para reduzir o impacto de inundações.

2.3.1 Para cada estrutura, identifique áreas e pisos sujeitos a inundação e assegure que eles sejam utilizados exclusivamente para operações não essenciais.

2.3.2 Assegure que armazenagens valiosas sejam localizadas acima do nível de inundação de excedência anual de 0,2% (500 anos).

2.3.3 Coloque todos os itens a seguir em pisos e áreas acima da elevação de inundação prevista de excedência anual de 0,2% (500 anos). Inclua uma borda livre de 0,3 a 0,6 m (1 a 2 ft).

A. Equipamentos elétricos de emergência

B. Peças sobressalentes, motores e equipamentos, inclusive seus controles e equipamentos de suporte.

C. Plantas e documentos de edificações, construção e equipamentos, manuais de manutenção, etc.

D. O departamento de manutenção e seus estoques. Peças sobressalentes não danificadas, equipamentos de manutenção e ferramentas manuais são vitais para um retorno rápido às operações normais.

E. Equipamentos importantes. Se o equipamento não puder ser transferido para uma edificação não exposta a inundações, transfira-o permanentemente para mezaninos, plataformas, bases elevadas ou pedestais que estejam acima do nível de inundação.

2.3.4 Não deixe nenhum produto ou equipamento que possa vazar óleo, solvente, combustível, etc. em áreas sujeitas a inundação. Isso pode atrasar a limpeza da edificação.

2.3.5 Não construa porões e poços de máquinas. Se isso for inevitável, siga estas seguintes recomendações:

2.3.5.1 Use materiais de construção e acabamento incombustíveis que minimizem os danos por água.

2.3.5.2 Vede todas as tubulações, fiações, conduítes e passagens para evitar infiltração.

2.3.5.3 Instale bombas de drenagem de inundação certificadas pela FM Approvals, uma principal e uma reserva, com alimentação elétrica de emergência e projetadas para remover no mínimo 190 L/min (50 gpm) em caso de infiltração ou vazamento de tubulações de água.

2.3.5.4 Não instale equipamentos vitais para produção, iluminação, aquecimento ou ventilação nessa área.

2.3.5.5 Não deixe equipamentos eletrônicos de alto valor nem guarde registros importantes nessa área.

## 2.4 Proteção

2.4.1 Instale bombas de incêndio, sistemas de sprinklers de tubulação seca, sistemas de supressão por gás, etc. e seus equipamentos elétricos associados fora de áreas propensas a inundação ou acima do nível de inundação esperado.

## 2.5 Equipamentos e processos

Se as recomendações das Seções 2.2.1, 2.2.2, 2.2.3 ou 2.2.4 não puderem ser atendidas, siga as recomendações desta seção para reduzir o impacto de inundações.

2.5.1 Instale equipamentos de processo sobre plataformas, pátios ou pedestais que estejam acima da elevação de inundação prevista de excedência anual de 0,2% (500 anos). Inclua uma borda livre de 0,3 a 0,6 m (1 a 2 ft). Se isso não for possível, construa uma barreira contra inundação permanente em torno do equipamento.

2.5.2 Se equipamentos vitais para processos, linhas de produção ou a operação da edificação forem posicionados abaixo da elevação de inundação prevista de excedência anual de 0,2% (500 anos), assegure que eles sejam à prova de inundação caso sirvam para o suporte à edificação ou a linhas de processo que precisam permanecer operacionais durante inundações. Inclua uma borda livre de 0,3 a 0,6 m (1 a 2 ft). Equipamentos elétricos à prova de inundação são projetados para serem usados mesmo estando continuamente submersos e têm grau de proteção IP IPX8.

A norma International Protection Marking, IEC 60529, da Comissão Eletrotécnica Internacional (IEC - International Electrotechnical Commission), lista as categorias de proteção de invólucros mecânicos e elétricos contra o ingresso de partes do corpo, pó, contato acidental e água. As listagens de proteção IP usam a designação |P|IPXX|P', os "X" significam o número referente ao nível de proteção. O primeiro X é para sólidos e o segundo é para o ingresso de líquidos.

Esses equipamentos especializados são construídos sob medida para a aplicação e podem ser caros, mas têm valor inestimável se mantiverem operações vitais durante uma inundação.

2.5.3 Equipe todas as estruturas que possam flutuar ou ter movimentação lateral quando sujeitas a cargas relacionadas a inundações com fixação adequadamente projetada para resistir a forças de flutuação, água em movimento e impacto de ondas. As estruturas que requerem atenção incluem tanques de armazenamento, silos, caixas, conduítes e tubulações vedadas, margens de dutos, poços revestidos e reservatórios de água. Além de proteger as próprias estruturas, a fixação adequada evitará

que elas se transformem em detritos gerados por inundação, que podem causar danos a edificações e equipamentos ao redor.

Ao projetar a fixação, utilize as condições que produzirão as cargas mais severas. Por exemplo, pressuponha que os tanques de armazenagem estejam vazios ao projetar fixações e fundações de tanques para resistir a elevações e desmoraonamento e pressuponha que os tanques de armazenagem estejam cheios ao projetar suportes e fundações para resistir às cargas máximas de gravidade.

A Seção 2.2.6, *Protection Against Flooding*, da Norma Técnica 7-88, *Ignitable Liquid Storage Tanks*, fornece orientações de projeto. Essas orientações também podem ser usadas para tanques que armazenam outros líquidos ou materiais.

## 2.6 Utilidades

Para locais nos quais a elevação de inundação prevista de excedência anual de 0,2% (500 anos) resultaria em inundação na unidade, projete as utilidades da unidade da seguinte maneira:

2.6.1 Assegure que todas as utilidades estejam localizadas acima da elevação de inundação prevista de excedência anual de 0,2% (500 anos) ou sejam resistentes a inundação. Inclua uma borda livre de 0,3 a 0,6 m (1 a 2 ft).

2.6.2 Assegure que as fundações para plataformas e pedestais utilizados para elevar equipamentos importantes (inclusive subestações, de propriedade ou não da unidade) sejam projetadas para resistir a danos causados por inundações, inclusive erosão resultante da alta velocidade da água e de impactos mecânicos causados por detritos flutuantes.

2.6.3 Posicione utilidades de controle climático, como sistemas de aquecimento, ar condicionado e ventilação, resfriadores e equipamentos de controle ambiental, acima da elevação de inundação prevista de excedência anual de 0,2% (500 anos).

Inclua uma borda livre de 0,3 a 0,6 m (1 a 2 ft). Alimente esses sistemas a partir de subestações não expostas a inundações para garantir a manutenção de um ambiente controlado dentro de uma instalação atingida por inundação a fim de evitar danos causados por umidade.

2.6.4 Projete sistemas de ar condicionado e utilidades de forma a segregar as áreas propensas a inundação das áreas não propensas a inundação.

2.6.5 Posicione caldeiras e seus controles e equipamentos de suporte (inclusive ventiladores) acima da elevação de inundação prevista de excedência anual de 0,2% (500 anos). Inclua uma borda livre de 0,3 a 0,6 m (1 a 2 ft).

## 2.7 Elétrica

Se as recomendações das Seções 2.2.1, 2.2.2, 2.2.3 ou 2.2.4 não puderem ser atendidas, siga as recomendações desta seção para reduzir o impacto de inundações.

2.7.1 Instale equipamentos elétricos acima da elevação de inundação prevista de excedência anual de 0,2% (500 anos). Inclua uma borda livre de 0,3 a 0,6 m (1 a 2 ft). Isso inclui todos os centros de controle de motores, painéis de distribuição, painéis elétricos, motores, geradores, transformadores, equipamentos de comunicação e controle, baterias, carregadores de baterias, nobreaks, tomadas elétricas e iluminação.

2.7.2 Assegure que os sistemas elétricos de áreas da unidade sujeitas a inundação estejam isolados dos sistemas elétricos de áreas não sujeitas a inundação.

Isso permitirá que o restante da unidade continue operando em caso de inundação.

2.7.3 Se não for possível instalar os equipamentos elétricos acima da elevação de inundação prevista de excedência anual de 0,2% (500 anos), siga estas recomendações:

2.7.3.1 Use equipamentos elétricos certificados para uso mesmo estando continuamente submersos. Esses tipos de equipamentos têm grau de proteção IP IPX8.

2.7.3.2 Assegure que todos os cabos abaixo do nível de inundação tenham armação ou blindagem metálica protegida e sejam projetados para uso em ambientes úmidos.

2.7.3.3 Proteja os cabos externos elevados contra águas de inundação de alta velocidade que possam comprometer as fundações dos postes de sustentação ou causar danos mecânicos devido a detritos flutuantes.

2.7.3.4 Instale tampas estanques para água sobre canaletas de cabos para evitar que elas sejam preenchidas por lodo e detritos transportados por águas de inundação.

2.7.3.5 Posicione juntas e terminações de cabos acima da elevação de inundação prevista de excedência anual de 0,2% (500 anos). Inclua uma borda livre de 0,3 a 0,6 m (1 a 2 ft).

2.7.3.6 Instale sensores de água e dispositivos de transmissão que façam soar um alarme automaticamente em um local com presença constante de pessoal ou desliguem automaticamente dispositivos elétricos não essenciais antes da ocorrência de danos por inundação. Esses dispositivos devem ser testados anualmente, segundo recomendações do fabricante.

### 3.0 SUPORTE PARA RECOMENDAÇÕES

#### 3.1 Evite zonas de inundação

A melhor forma de evitar inundações é construir em áreas que estejam fora da área de projeção prevista de inundações e acima da elevação de inundação prevista de excedência anual de 0,2% (500 anos), pelos seguintes motivos:

- A. As inundações são regidas pela natureza e, portanto, seus resultados exatos podem ser muito imprevisíveis e difíceis de modelar.
- B. As inundações são dinâmicas; estudos de inundação podem se tornar obsoletos devido a modificações no terreno e condições da área.
- C. Os fluxos de inundação e os padrões meteorológicos podem ter mudado desde o último estudo.
- D. A análise de mapeamento de inundações é um processo complexo, muitas vezes limitado pelas informações e recursos disponíveis.

#### 3.2 Mapas e dados de inundações

Os mapas de inundações fornecem uma representação estática de uma exposição a inundações e representam o potencial de inundação no momento em que o mapa foi desenvolvido. Geralmente, os mapas mostrarão uma área de projeção de alto risco (excedência anual de 1%) e uma área de projeção de risco moderado (excedência anual de 0,2%) para inundações.

A terminologia usada nos mapas de inundações varia de acordo com o país. Na Austrália, uma inundação de alto risco também leva em conta a profundidade e velocidade da inundação. Em outras

partes do mundo, é usada a elevação de inundação de base ou um período de recorrência de 100 anos em lugar do equivalente de excedência anual de 1%. Da mesma forma, o período de recorrência de 500 anos é outra maneira de expressar a excedência anual de 0,2%. É importante compreender a terminologia do mapa ou da fonte de dados antes de tirar conclusões sobre exposição.

Em geral, os mapas de inundações não mostram os eventos com maior probabilidade (excedência anual de 10% [10 anos], excedência anual de 2% [50 anos]). Portanto, os mapas não mostram com que rapidez uma inundação começará em uma unidade. Uma unidade pode começar a inundar muito antes do nível anual de 1% e resultar em profundidades de inundação significativas.

As probabilidades de inundação da unidade são baseadas no ponto onde está o nível do piso em comparação com o nível de inundação associado ao período de recorrência. A Tabela 2 mostra a probabilidade de inundação para vários períodos de recorrência.

*Tabela 2. Probabilidade de inundação pelo menos uma vez ao longo da vida útil da unidade*

| Período de recorrência de nível de exposição | Vida útil da unidade (anos) |     |     |      |
|--|-----------------------------|-----|-----|------|
|  | 10                          | 25  | 50  | 100  |
|  | Probabilidade de inundação  |     |     |      |
| 10 anos<br>(excedência anual de 10%)         | 65%                         | 93% | 99% | 100% |
| 25 anos<br>(excedência anual de 4%)          | 34%                         | 64% | 87% | 98%  |
| 50 anos<br>(excedência anual de 2%)          | 18%                         | 40% | 64% | 87%  |
| 100 anos<br>(excedência anual de 1%)         | 10%                         | 22% | 39% | 63%  |
| 500 anos<br>(excedência anual de 0,2%)       | 2%                          | 5%  | 10% | 18%  |

Outras limitações incluem o seguinte:

- A. Frequentemente, as perdas por inundação ocorrem em locais que não aparecem como pertencentes a uma zona de inundação mapeada. Exemplos não normalmente cobertos por um mapa de inundação padrão incluem o colapso de uma barragem viária durante um evento, bloqueio por detritos de uma estrutura desviando as águas de inundação do curso da água, desvio das águas de uma inundação através de um canal de navegação e falha de operação ou rompimento de uma barragem.
- B. As conexões de zonas de inundação adjacentes a áreas rebaixadas nem sempre são cobertas pelos mapas de inundação.
- C. Os mapas de inundação podem não incluir corpos de água menores (por exemplo, pequenos córregos, canaletas de drenagem locais, pequenos bueiros que passam por baixo de edificações).
- D. Os mapas de inundação podem mostrar sistemas de defesa contra inundação, mas as condições atuais dessas defesas às vezes não são bem representadas pelos mapas, que podem ter sido desenvolvidos há anos. O sistema pode ter chegado ao final de sua vida útil projetada, não ter tido manutenção adequada ou o mapa de inundação pode não mostrar a extensão ampliada de inundações causada pelo desenvolvimento a montante ou por mudanças no ambiente desde que o mapa foi desenvolvido.
- E. Os mapas de inundação em todo o mundo adotam várias abordagens para mapear a exposição a inundações protegida por sistemas de defesa contra inundação. Alguns mapas podem não levar em conta as defesas contra inundação e mostrar uma área como de inundação, ao passo que outros mostrarão a mesma área como nem mesmo exposta a inundações.

F. À medida que os mapas de inundação são desenvolvidos, os resultados são verificados e comparados com eventos históricos sempre que há bons dados disponíveis. Frequentemente, as suposições ou os dados inseridos no modelo são ajustados para que os resultados correspondam ao evento histórico ou ao menos se aproximem dele. Infelizmente, os dados históricos quase sempre cobrem um curto período de tempo em relação aos intervalos de recorrência que estão sendo determinados. O período de base pode não representar com precisão os padrões meteorológicos esperados ao longo de 100 ou 500 anos para a área.

Os mapas de inundação disponíveis podem ter sido desenvolvidos com base em inundações históricas que ocorreram na primavera, quando o solo não está congelado. Uma tempestade de inverno severa que caia sobre a terra congelada desenvolverá um escoamento quase como o da chuva caindo sobre o pavimento. Uma tempestade severa após um período particularmente chuvoso ou com grande derretimento de neve resulta em chuvas sobre um solo já saturado, causando o aumento do escoamento. Tais eventos podem gerar níveis de inundação superiores aos esperados, mesmo que o evento inicial tenha uma recorrência de 100 ou 500 anos. Fatores como nível de saturação do solo, teor de água de neve e taxa de derretimento da neve também reduzem a precisão das agências de previsão de inundações.

### 3.2.1 Os diques não eliminam a ameaça

A construção de um dique ou muro contra inundação para proteger uma unidade não é equivalente à construção em áreas fora da área de projeção prevista de inundações. Os diques reduzem a probabilidade de inundação, mas não a eliminam. Os diques podem falhar devido à falta de manutenção, projeto e construção deficientes ou motivos não previstos, ou podem ser transbordados por uma inundação maior do que a elevação de projeto. Em qualquer um dos casos, a falha resultante pode levar a um maior nível de danos devido ao aumento das profundidades e da velocidade da água. Além disso, a construção de um sistema de dique é muito cara e requer o seguinte:

- Manutenção contínua significativa
- Uma grande intervenção manual para que seja eficaz no momento da inundação (por exemplo, fechamento de portões, operação de bombas, etc.)
- Treinamento extensivo e planejamento para emergências a fim de garantir um combate bem-sucedido à inundação

Os sistemas de dique de propriedade das autoridades públicas ou privadas que protegem grandes áreas têm as mesmas preocupações e podem estar sujeitos a restrições orçamentárias que forcem a autoridade a reduzir a manutenção e o treinamento. A maior desvantagem de um sistema público ou privado é que a unidade protegida é forçada a contar com terceiros para gerenciar seu risco de inundação.

### 3.2.2 Estudos de inundação específicos da unidade

Se não existirem mapas de inundação para uma determinada área, se eles estiverem desatualizados ou se tiverem sido desenvolvidos em uma escala que não considera adequadamente os fatores locais da unidade, será necessário um estudo de inundação aprofundado. Contratar uma empresa qualificada para revisar os mapas de inundação existentes é uma boa decisão antes da seleção do local para as novas instalações, para instalações que passarão por reformas importantes e para instalações com experiência recente de risco iminente de inundação.

A maioria dos mapas de inundação governamentais é desenvolvida para fins de planejamento de uso do solo ou programas de seguro patrimonial do governo. Os mapas são desenvolvidos em grande escala e podem não ter a precisão necessária na escala local ou específica da unidade. Por exemplo,



os mapas de inundação da Agência Ambiental do Reino Unido contêm a seguinte isenção de responsabilidade: “Este mapa se destina ao planejamento de uso do solo. Se você estiver planejando uma construção, deverá fazer uma avaliação mais detalhada do risco de inundação para mostrar como esse risco para a área ou para outro local como resultado de mudanças propostas à área pode ser gerenciado como parte de sua proposta de construção”.

Os mapas governamentais também podem não ser atualizados com frequência suficiente e podem não refletir inundações recentes ou mudanças de um corpo de água ou de um ambiente natural ou artificial.

### 3.2.3 Estudos de rompimento de proteções contra inundação

Os recentes avanços na tecnologia e no software para computadores, além de dados topográficos precisos (como o LiDAR), tornaram possível a modelagem de análises de inundações devidas a rompimentos de diques e muros contra inundação. Entender como um possível rompimento de dique e muro contra inundação afetará uma unidade e impactará as operações normais ajudará a empresa a desenvolver uma estratégia melhor para lidar com a exposição a inundações. Estudos de rompimento ajudarão a definir o tempo de aviso disponível, planos de evacuação, a profundidade da água esperada na propriedade e nas edificações e a velocidade da água.

### 3.3 Estratégia para compreender o potencial de inundação

A fim de determinar a estratégia correta para abordar o potencial de inundação e seu impacto sobre uma unidade, o cenário de inundação deve ser compreendido. As etapas são as seguintes:

- A. Determinar a que tipos de inundação a unidade está exposta. As unidades podem estar expostas a inundações de mais de uma fonte.
- B. Determinar as profundidades de inundação esperadas.
- C. Determinar o tempo de aviso de inundação.
- D. Determinar a duração da inundação:
  - 1. Considere o impacto de uma inundação de longa duração como o tempo durante o qual a água da inundação permanece dentro de uma edificação. Esse é um fator para determinar o nível de danos a uma edificação e seu conteúdo.
  - 2. Unidades próximas de grandes rios ou localizadas em planícies com histórico de inundações podem ser impactadas por mais tempo pela água de inundação parada.
  - 3. O acesso à unidade e às rotas de transporte pode ser interrompido por longos períodos.
  - 4. Utilidades podem ser adversamente afetadas por mais tempo do que a unidade em si.
- E. Determinar os riscos de danos patrimoniais e interrupção do negócio e as oportunidades existentes de mitigação de inundações.

### 3.4 Compreensão das fontes de inundação e suas características

Chuvas intensas ou derretimentos de neve podem fazer com que rios, córregos, lagos, riachos, etc. transbordem para o plano de inundação circundante ou causem inundações por água de chuva.

### 3.4.1 Fontes de inundação

#### 3.4.1.1 Inundação fluvial

Rios e córregos são recursos naturais de drenagem. Suas características variam de acordo com o clima, a geologia e os recursos construídos e podem ser alteradas pelo redirecionamento de cursos de água ou revestimento de canais com concreto ou materiais similares. Esses fatores podem causar mudanças na seção transversal de rios ou córregos que alteram as elevações de inundação e os padrões de vazão. A magnitude e quantidade de aviso prévio de inundação dentro de uma bacia fluvial estão correlacionadas ao tamanho, à inclinação e à duração da chuva em relação ao tamanho da bacia fluvial.

#### 3.4.1.2 Inundação em leitos secos (ravinas, cursos de água efêmeros, riachos, ribanceiras secas e aluviões)

Normalmente, esses canais drenam áreas com precipitação mínima ou esporádica, que são, portanto, caracterizadas por terrenos rochosos, arenosos e com pouca vegetação. As inundações que envolvem leitos secos muito provavelmente serão inundações repentinas associadas a chuvas pesadas e concentradas. Haverá pouco ou nenhum aviso prévio (algumas horas, no máximo); frentes de ondas altas; alta velocidade; alta carga de sedimentos; possíveis obstruções em pontes, bueiros, etc., causando retenção da água; erosão considerável; e curta duração.

#### 3.4.1.3 Estrangulamento de canais

Estrangulamentos de canais, como pontes, bueiros, canais de desvio, tubulações e barragens, podem ser obstruídos por detritos ou gelo transportados pela água de inundação.

Os tipos de detritos são ilimitados, mas incluem árvores, gelo, madeira, móveis, tanques de processo, veículos, rochas, galpões, tubos de concreto, cascalho e carvão. Em grandes inundações, itens que normalmente não são transportados em uma inundação anual serão transportados a jusante devido às águas de inundação atingindo novas áreas. Um único objeto, por exemplo, uma árvore arrancada presa em um estrangulamento, pode coletar detritos menores. Quando uma quantidade suficiente de detritos for coletada, as águas de inundação ficarão retidas até que sejam liberadas. Não é incomum que detritos parados represem grandes volumes de água, que são liberados repentinamente e causam volumes de inundação e elevações muito acima do nível de inundação esperado.

A liberação pode ocorrer pelo fluxo descontrolado, o que resulta em exposição a inundações em unidades ou edificações não expostas anteriormente. Conseqüentemente, alguns locais identificados como não expostos ou expostos a uma baixa recorrência com fluxo não estrangulado no canal principal sofreriam inundações mais recorrentes do que o previsto. Uma ponte obstruída por detritos ou gelo pode fazer com que um dique a montante seja transbordado.

Os perfis de inundação típicos do governo são computados com a pressuposição de que pontes e bueiros estão desobstruídos, 100% abertos e limpos. Dependendo das características da corrente de água, pode ocorrer obstrução total ou parcial desses estrangulamentos. A obstrução altera o perfil de inundação ao fazer com que a superfície da água se eleve acima do perfil de inundação desobstruído e pode causar um fluxo descontrolado que transporta as águas de inundação para fora do estrangulamento desobstruído.

Alguns rios têm um problema anual com obstruções por gelo. As obstruções por gelo podem ser classificadas em seis categorias: obstruções por congelamento; obstruções por gelo partido; obstruções por movimentação de gelo; obstruções por gelo estacionário; obstruções por gelo flutuante; e obstruções por gelo fixo. Apenas as obstruções por gelo partido resultam em inundações significativas.

Essas obstruções estão frequentemente associadas a elevações rápidas em níveis de rios resultantes de chuvas e/ou derretimentos de neve e costumam ocorrer no final do inverno ou no início da primavera. Devido ao grande volume de gelo que pode estar envolvido e às descargas maiores de chuva ou neve, as obstruções por gelo partido podem causar inundações de magnitude similar ou superior a inundações de 100 e 500 anos.

As inundações causadas por obstrução por gelo serão normalmente caracterizadas por várias horas a vários dias de aviso prévio; elevação rápida após a ocorrência da obstrução; duração dependente do clima e da ação de emergência (uso de explosivos para deslocar o gelo); baixa velocidade; baixa carga de sedimentos; danos por impacto e pressão de placas e blocos de gelo pesados flutuantes; e leve risco de erosão.

À medida que a temperatura aumenta ou a obstrução por gelo é impactada, o gelo pode ser liberado, flutuar e causar novas obstruções com o impacto com outro volume de gelo, uma ponte, etc. ou se dividir em grandes placas e blocos flutuantes. A água retida será liberada junto com a obstrução, o que criará uma rápida elevação da água. A elevação súbita da água e os grandes pedaços de gelo que a acompanharão podem causar danos físicos mais graves ao patrimônio. Embora a presença de uma obstrução por gelo possa ser monitorada, a localização, o momento e a magnitude da liberação e os resultados associados podem ser difíceis de prever. Os efeitos de uma inundação causada por obstruções por gelo podem ser muito mais severos do que uma inundação por água quente da mesma corrente de água no mesmo nível.

#### 3.4.1.4 Barragens de controle de inundação

A maioria das barragens de controle de inundação é construída em conjunto com um reservatório. A inundação a jusante é reduzida à medida que a água é retida pela barragem. A descarga através da barragem é restrita, e os fluxos a jusante e os níveis de inundação resultantes são reduzidos. Em muitos casos, os níveis resultantes de inundação de 100 anos, 500 anos, etc. consideram os vários efeitos da estrutura de fluxo a montante e o reservatório. Os itens considerados nas projeções de inundação incluem a duração da chuva, a capacidade do reservatório e seu nível de água pressuposto no momento do evento, a localização da tempestade na bacia hidrográfica e o efeito de outras barragens e reservatórios.

Embora um projeto de controle de inundação a montante possa servir para reduzir a extensão da inundação a partir de um evento ou cenário de projeto especificado, ainda é possível que a inundação a jusante possa resultar de um cenário diferente. Por exemplo, uma barragem de controle de inundação localizada a 161 km (100 milhas) a montante de uma unidade em um rio de porte moderado pode ser projetada para oferecer proteção contra um evento de tempestade regional. No entanto, uma chuva muito intensa, de movimentação lenta e localizada, centralizada a jusante da barragem pode causar inundações de magnitude similar à da inundação que a barragem foi projetada para limitar (diferente posição e intensidade da tempestade; cenário diferente; mesmo nível de inundação).

Mudanças nos sistemas de controle de inundação em uma bacia hidrográfica após a conclusão de um estudo ou mapa podem afetar os níveis de inundação esperados. As barragens de controle de inundação são construídas com uma recorrência de projeto baseada na viabilidade econômica. Algumas barragens de controle de inundação podem ser construídas para o evento de 50 anos, enquanto outras podem ser construídas para o evento de 100 anos ou mais. No entanto, uma barragem construída para o evento de 100 anos em 1950 pode não conter o evento de 100 anos hoje devido a mudanças na bacia hidrográfica desde 1950. As autoridades locais podem saber da recorrência de projeto da barragem de controle de inundação, mas podem não estar cientes de que mudanças na bacia hidrográfica podem ter reduzido a eficácia da barragem.

### 3.4.1.5 Inundação de drenagem interna por trás da proteção contra inundação

Uma inundação pode ocorrer em um plano de inundação "protegido", mesmo que o dique, muro contra inundação ou quebra-mar principal não seja rompido ou transbordado. Inundações podem ser causadas por chuvas, correntes de água internas ou infiltrações sob o dique ou o quebra-mar.

### 3.4.1.6 Inundação costeira

As inundações costeiras são resultado do aumento do nível do mar causado por ventos fortes de tempestade. São geralmente causadas por grandes tempestades oceânicas. As plataformas continentais amplas e levemente inclinadas produzem marés de tempestade maiores do que as plataformas continentais estreitas e íngremes. Os níveis normais do mar se elevarão e os ventos produzirão ondas. Portos e baías abrigados geralmente têm ondas menores. Ventos fortes de tempestades também empurram a água para o interior em áreas normalmente secas. As tempestades costeiras podem gerar níveis de inundação de 4,6 a 9,1 m (15 a 30 ft) ou mais acima do nível de maré alta.

As tempestades costeiras também podem causar inundações em terra. À medida que a tempestade se movimenta para o interior, sua força geralmente é reduzida, porque ela deixa de ser alimentada pelo ar quente e úmido do oceano. Quando isso ocorre, a tempestade restante libera uma chuva intensa sobre a área interior. Essa chuva intensa pode levar a severas inundações fluviais ou por água de chuva.

### 3.4.1.7 Inundação de leque aluvial

Os leques aluviais estão localizados na base de áreas montanhosas íngremes. Muitas vezes, eles estão localizados em áreas que normalmente recebem muito pouca chuva. Quando ocorre uma grande tempestade, a inundação aluvial é repentina e severa e pode afetar áreas pequenas ou grandes.

Nessas áreas de inundação muito planas, o fluxo tende a ocorrer em alta velocidade, sofre mudanças imprevisíveis de direção e carrega grandes quantidades de sedimentos. Os solos encontrados em leques aluviais tendem a ser facilmente afetados por erosão e altamente porosos.

### 3.4.1.8 Inundação por seicha

Um seicha é uma oscilação da água em um lago, mar ou baía causada por distúrbios sísmicos, ventos, ondas ou mudanças abruptas e incomuns na pressão atmosférica. Grandes tempestades com pressão anormalmente baixa e ventos fortes podem causar diferenças de elevação de água de vários metros de um lado ao outro de um lago. A elevação da superfície da água, somada a ondas impulsionadas pelos ventos, faz com que áreas costeiras inundem e rios afluentes retornem e transbordem suas margens.

### 3.4.1.9 Inundação por água de chuva

O terreno natural ou um projeto de drenagem insuficiente podem causar inundações. A inundação por água de chuva pode ser classificada em três categorias: sistemas de drenagem sobrecarregados, acúmulo de água e fluxo em lençol.

Em muitas partes do mundo, a drenagem subterrânea não é projetada para tempestades severas. Durante chuvas excepcionalmente pesadas, a falta de capacidade de drenagem pode fazer com que a água fique retida e entre em edificações se isso não for considerado durante o projeto. Infelizmente, os sistemas típicos de drenagem urbana são dimensionados para lidar, no máximo, com uma tempestade com recorrência de 25 anos. Devido à falta de capacidade, o escoamento de água de chuva no local pode exigir o uso de bacias de retenção ou detenção para lidar com segurança com o escoamento de água de chuva com recorrência de 100 anos.

## 3.4.1.10 Lençol freático

O nível do lençol freático é regido por rios, lagos e córregos adjacentes. Dependendo das condições do solo, o nível do lençol freático responderá às mudanças nos níveis dos corpos de água adjacentes. Normalmente, essa resposta é lenta. No entanto, nos eventos de inundação de longa duração, o lençol freático pode afetar os porões das edificações.

## 3.4.1.11 Tsunamis

Os tsunamis geralmente são causados por terremotos submarinos. O terremoto causa um deslocamento da crosta terrestre no fundo do oceano. Embora sejam eventos raros, os tsunamis podem atingir alturas de 9 m a 15 m (30 ft a 50 ft) quando se aproximam da costa a mais de 805 km/h (500 mph).

## 3.4.1.12 Sistemas de esgoto combinado

Os sistemas de esgoto combinado nem sempre são capazes de lidar com o aumento do fluxo durante chuvas pesadas ou inundações. Como resultado, o sistema terá excesso de fluxo e vazará por tampas de bueiros, entradas de drenagem, vasos sanitários, drenos de piso e pias. Como a água é suja, a limpeza é complicada devido a contaminações.

## 3.4.1.13 Inundação por drenagem do telhado

Essa é uma inundação localizada devido ao esvaziamento de drenos de telhado e condutores no solo ou em superfícies pavimentadas que não drenam a água para longe da edificação. Consulte a Norma Técnica 1-54, *Roof Loads for New Construction*.

## 3.4.2 Características das inundações

A Tabela 3 apresenta algumas características gerais dos principais tipos de inundação.

Tabela 3. Tipos e características de inundações

| <i>Tipo de inundação</i>                               | <i>Profundidade</i>  | <i>Velocidade</i>  | <i>Tempo de aviso</i>   | <i>Duração</i>   | <i>Caminhos de vazão/Drenagem</i>   |
|--|--|--|---|--|---|
| Rios longos e grandes                                  | Varia muito, regida pelo formato do vale; áreas protegidas por diques podem ser profundas. | Baixa: não é esperado que a velocidade aumente os danos.   | Até duas semanas ou mais.   | Dias ou semanas.   | Sobre as margens  |
| Rios de tamanho menor                                  | Varia muito, regida pelo formato do vale; áreas protegidas por diques podem ser profundas. | Alta em áreas íngremes; danos por velocidade são possíveis. Baixa em áreas planas. Baixa em áreas com acúmulo de água. | Curto; muito curto em áreas íngremes.   | Curta: menos de um dia a vários dias. Inundação repentina em áreas íngremes: < três horas. | Sobre as margens  |
| Leitos secos   | Frentes de ondas altas; retorno em obstruções.   | Alta: danos por velocidade são possíveis.  | Curto (no máximo algumas horas).  | Curta: menos de um dia a vários dias.  | Inundação repentina   |
| Drenagem interna por trás da proteção contra inundação | Nível baixo: < 1 m (3 ft).   | Baixa; não é esperado que a velocidade aumente os danos.   | Curto, mas varia com o tipo de inundação.   | Mais longa: varia com o tipo de inundação.   | 1. Chuva ou correntes internas<br>2. Infiltrações sob o dique ou o quebra-mar |
| Costeira   | De 5 a 10 m (15 a 30 ft) ou mais acima da maré alta.                                       | Alta perto da costa; danos por velocidade são possíveis.   | Formação de tempestade: até uma semana; fase de ação para a unidade de dois a três dias antes da chegada em terra; pode-se requerer evacuação por um dia. | Curta: horas.  | Água do mar empurrada para a terra  |
| Inundação aluvial                                      | Nível alto: < 1 m (3 ft).  | Alta: danos por velocidade são possíveis.  | Curta: < três horas.  | Curta: < três horas.   | Na base de áreas montanhosas íngremes   |
| Seicha   | Vários metros (pés).   | Alta: danos por velocidade são possíveis.  | Curta: horas.   | Curta: horas.  | Da oscilação da água em lagos, mares, baías                                   |
| Por água de chuva                                      | Nível baixo: < 0,3 m (1 ft), exceto nos espaços abaixo do nível do piso.                   | Potencialmente alta em encostas íngremes; baixa em áreas com acúmulo de água.  | Curta: de minutos a uma hora.   | Curta: de minutos a uma hora.  | Sistemas de drenagem sobrecarregados, acúmulo de água e fluxo em lençol       |
| Lençol freático  | Nível baixo: < 0,3 m (1 ft).   | Baixa; não se espera que a velocidade aumente os danos.  | Longa: de 1 a vários dias.  | Longa: de 1 a vários dias.   | De rios, lagos e córregos adjacentes  |
| Sistemas de esgoto                                     | Nível geralmente baixo: < 0,3 m (1 ft).  | Baixa; não é esperado que a velocidade aumente os danos.   | Curta: de minutos a uma hora.   | Curta: de minutos a uma hora.  | Fluxo de vasos sanitários, drenos de piso e pias                              |



### 3.5 O impacto de inundações

Os bens essenciais da unidade devem ser inventariados e o impacto da inundação deve ser considerado. Além dos danos a edificações, os itens a serem considerados incluem equipamentos (que, uma vez danificados, causarão um gargalo na retomada das operações), sistemas de informação, equipamentos com longo prazo para entrega, painéis de distribuição, e alimentação elétrica.

Os danos por inundação a equipamentos de proteção contra incêndio apresentam uma série de problemas significativos. A água de inundação muitas vezes transporta detritos pesados que podem romper tanques de líquidos igníferos e danificar tubulações de líquidos igníferos e gás inflamável. Curtos-circuitos elétricos e outras fontes de ignição podem iniciar um incêndio. Uma vez iniciado um incêndio, o corpo de bombeiros local pode não ser capaz de acessar o incêndio devido a uma inundação. Os sprinklers automáticos e as bombas de incêndio também podem ser danificados. Portanto, sempre posicione as válvulas de sprinklers automáticos e bombas fora de áreas propensas a inundação.

O impacto nos serviços de utilidades deve ser compreendido. Esteja atento a subestações subterrâneas, equipamentos e compartimentos de transformadores. A rede pública de água, o esgoto e descarte, a rede elétrica (geração, transmissão e distribuição), as telecomunicações, a rede de gás natural, a refrigeração, o vapor, etc. podem ser afetados.

O acesso à unidade pode ser restrito ou interrompido, mesmo que a unidade em si não seja afetada. As rotas normais de abastecimento, inclusive rodovias e ferrovias, podem ser fechadas devido a inundações por longos períodos.

### 3.6 Compreensão de todas as soluções possíveis; construção ou reforma em áreas propensas a inundação: é necessária uma estratégia

Esta norma técnica aborda uma grande variedade de soluções físicas para reduzir a severidade de uma inundação em uma unidade quando a construção em áreas expostas não pode ser evitada. Soluções de elemento humano (aquelas que exigem resposta humana durante inundações) só devem ser consideradas confiáveis depois que todas as soluções físicas práticas tiverem sido incorporadas ao projeto.

Uma estratégia cuidadosamente planejada deve ser desenvolvida e executada durante as fases de concepção e construção do projeto a fim de minimizar os danos que serão causados por uma inundação. A estratégia definitiva é garantir que a maior parte da unidade possa continuar operando sem pausas durante inundações.

Há muitos conceitos que podem ser usados para ajudar a reduzir danos e paradas causados por inundações. As opções lógicas por ordem de confiabilidade são:

- A. Projetar a unidade a ser construída fora de qualquer risco de inundação (construção nova) ou transferir permanentemente a unidade existente.
- B. Elevar a unidade acima do nível de excedência anual de 0,2% (500 anos) (para novas construções).
- C. Construir defesas contra inundação de excedência anual de 0,2% (500 anos) em torno da unidade.
- D. Proteger uma parte dos bens essenciais da unidade elevando-a acima ou conforme os padrões de excedência anual de 0,2% (500 anos). Por exemplo, construção de barragens de nível baixo ou paredes contra inundação, paisagismo e muros para redirecionar a água da chuva e o fluxo em lençol para longe de áreas importantes.

E. Posicionar dispositivos de emergência e estabelecer planos de resposta a emergências até que soluções permanentes sejam implementadas. Isso pode incluir a transferência de equipamentos e linhas de produção para áreas mais elevadas do que a inundação. Consulte a Norma Técnica 10-2, *Emergency Response*.

F. Desenvolver planos para compensar a produção enquanto a unidade é reparada.

Se não for viável ou economicamente possível atingir o padrão de excedência anual de 0,2% (500 anos), deve ser considerada a recorrência de 100 anos. Ao decidir sobre a melhor estratégia, os seguintes aspectos devem ser considerados: probabilidade de inundação, danos previstos e custos de seguro, e impacto sobre a imagem pública e sobre os clientes durante a vida útil da unidade.

Uma das desvantagens de elevar toda a unidade para fora do risco de inundação é que isso pode ser caro e nem sempre viável. Quando a elevação de toda a unidade não for possível, será necessário determinar quais edificações e áreas da unidade estão sujeitas a inundação e concentrar-se em minimizar o impacto que uma inundação teria nas áreas mais baixas, tanto em termos de danos físicos quanto de interrupção do negócio.

Muitas vezes, a abordagem mais eficaz de mitigação de inundações é uma combinação de abordagens. É necessário um projeto adequado das edificações sujeitas a inundação para manter os danos a um nível mínimo. Águas de inundação rasas que enchem porões raramente danificam a estrutura básica ou o piso acima. Os danos estruturais passam a ser uma possibilidade quando águas profundas se elevam até as paredes do andar térreo. Danos em paredes do nível térreo ou abaixo dele normalmente não ocorrem quando a água sobe igualmente tanto dentro quanto fora, pois as forças são equilibradas hidrosticamente. No entanto, águas que se elevam apenas na parte exterior podem rapidamente sobrecarregar uma parede e o piso de níveis térreos e inferiores e causar seu colapso ou sua elevação. Uma elevação de nível de vários metros de água contra um lado de uma parede de tijolos ou blocos de concreto não reforçada é um motivo de preocupação.

Uma das etapas mais importantes para garantir que os danos por inundação sejam minimizados após o recuo da inundação de edificações é sua limpeza rápida. Para fazer uma limpeza rápida, a energia elétrica, o aquecimento e o ar condicionado devem ser restaurados rapidamente.

Portanto, ao projetar a unidade ou selecionar equipamentos para sistemas de energia elétrica e ar condicionado, considere o seguinte:

A. Equipamentos elétricos, particularmente transformadores do tipo seco, disjuntores de alta tensão a ar e equipamentos de controle modernos que utilizam circuitos semicondutores são altamente suscetíveis a danos por água.

B. Caldeiras, fornalhas e fornos sofrerão danos extensos. Se a água de inundação se elevar enquanto os equipamentos estiverem acesos ou ainda quentes, eles ficarão suscetíveis a uma deformação permanente considerável. O lodo mais fino penetrará em tubulações dos sistemas de combustão, assim como nos queimadores.

C. Os tanques podem sofrer grandes danos. Tanques podem sofrer dano hidrostático, assim como o piso da edificação e equipamentos ao redor. Tanques de estocagem podem também se mover e encher, rompendo tubulações e conexões. O conteúdo liberado pode contaminar outras áreas.

D. Equipamentos localizados em áreas externas, embora adequadamente resistentes às intempéries, estão sujeitos aos mesmos danos que os equipamentos localizados em ambientes internos. A proteção contra as intempéries geralmente não é suficientemente estanque para evitar a entrada de água de inundação. Velocidades superiores a 0,2 m/s (7 fps) derrubarão equipamentos externos que não tenham sido especificamente projetados para resistir à força da água de inundação em movimento.

Porões são inundados com mais frequência pelo fato de estarem rebaixados. Os equipamentos elétricos, de processo e analíticos importantes muitas vezes estão localizados em porões, e pequenos eventos de inundação que envolvam o porão já causaram grandes danos patrimoniais e o fechamento prolongado de unidades ou linhas de produção.

### 3.6.1 Borda livre é uma consideração essencial no projeto

Borda livre é a diferença entre a elevação do piso, a elevação dos equipamentos, a elevação do estoque, etc. de uma edificação ou entre o topo de um sistema de defesa contra inundação e o nível da inundação. É um fator (margem) de segurança para compensar incertezas de cálculo (hidrológico, hidráulico, topográfico, etc.) do nível de inundação devido a imprecisão na modelagem da inundação, mudanças naturais e artificiais no curso da água, aumento do escoamento devido à urbanização, e mudanças na exposição a inundações ao longo da vida útil da unidade (mudança climática), ou para reservar uma folga para o caso de ondas inesperadas devido a tráfego de veículos ou vento. Providenciar uma borda livre como parte dos critérios de projeto ajudará a reduzir a probabilidade ou quantidade de danos que uma mudança imprevista causará ao longo da vida útil de uma unidade.

A seleção da altura de borda livre a ser usada deve se basear em fatores críticos, como:

- A. Suscetibilidade da edificação a danos. As ocupações que não possam tolerar água em nenhuma circunstância dentro da edificação ou perto dela devem ter uma borda livre maior. Exemplos de ocupações altamente suscetíveis incluem hospitais, operações farmacêuticas e locais com salas limpas.
- B. Áreas com inundações frequentes que se aproximem ou excedam o nível regulatório de inundação (por exemplo, níveis de projeto incorretos ou com necessidade de atualização).
- C. Áreas para as quais os mapas e estudos de inundação têm mais de 10 anos.
- D. Áreas nas quais o desenvolvimento a montante de terrenos vazios aumentou drasticamente (ou cujo aumento está previsto) desde que o último mapa de inundação foi desenvolvido.
- E. Níveis de água afetados por bloqueio por detritos, deslizamentos de terra ou operação incorreta de estruturas hidráulicas.
- F. É recomendada uma borda livre mínima de 0,6 m (2 ft).

### 3.7 Seleção de barreiras para proteção das aberturas de edificações

Sempre que possível, todas as aberturas desnecessárias que permitirão a entrada de água de inundação em uma edificação devem ser eliminadas. Nas restantes, barreiras contra inundação podem ser usadas em conjunto com outras melhorias de baixo custo para reduzir a probabilidade da entrada de grandes volumes de água na estrutura da edificação. Se for inviável impedir a entrada de água na edificação, ainda será possível limitar os danos com a construção de proteção interna.

Por exemplo, a construção de paredes de proteção contra inundação ao redor de salas internas importantes e áreas de fabricação ou equipamentos pode ser uma maneira econômica de reduzir danos por inundação. Outro método é impermeabilizar e reforçar as divisórias existentes e equipar as aberturas com comportas ao redor de equipamentos mecânicos vitais, como fornalhas, caldeiras, computadores e painéis de distribuição eletrônicos. O objetivo desta orientação é reduzir a alguns centímetros de profundidade o volume de água que entrará e será acumulado no interior da edificação. As instalações que não toleram a entrada de água em nenhum volume devem ser transferidas para outra área, e as ocupações importantes devem ser elevadas acima da elevação de inundação prevista de excedência anual de 0,2% (500 anos) e incluir 0,3 a 0,6 m (1 a 2 ft) de borda livre.

Muitas vezes, não é possível vedar ou instalar guias de contenção em torno de cada abertura de acesso de pessoas ou veículos. Parte do esquema de proteção contra inundação pode precisar incluir comportas que requerem montagem. Portanto, deve ser selecionada uma comporta certificada pela FM Approvals que possa ser instalada em curto espaço de tempo. A melhor opção é uma comporta que fique montada permanentemente ao lado da abertura e possa ser posicionada rapidamente. O ideal é que a comporta seja projetada para permitir que uma pessoa sem treinamento possa fechá-la. Outro benefício das comportas montadas permanentemente é que elas ficam menos sujeitas a roubo ou extravio. As desvantagens dessas comportas, no entanto, são que elas podem ser mais caras que outros tipos e, muitas vezes, não são esteticamente agradáveis.

### 3.7.1 Comportas permanentemente montadas

#### 3.7.1.1 Comportas articuladas/pivotantes

Essas comportas ficam permanentemente em posição e são rotacionadas para fechar. Algumas barreiras são articuladas por dobradiças em paredes, de forma similar a portas; outras são articuladas no chão e viradas para fora quando posicionadas. (Veja as Figuras 2, 3 e 4)

Facilidade de operação/treinamento necessário:

- Uma comporta devidamente projetada e articulada é muito simples de fechar.
- Comportas articuladas para proteção de portas de acesso de pessoas podem ser fechadas por uma pessoa.
- Comportas articuladas para aberturas de acesso de veículos podem exigir várias pessoas para serem fechadas.
- Portas bem projetadas requerem treinamento mínimo.

Tempo de posicionamento: as comportas podem ser fechadas em questão de minutos.

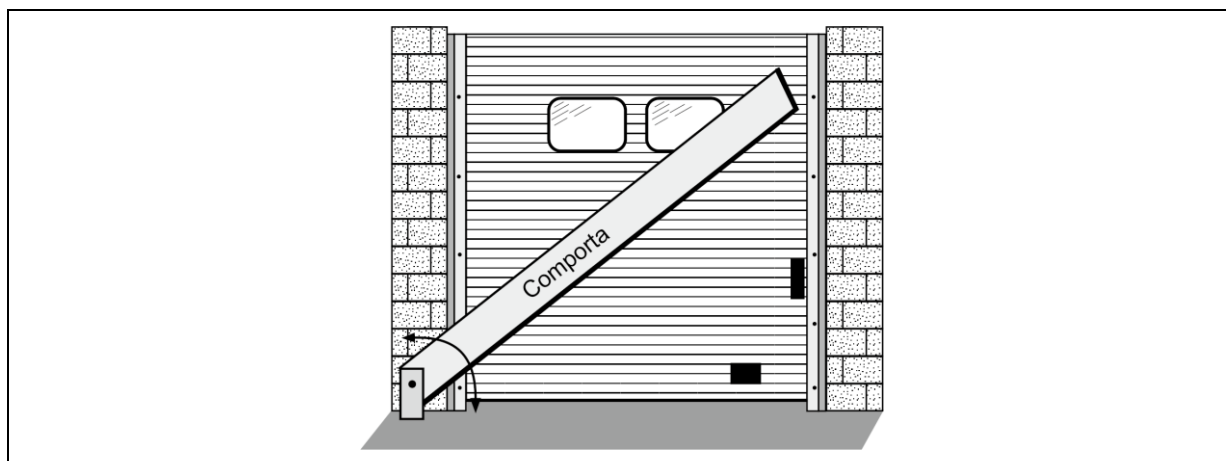


Fig. 2. Comporta pivotante com um único ponto de pivotamento

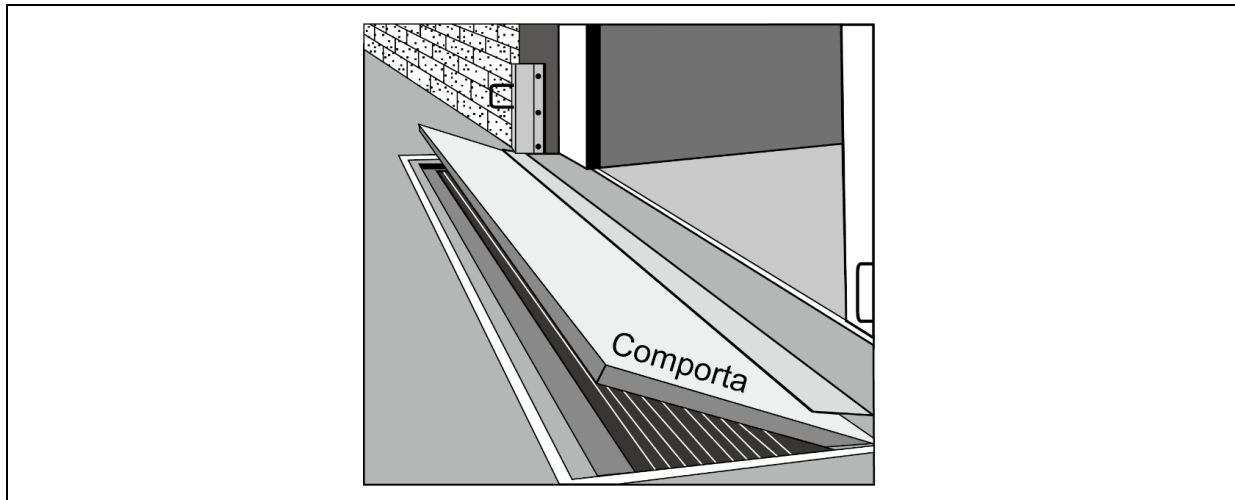


Fig. 3. Comporta do tipo articulada armazenada no chão, parcialmente posicionada

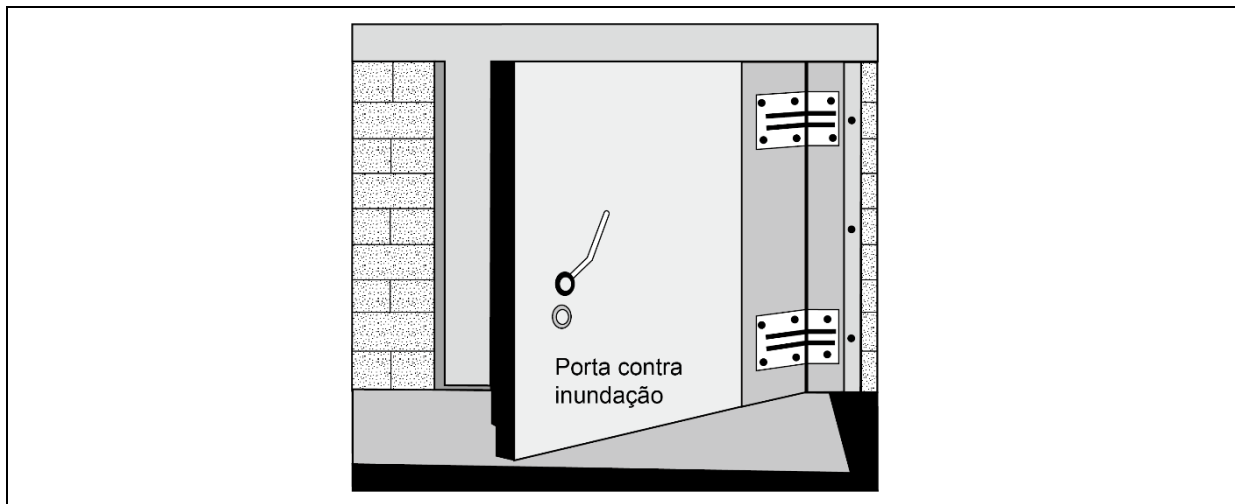


Fig. 4. Comporta articulada do tipo portão, parcialmente posicionada

### 3.7.1.2 Comportas rolantes

As comportas rolantes ficam permanentemente em posição e são fechadas por deslizamento. O mecanismo de rolagem deve ser inspecionado periodicamente e mantido livre de detritos e água parada. Em climas frios, o gelo pode se acumular nos trilhos e prejudicar a pronta operação. (Veja a Figura 5.)

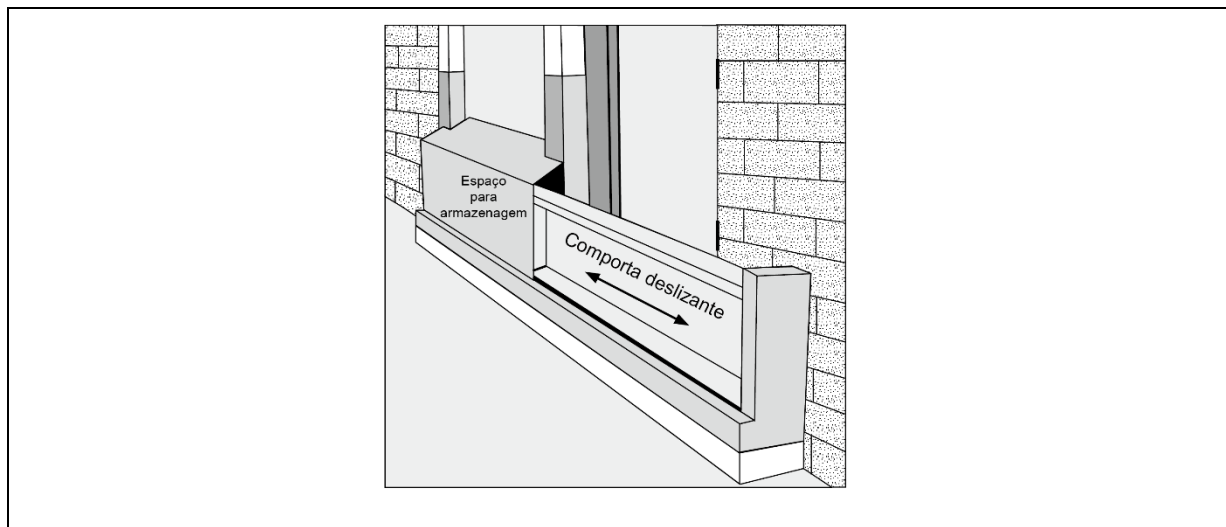


Fig. 5. Comporta rolante, já posicionada

Facilidade de operação/treinamento necessário:

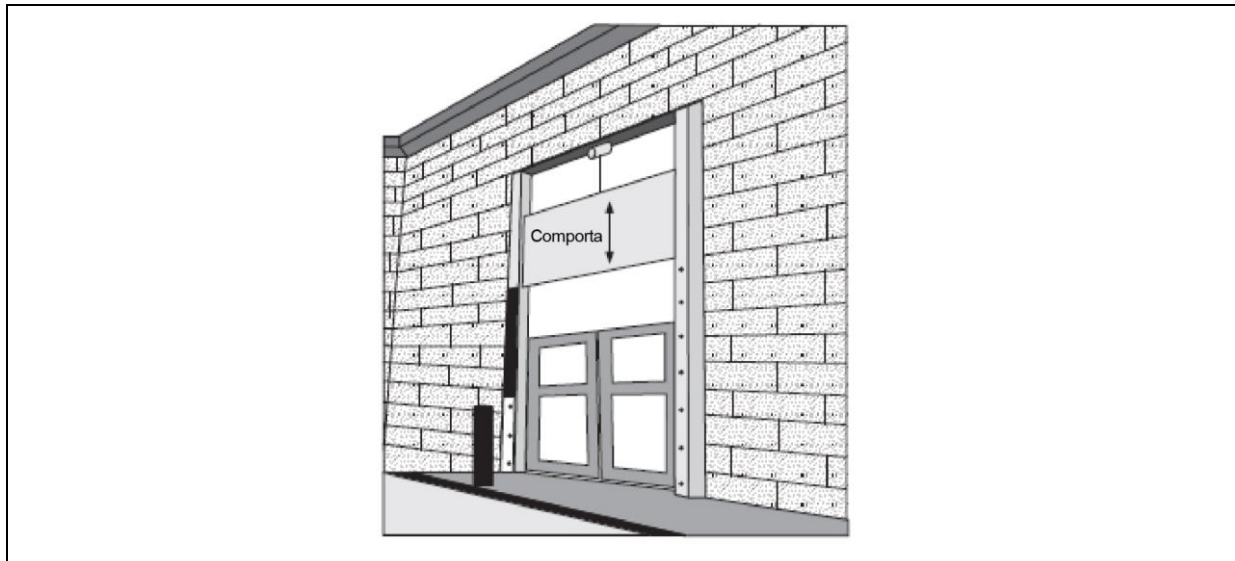
- Uma comporta rolante devidamente projetada é muito simples de fechar.
- Comportas rolantes para proteção de portas de acesso de pessoas podem ser fechadas por uma pessoa.
- Comportas rolantes para aberturas de acesso de veículos podem exigir várias pessoas para ser fechadas.
- Portas bem projetadas requerem treinamento mínimo para serem fechadas.

Tempo de posicionamento: as comportas podem ser fechadas em questão de minutos.

### 3.7.1.3 Comportas com fechamento vertical

Essas comportas têm manutenção preventiva, facilidade de operação e questões de treinamento similares às das comportas rolantes. (Veja a Figura 6.)





*Fig. 6. Comporta com fechamento vertical, mostrada na posição de armazenagem*

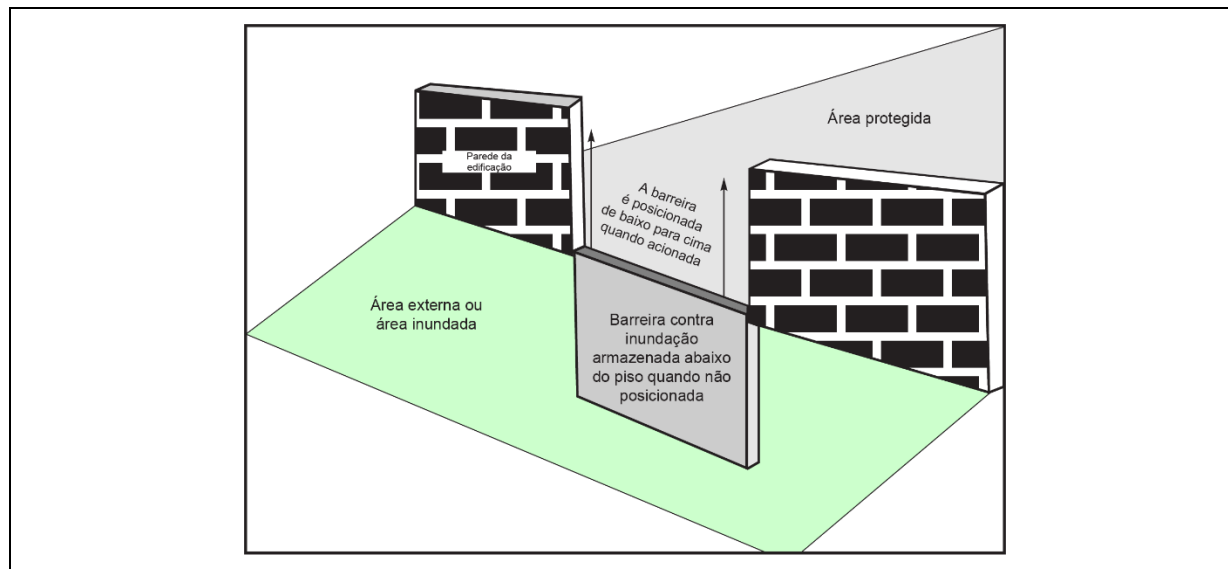
Facilidade de operação e treinamento necessário:

- A. Uma comporta com fechamento vertical devidamente projetada é muito simples de fechar.
- B. Comportas com fechamento vertical para proteção de portas de acesso de pessoas podem ser fechadas por uma pessoa.
- C. Comportas grandes para aberturas de acesso de veículos podem exigir equipamento mecânico para serem fechadas; esse equipamento deve ser projetado como parte da comporta.
- D. Comportas bem projetadas requerem treinamento mínimo para serem fechadas.

Tempo de posicionamento: as comportas podem ser fechadas em questão de minutos se o equipamento relacionado fizer parte do projeto.

#### **3.7.1.4 Barreiras e comportas automáticas contra inundação**

Uma barreira automática contra inundação pode ser instalada em uma porta de acesso existente (veja a Figura 7). Quando não é necessária, ela fica armazenada verticalmente abaixo do piso. Isso permite o acesso normal à sala até que ocorra uma inundação. O primeiro fluxo de água para a barreira fará com que ela seja posicionada automaticamente. O uso dessa barreira elimina a necessidade de contenção na abertura. A instalação requer a remoção de uma seção do piso e a colocação de uma fundação para instalar a barreira.



*Fig. 7. Barreira automática contra inundação*

Facilidade de operação e treinamento necessário:

- A. Operação totalmente automática.
- B. Deve ser projetada para permitir o posicionamento manual para inspeção e manutenção ou para garantir o posicionamento.
- C. A instalação está disponível tanto dentro quanto fora de portas externas.
- D. Deve ser mantida livre de detritos para permitir a operação adequada.

Tempo de posicionamento: Abertura automática ou manual em minutos.

### 3.7.1.5 Proteção contra abertura de janelas

Esse tipo de barreira contra inundação pode ser instalado em janelas existentes (veja a Figura 8). Os dispositivos de proteção são feitos de metal e podem ser articulados a partir da parte superior, inferior ou das laterais. Eles são fechados manualmente.

Facilidade de operação e treinamento necessário:

- A. Posicionada manualmente.
- B. Normalmente, o fechamento do dispositivo é fácil.
- C. Recomenda-se a simulação da montagem uma vez por ano.

Tempo de posicionamento: O fechamento desse tipo de barreira pode ser feito rapidamente, uma vez que ela fica montada permanentemente.

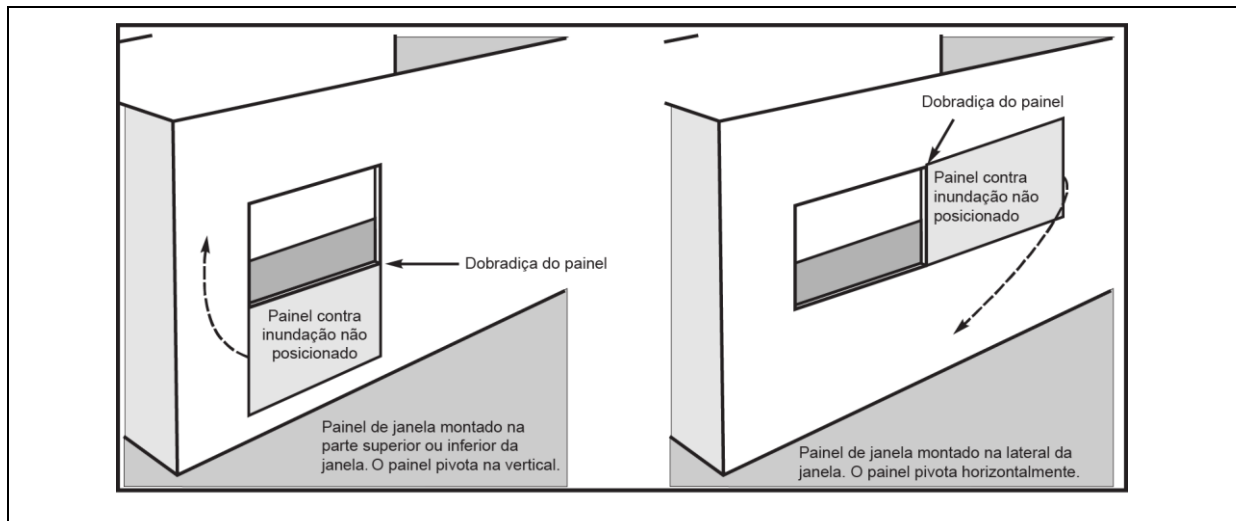


Fig. 8. Proteção para janelas

### 3.7.1.6 Portas para pedestres simples ou duplas

Essas portas são projetadas para funcionar como portas regulares para pedestres quando não há inundação. Para evitar danos por impacto de detritos transportados pela água, as portas são feitas de metal. Algumas portas têm travas adicionais que devem ser fechadas à medida que a inundação se aproximar.

Facilidade de operação e treinamento necessário:

- A. Operação totalmente automática ou com travas de fechamento simples.
- B. Deve ser mantida livre de detritos para permitir a operação adequada.

### 3.7.2 Comportas que requerem montagem

#### 3.7.2.1 Barreiras removíveis

Esse tipo de comporta é montado na própria abertura. Uma série de elementos de bloqueio (placas de madeira, aço ou alumínio) é montada na abertura de acordo com a necessidade. Normalmente, a abertura que está sendo protegida terá uma estrutura montada permanentemente de cada lado, para encaixe dos elementos de bloqueio (veja a Figura 9). Para aberturas grandes, um ou vários suportes intermediários são usados para abranger toda a abertura. Esses suportes intermediários devem ser fixados ao piso por meio de chumbadores ou um de um canal de fundação (veja a Figura 10). Essas comportas podem exigir a instalação de gaxetas de borracha entre os elementos de bloqueio, a edificação e a soleira. Frequentemente, são acrescentados filmes plásticos e sacos de areia resistentes a rasgos na frente dos elementos de bloqueio para reduzir ainda mais a infiltração de água.

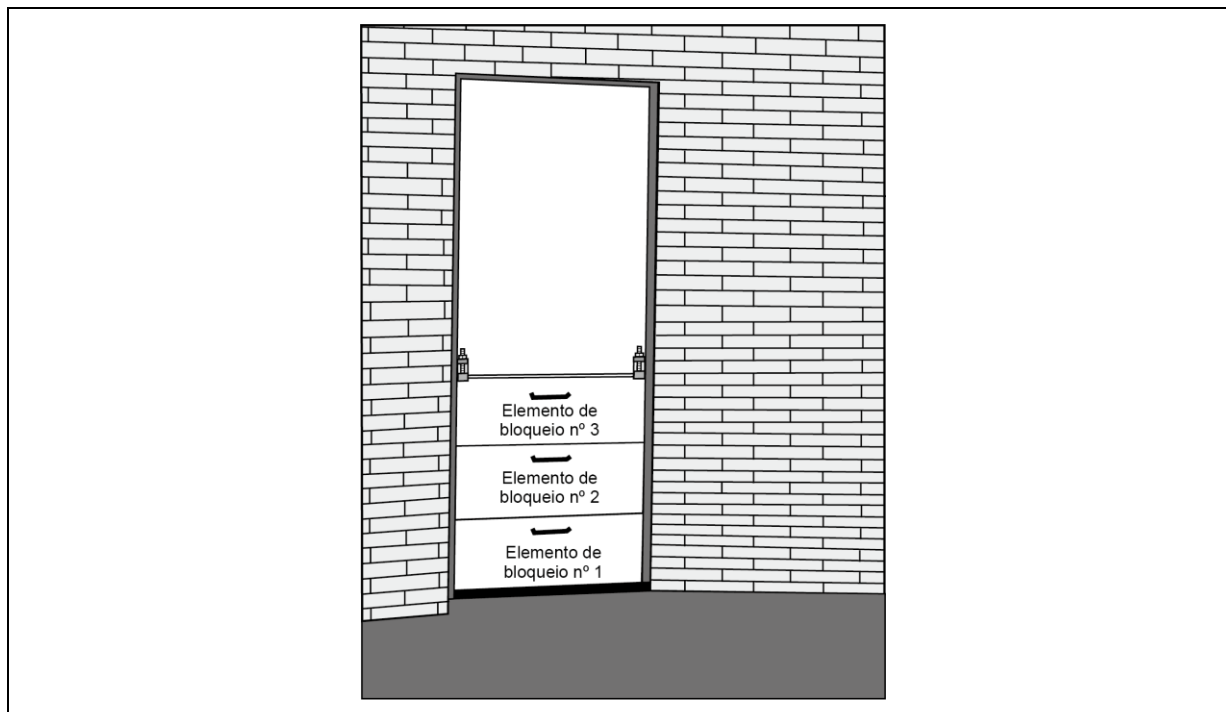


Fig. 9. Três elementos de bloqueio posicionados em uma porta de acesso

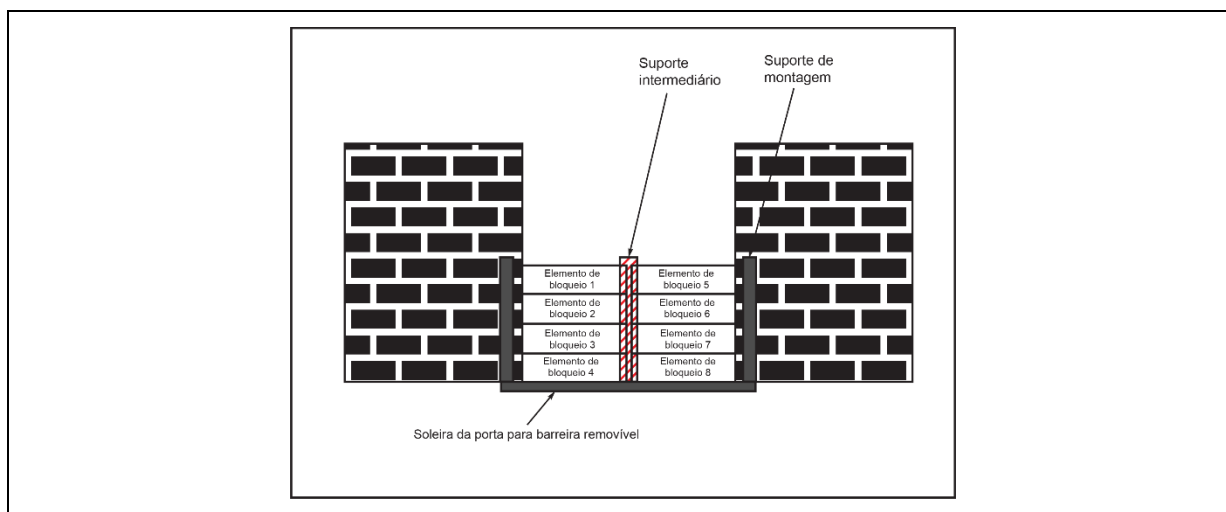


Fig. 10. Abertura grande protegida por elementos de bloqueio com suporte intermediário

As barreiras removíveis para proteção de portas de acesso de pessoas são projetadas para que possam ser erguidas por uma ou duas pessoas e posicionadas. A altura de cada elemento de bloqueio varia de acordo com a dimensão a ser coberta e o peso do elemento. Geralmente, a altura dos elementos de bloqueio varia de 15 a 60 cm (6 a 24 in). Barreiras removíveis para portas de acesso de veículos podem exigir equipamentos de elevação e suporte vertical na parte central.

Facilidade de operação e treinamento necessário:

A. Os suportes de montagem das barreiras removíveis geralmente são instalados de forma permanente.

- B. Esse sistema tem vários componentes a serem instalados, inclusive os vários elementos de bloqueio e seus fixadores.
- C. O primeiro elemento de bloqueio instalado no nível do piso normalmente tem uma vedação maior na parte inferior.
- D. Todos os sistemas têm um fixador em cada lado que é instalado na parte superior e projetado para comprimir as gaxetas. Alguns projetos também terão dois fixadores para cada elemento de bloqueio.
- E. A ordem incorreta de instalação de elementos de bloqueio compromete a vedação. As barreiras removíveis certificadas pela FM Approvals são marcadas para indicar qual lado dos elementos de bloqueio deve ficar voltado para a água de inundação a fim de garantir a vedação adequada.
- F. Recomenda-se treinamento/montagem uma vez por ano.
- G. Os elementos e as peças para montagem geralmente são armazenados em outro local.

Tempo de posicionamento: a instalação do conjunto de elementos de bloqueio em uma abertura de 2,4 m (8 ft) levará menos de uma hora e dez minutos se os suportes de montagem tiverem sido instalados previamente. A mobilização de pessoal e equipamentos necessários para transportar os componentes do local de armazenagem e montá-los pode ser significativa e deve ser incluída nas estimativas de tempo. Deve ser feita uma montagem de teste para compreender o tempo, os equipamentos e o pessoal necessários para a montagem da barreira.

### 3.7.2.2 Comportas deslizantes

Esse tipo de comporta consiste em uma única barreira que desliza em uma soleira e esquadria permanentes. Essas comportas normalmente são feitas de alumínio para manter o peso baixo. (Veja a Figura 11.)

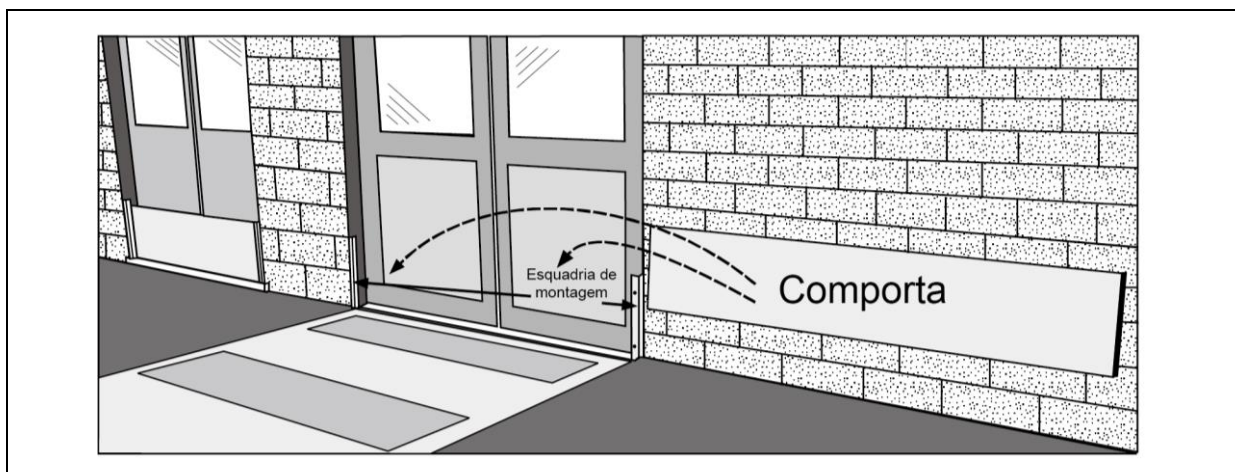


Fig. 11. Comporta deslizante, mostrada na posição de armazenagem ao lado da porta de acesso

Facilidade de operação, treinamento necessário:

- A. Os suportes de montagem geralmente são instalados de forma permanente.

B. Geralmente, as comportas deslizantes são compostas por um único painel. Elas costumam ser de fácil instalação. O peso dos painéis pode exigir mais de uma pessoa para elevá-los ou o uso de um equipamento mecânico de elevação.

C. Recomenda-se a simulação da montagem uma vez por ano.

D. As comportas e as peças para montagem geralmente são armazenadas em outro local.

Tempo de posicionamento: o fechamento desse tipo de comporta pode ser feito rapidamente se ela ficar armazenada perto da abertura. Se for necessário um equipamento mecânico de elevação devido ao peso da comporta, o tempo de posicionamento será maior, caso esse equipamento esteja distante da abertura. A mobilização de pessoal e equipamentos necessários para transportar os componentes do local de armazenagem e montá-los pode ser significativa e deve ser incluída nas estimativas de tempo. Deve ser feita uma montagem de teste para compreender o tempo, os equipamentos e a mão de obra necessários para a montagem da comporta.

Tempo de posicionamento: automática ou alguns minutos, caso sejam necessárias travas manuais.

### 3.7.2.3 Comportas expansíveis com ou sem ferragens de montagem

Essas são comportas que podem utilizar esquadrias de portas existentes ou ser utilizadas com ferragens de montagem permanentemente instaladas. Esse tipo de comporta pode ser usado em série se as ferragens de montagem intermediárias estiverem instaladas. As comportas se expandem para dentro da esquadria da porta ou para as ferragens de montagem. Elas normalmente são feitas com estrutura de aço ou alumínio e uma membrana impermeável e gaxetas para minimizar vazamentos e manter o peso manejável.

Facilidade de operação e treinamento necessário:

A. O dispositivo deve se encaixar perfeitamente na esquadria da porta ou nas ferragens de montagem. Ele deve evitar as ferragens de abertura da porta, inclusive trincos, dobradiças e barras de pânico.

B. Costumam ser de fácil instalação e podem ser posicionadas por uma só pessoa.

C. Se várias comportas precisarem ser instaladas por uma só pessoa, podem ser necessários períodos de descanso durante a instalação.

D. Recomenda-se a simulação da montagem uma vez por ano.

E. As comportas geralmente são armazenadas em outro local.

Tempo de posicionamento: o fechamento desse tipo de comporta pode ser feito rapidamente se ela ficar armazenada perto da abertura. A mobilização de pessoal e equipamentos necessários para transportar os componentes do local de armazenagem e montá-los pode ser significativa e deve ser incluída nas estimativas de tempo. Deve ser feita uma montagem de teste para compreender o tempo e o pessoal necessários para a montagem da comporta.

Tempo de posicionamento: cinco minutos ou menos para uma pessoa treinada.

### 3.7.2.4 Tampas de alçapão

Esses dispositivos cobrem alçapões não estanques para água (veja a Figura 12). Os alçapões podem estar localizados em pisos ou outras superfícies de solo ou em superfícies verticais.



Facilidade de operação e treinamento necessário:

A. A complexidade da instalação varia de acordo com o tamanho, a localização e o projeto da escotilha de acesso.

B. Recomenda-se a simulação da montagem uma vez por ano.

Tempo de posicionamento: varia de acordo com o projeto.

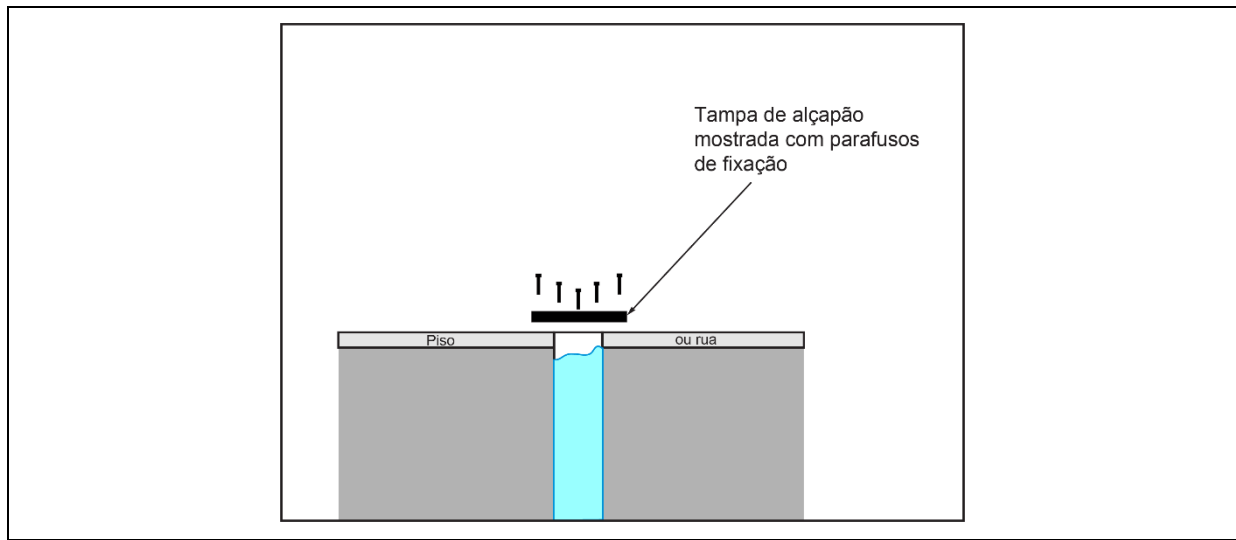


Fig. 12. Tampa de alçapão para túnel vertical

### 3.8 Barreiras perimetrais temporárias distantes de edificações

#### 3.8.1 Balões com água

Esse tipo de proteção contra inundação utiliza tubos feitos de material durável e impermeável; os materiais típicos incluem tecido revestido com poliéster, nylon e PVC (veja a Figura 13). Os tubos são posicionados em uma área livre de detritos ou objetos cortantes. Eles são fixados no solo por meio de cintas de fixação para evitar flutuação ou movimentação devido à velocidade da água; a localização e o espaçamento das fixações variam de acordo com as condições do produto e do solo. O espaçamento dos fixadores deve ser o mais próximo possível de 1,5 m (5 ft).

É necessária uma análise de engenharia para avaliar as condições do solo e determinar os requisitos de fixação. Em certos casos (instalações em solo gramado/solto), são recomendadas plataformas de concreto para a conexão dos dispositivos de fixação. Os fixadores são permanentes ou instalados no momento do posicionamento do tubo. As cintas de fixação são necessárias para evitar rolagem, flutuação e movimentação devido a ondas ou à velocidade da água. O fabricante também pode recomendar o uso de sacos de areia para evitar a rolagem. Alguns fabricantes também cobrem os tubos com filme plástico aderido às superfícies sólidas para reduzir vazamentos. Não podem ser posicionados em colinas, mas podem tolerar solos levemente ásperos.

Facilidade de operação/treinamento necessário:

A montagem desses dispositivos requer uma força de trabalho qualificada/treinada. São necessárias várias pessoas para o posicionamento. O peso dos tubos vazios pode ser significativo. Os tubos também precisarão ser enchidos com uma bomba d'água ou outra fonte de água. As diretrizes de

fixação do fabricante devem ser seguidas. Se for necessário mais de um tubo, o ponto de conexão entre os tubos requer atenção redobrada no momento da montagem. A equipe de montagem também deve estar preparada para reparar vazamentos.

Tempo de posicionamento: a montagem desses tubos requer um tempo considerável. A mobilização de pessoal e equipamentos necessários para o transporte e a montagem pode ser significativa. Consulte o fabricante sobre os tempos de posicionamento estimados durante o processo de seleção. Após o recebimento dos tubos, deve ser feito um teste para compreender o tempo, os equipamentos e o pessoal necessários para a montagem apropriada.

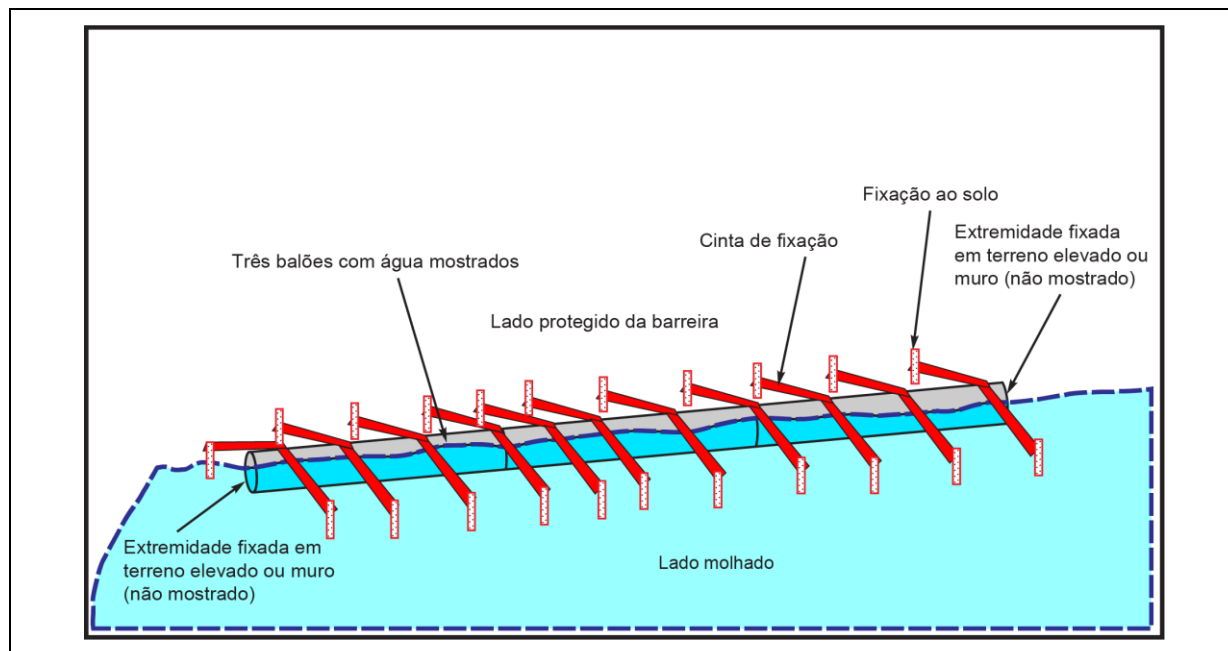


Fig. 13. Balões com água; também pode ser necessário revestimento com filme plástico

### 3.8.2 Recipientes rígidos/moldados cheios de água ou areia

Esse tipo de proteção contra inundação utiliza uma série de recipientes rígidos e moldados, geralmente feitos de plástico ou metal, que são posicionados quando há previsão de danos por inundação (veja as Figuras 14 e 15). Os projetos variam, e algumas unidades requerem fixadores para impedir a movimentação. Siga o método de instalação indicado pelo fabricante.

Facilidade de operação e treinamento necessário:

Esses recipientes requerem equipamentos para o enchimento dos dispositivos e para sua elevação ou vários trabalhadores para a instalação. Os responsáveis pela resposta à inundação deverão ser capazes de utilizar equipamentos mecânicos para encher os recipientes com areia ou água. A equipe também deverá ser capaz de reparar perfurações, especialmente entre as seções.

É necessário treinamento/montagem uma vez por ano. A equipe deve estar preparada para seguir o manual de instalação do fabricante. Os métodos de instalação variam e podem incluir a fixação das unidades ao solo, o intertravamento das unidades e o enchimento das unidades com água, areia ou uma mistura de areia e cascalho, etc.

Tempo de posicionamento: a montagem desses painéis requer um tempo considerável. A mobilização de pessoal e equipamentos necessários para o transporte e a montagem pode ser significativa, mesmo

com um planejamento apropriado. Consulte o fabricante sobre os tempos de posicionamento estimados durante o processo de seleção. Após o recebimento das unidades, deve ser feito um teste para compreender o tempo, os equipamentos e o pessoal necessários para a montagem apropriada.

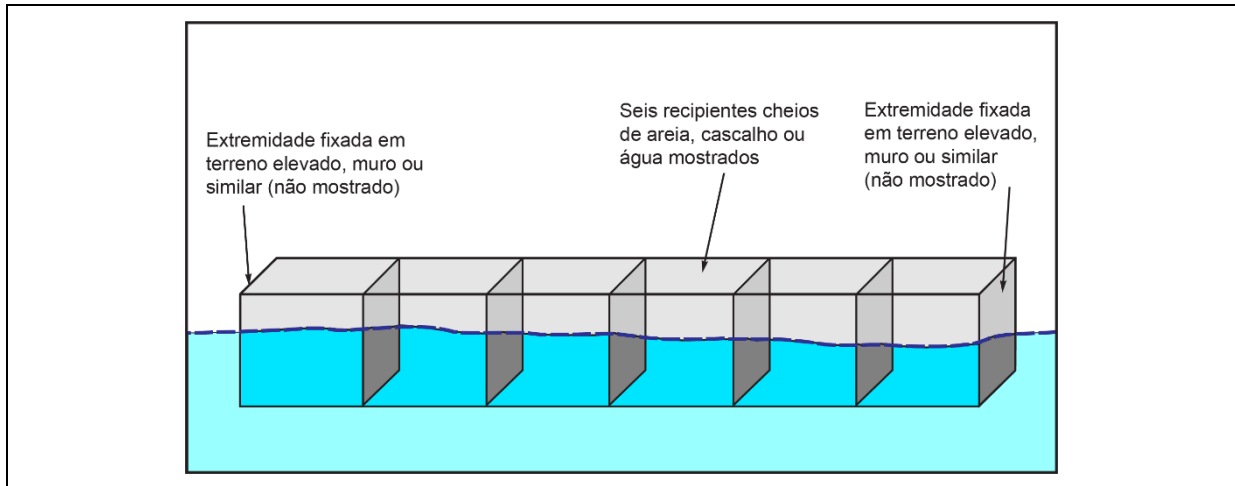


Fig. 14. Recipientes rígidos/moldados cheios de água ou areia

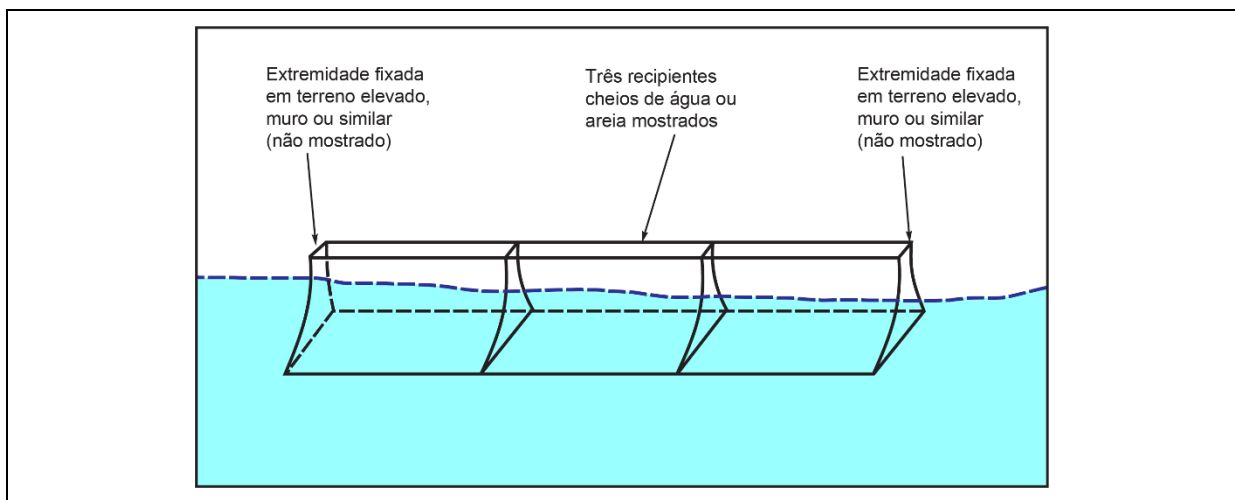


Fig. 15. Recipientes rígidos/moldados cheios de água ou areia

### 3.8.3 Recipientes flexíveis cheios de cascalho ou areia

Esse tipo de proteção contra inundação utiliza uma série de recipientes flexíveis que são posicionados quando há previsão de danos por inundação (veja a Figura 16). Os recipientes podem ter uma estrutura rígida de arame ou madeira e um material de membrana impermeável. Também pode ser colocada uma membrana ou um filme plástico impermeável nos recipientes frontais, a fim de reduzir vazamentos. Esses recipientes apresentam taxas de vazamento variadas, com base no projeto e na instalação; é necessário um planejamento cuidadoso para garantir que as bombas de redução de inundação possam comportar o fluxo de entrada previsto.

Facilidade de operação e treinamento necessário:

Esses recipientes geralmente são mais leves do que os recipientes rígidos, portanto, podem não exigir equipamentos de elevação para o posicionamento. Será necessário equipamento de manuseio de materiais para o enchimento.

É necessário treinamento/montagem uma vez por ano. A equipe deve estar preparada para seguir o manual de instalação do fabricante. Os métodos de instalação variam e podem incluir a fixação das unidades ao solo e o intertravamento das unidades. Os responsáveis pela resposta à inundação deverão ser capazes de utilizar equipamentos mecânicos para encher os recipientes com areia ou cascalho. A equipe também deverá ser capaz de reparar perfurações, especialmente entre as seções.

Tempo de posicionamento: o posicionamento desses dispositivos requer um tempo considerável. A mobilização de pessoal e equipamentos necessários para o transporte e o enchimento pode ser significativa, mesmo com um planejamento apropriado. Consulte o fabricante sobre os tempos de posicionamento estimados durante o processo de seleção. Após o recebimento das unidades, deve ser feito um teste para compreender o tempo, os equipamentos e o pessoal necessários para a montagem apropriada.

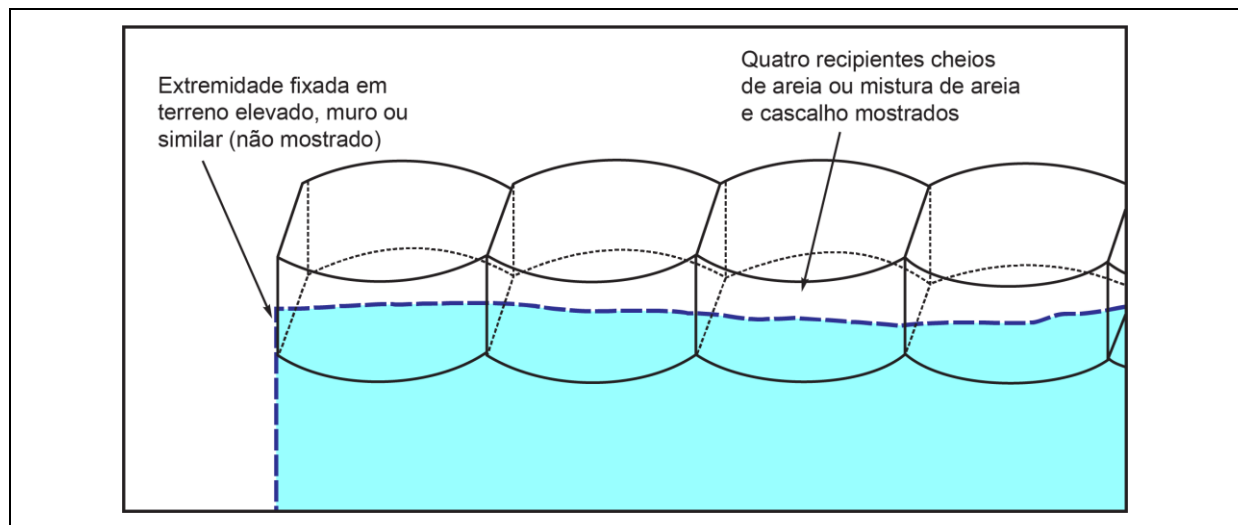


Fig. 16. Recipientes flexíveis cheios de cascalho ou areia

### 3.8.4 Paredes contra inundação posicionáveis sem fundações

Esse tipo de proteção contra inundação utiliza painéis contra inundação que são posicionados quando há previsão de danos por inundação (veja a Figura 17). Alguns tipos utilizam o projeto do produto e o peso da água para evitar a movimentação. Outros podem exigir a fixação ao solo. A localização e o espaçamento das fixações variam de acordo com as condições do produto e do solo. É necessária uma análise de engenharia para avaliar as condições do solo e determinar os requisitos de fixação. Em certos casos (ou seja, instalações em solo gramado/solto), são recomendadas plataformas de concreto para a conexão dos dispositivos de fixação. Elas não devem ser posicionadas em solo arenoso, lodoso ou instável. Terrenos irregulares requerem fundações de concreto.

Facilidade de operação/treinamento necessário: esses painéis exigirão equipamentos de elevação ou vários trabalhadores para a instalação. É necessário treinamento/montagem uma vez por ano. A equipe deve estar preparada para reparar rasgos na lona impermeável entre os painéis.

Tempo de posicionamento: a montagem desses painéis requer um tempo considerável. Um fabricante sugere uma equipe de 10 pessoas para montar 100 m (328 ft) em uma hora. A mobilização de pessoal

e equipamentos necessários para o transporte e a montagem pode ser significativa. Consulte o fabricante sobre os tempos de posicionamento estimados durante o processo de seleção. Após o recebimento dos tubos, deve ser feito um teste para compreender o tempo, os equipamentos e o pessoal necessários para a montagem apropriada.

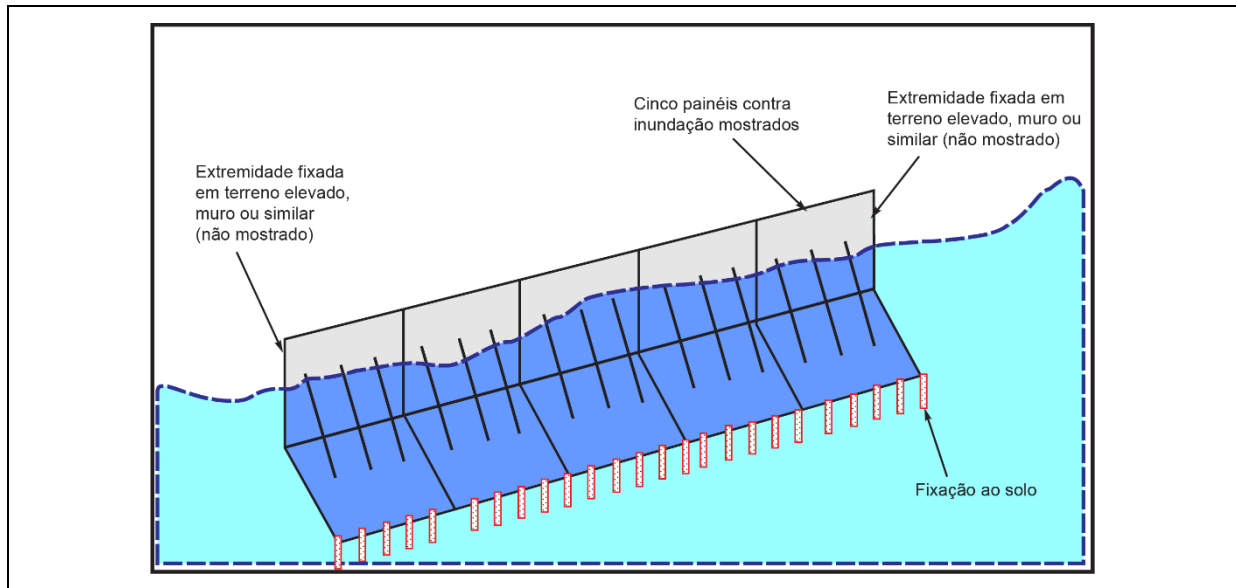


Fig. 17. Paredes contra inundação posicionáveis sem fundações

### 3.8.5 Ensacadeiras de tecido impermeável

Há dois tipos de ensacadeiras de tecido. O primeiro é uma barreira perimetral temporária projetada para ser desenrolada e fixada ao solo por meio de fixadores ou sacos de areia. Esse projeto faz uso da água para ajudar na instalação em termos de altura, vedação ao solo e posicionamento (veja a Figura 18). O posicionamento bem-sucedido pode exigir o uso de cavilhas ou outros itens para criar uma área para a coleta da água no início da inundação.

Outro projeto utiliza uma estrutura rígida, e o tecido impermeável é fixado à armação (veja a Figura 19).

Facilidade de operação e treinamento necessário:

A ensacadeira sem a estrutura rígida é fácil de posicionar e não requer o uso de equipamentos especializados de manuseio de materiais ou elevação. Recomenda-se treinamento anual. A ensacadeira com a estrutura rígida pode exigir equipamentos de manuseio de materiais.

Tempo de posicionamento: O posicionamento é rápido depois que os materiais são trazidos para a área onde serão posicionados.

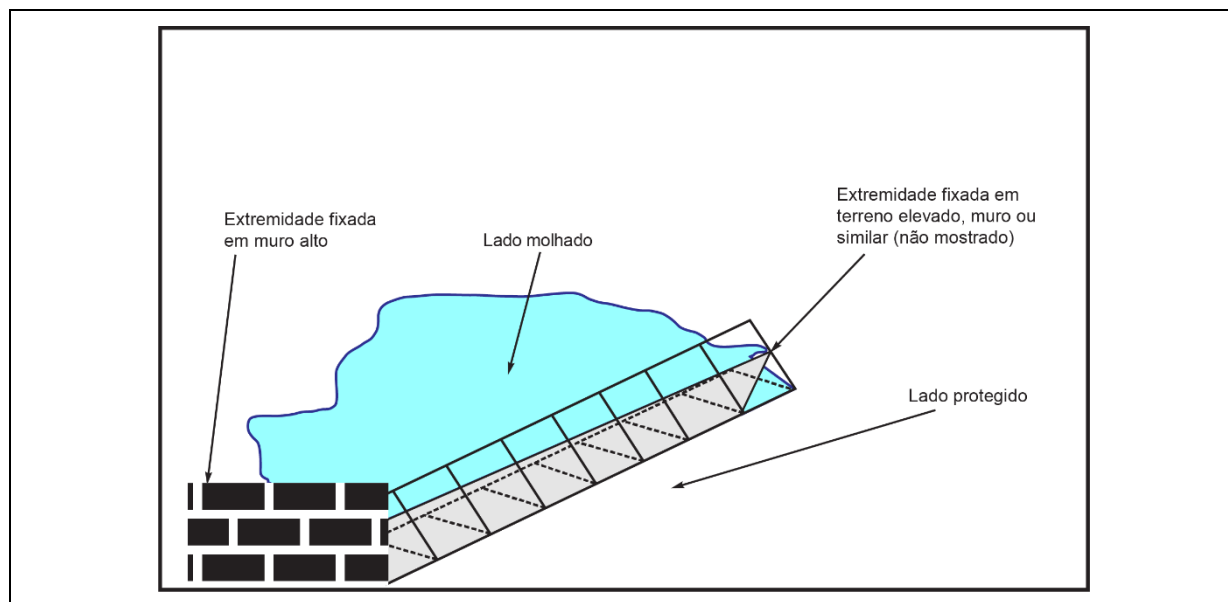


Fig. 18. Ensacadeiras de tecido impermeável sem estrutura rígida; a água mantém o tecido aberto

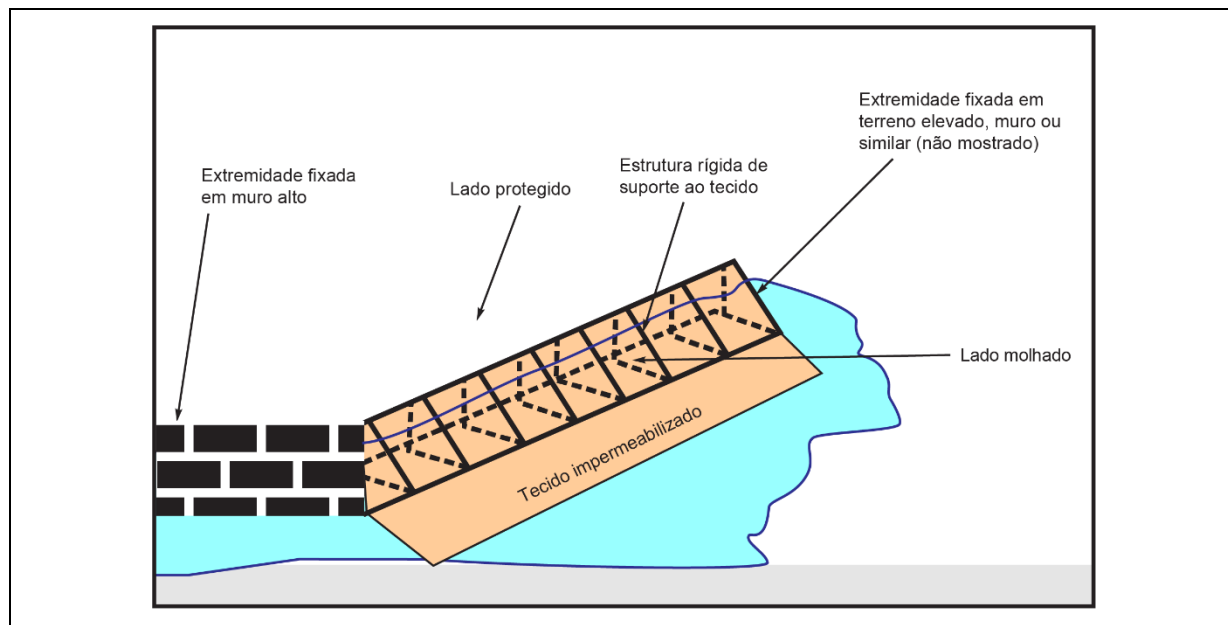


Fig. 19. Ensacadeiras de tecido impermeável com estrutura rígida

### 3.9 Paredes contra inundação sob medida, posicionáveis e semipermanentes

Esses sistemas normalmente são posicionados em áreas nas quais uma parede contra inundação permanente não é uma opção devido à necessidade de acesso ou manutenção da visão quando não há inundação.

Esses dispositivos são essencialmente uma série de elementos de bloqueio instalados entre elementos de suporte verticais. Esse sistema requer uma fundação projetada ao longo do comprimento do sistema (veja a Figura 20). Os elementos de bloqueio devem ter uma boa fundação para desenvolver uma



vedação apropriada, e os elementos de suporte verticais devem ter uma fundação rígida para suportar as forças criadas pela água de inundação. Consulte a Seção 2.2.6.1, Sistemas permanentes de proteção da unidade contra inundação, para orientações adicionais.

Facilidade de operação e treinamento necessário:

Esse tipo de sistema exigirá treinamento significativo para montagem apropriada. Serão necessários equipamentos de manuseio para transportar os materiais da armazenagem para a área de posicionamento. O peso dos elementos de suporte verticais geralmente requer equipamentos de elevação para a instalação dos suportes na fundação projetada.

Tempo de posicionamento: a montagem desses sistemas requer um tempo considerável. A mobilização de pessoal e equipamentos necessários para o transporte e a montagem das paredes pode ser significativa. Consulte o fabricante sobre os tempos de posicionamento estimados durante o processo de seleção. Após o recebimento do sistema, deve ser feito um teste para compreender o tempo, os equipamentos e o pessoal necessários para a montagem apropriada.

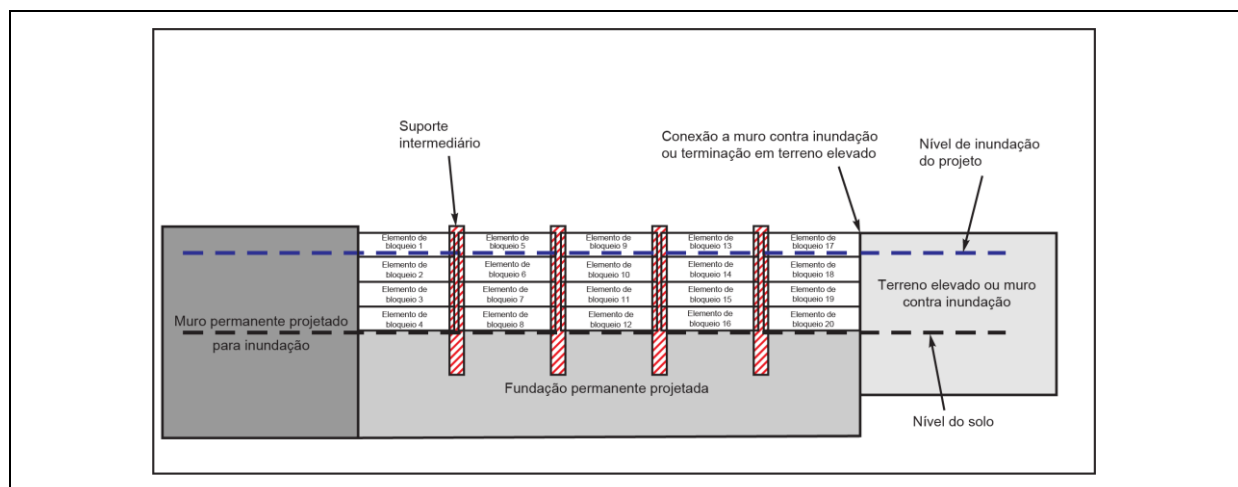


Fig. 20 Paredes contra inundação sob medida, posicionáveis e semipermanentes

## 4.0 REFERÊNCIAS

### 4.1 FM Global

Norma Técnica 10-2, *Emergency Response*

### 4.2 Outros

American Concrete Institute. ACI 318, Building Code Requirements for Structural Concrete.

American Concrete Institute. ACI 423, Recommendations for Concrete Members Prestressed with Unbonded Tendons.

Federal Emergency Management Agency. FEMA Technical Bulletin 1-93, Openings in Foundation Walls., Openings in Foundation Walls.

Federal Emergency Management Agency. Technical Bulletin 8-96, Corrosion Protection for Metal Connectors in Coastal Areas.

International Code Council. International Building Code. Operating Standard 7-88, Ignitable Liquid Storage Tanks

4.2.1 Alguns padrões reconhecidos de dique e muro contra inundação

Construction Industry Research and Information Association (CIRIA). The International Levee Handbook. ISBN 978-0-86017-734-0.

US Army Corps of Engineers (USACE). Design, Construction, and Maintenance of Relief Wells. USACE Engineering Manual No. 1110-2-1914.

US Army Corps of Engineers (USACE). Engineering and Design, Design and Construction of Levees. USACE Engineering Manual No. 1110-2-1913.

US Army Corps of Engineers (USACE). Engineering and Design, Retaining And Flood Walls. USACE Engineering Manual 1110-2-2502.

US Army Corps of Engineers (USACE). Guidelines For Landscape Planting And Vegetation Management At Levees, Floodwalls, Embankment Dams, And Appurtenant Structures. USACE Technical Letter 111-2-571.

US Army Corps of Engineers (USACE). Guidelines for Landscape Planting and Vegetation Management at Levees, Floodwalls, Embankment Dams and Appurtenant Structures. USACE Manual No. 1110-2-53.

US Army Corps of Engineers (USACE). Mechanical And Electrical Design Of Pumping Stations. USACE Manual EM1110-2-3105.

## ANEXO A GLOSSÁRIO DE TERMOS

**Certificado pela FM Approvals:** Produtos ou serviços que atenderam aos critérios para aprovação pela FM Approvals. Consulte o *Approval Guide* para obter uma lista completa dos produtos e serviços certificados pela FM Approvals.

## ANEXO B HISTÓRICO DE REVISÕES DO DOCUMENTO

**Julho de 2023.** Revisão provisória. Foram realizadas pequenas alterações editoriais.

**Abril de 2019.** Revisão provisória. Foram realizadas pequenas alterações editoriais.

**Outubro de 2018.** Revisão provisória. Adicionadas informações de suporte à Seção 3.2, Mapas e dados de inundações, e à Seção 3.4, Compreensão das fontes de inundação e suas características, para abordagem de dados históricos sobre inundações, estrangulamentos de trajetórias de inundação e barragens de controle de inundação.

**Outubro de 2016.** As principais alterações são as seguintes:

A. Expandido o documento para melhor abordagem das soluções para edificações existentes. Reescritas partes da norma técnica para melhor ênfase na prevenção e mitigação de inundações, que é uma abordagem fundamentada em soluções permanentes e medidas de emergência.

B. Adicionadas novas recomendações para a redução de danos em edificações e equipamentos existentes (Seção 2.2.6). Os tópicos dessa seção incluem: Sistemas permanentes de proteção da unidade contra inundação, Proteção total e parcial de edificações, Proteção ou transferência de equipamentos, linhas de produção e/ou armazenagem e Sistemas temporários de proteção perimetral contra inundação.

C. Adicionadas três recomendações (2.2.2.11, 2.2.2.12 e 2.2.2.13) à Seção 2.2.2, Gerenciamento do terreno e do escoamento de água de chuva. Essas recomendações abrangem sistemas de águas pluviais com histórico de inundações, sistemas de tempestades de areia e sistemas de drenagem bombeada em porões.

D. Revisada a Seção 3.0, Ajuda para recomendações, para ajudar o proprietário da edificação a compreender melhor o cenário de inundação e selecionar uma solução apropriada para a reforma de edificações. Adicionadas ou expandidas as informações sobre os seguintes tópicos: mapas e dados de inundações, estudos de inundação específicos da unidade, estudos de rompimento de proteções contra inundação, compreensão do potencial de inundação, compreensão das fontes de inundação e suas características, compreensão do impacto e construção ou reforma em áreas propensas a inundação. Adicionados exemplos de soluções de proteção de aberturas e uma seção sobre proteção perimetral temporária.

**Outubro de 2014.** Revisão provisória. Foram realizadas pequenas alterações editoriais.

**Julho de 2014.** Revisão provisória. Foram realizadas pequenas alterações editoriais.

**Julho de 2012.** Foram feitas as seguintes alterações:

- As Seções 2.2.6 e 3.7 foram adicionadas à norma técnica.

**Setembro de 2010.** Foram realizadas pequenas alterações editoriais.

**Fevereiro de 2010.** Foram realizadas pequenas alterações editoriais.

**Outubro de 2007.** Foram feitas pequenas alterações de texto nesta revisão.

**Março de 2007.** Esta norma técnica foi totalmente reescrita e incorpora o material antes contido nas Normas Técnicas 9-13, *Evaluation of Flood Exposure*, e 9-2, *Surface Water*, que agora estão obsoletas.