



GOVERNO DO ESTADO
RIO GRANDE DO SUL

CONTRATO Nº [--]/2022

**APÊNDICE G – DIRETRIZES PARA O PROJETO DE SISTEMA DE PROTEÇÃO CONTRA AS
ENCHENTES**



PERÍMETRO DO PROJETO DE SISTEMA DE PROTEÇÃO CONTRA AS ENCHENTES



Produto 4.12 do Projeto Básico do Contrato OCS nº 072/2021/SEM - 4400004597, Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social – BNDES e o Consórcio Revitaliza

Estudo de Viabilidade Técnica para substituição de proteção contra enchentes no Cais Mauá

Consoiciante: Patrinvest

Coordenador Técnico: Joel Avruch Glodenfum

Equipe Técnica:

Fernando Dornelles

André Luiz Lopes da Silveira

Fevereiro / 2022

Revisado: Abril 2022

Sumário

1. Contextualização dos estudos	3
2. Definições básicas.....	6
2.1 Dique móvel.....	6
2.2 Classificação dos diques móveis	6
2.3 Conceitos diversos	7
3. Documentos fornecidos pela Contratante	8
3.1 Documentos de Concepção do Sistema com Dique Móvel	8
3.2 Sistemas Móveis de Contenção de Inundações.....	9
3.2.1 Aquafence.....	9
3.2.2 Inero	9
3.2.3 Aquadam	9
3.2.4 AquabARRIER.....	10
4. Análises.....	11
4.1 Da concepção da alternativa	11
4.1.1 Alternativa com Aquadam	12
4.1.2 Alternativa com AquabARRIER	13
4.1.3 Alternativa com Aquafence	14
4.1.4 Alternativa com Inero	15
4.2 Da disponibilidade técnica material dos diques móveis.....	16
4.3 Da análise de implantação.....	21
4.3.1 Implantação do Aquadam	22
4.3.2 Implantação do AquabARRIER.....	25
4.3.3 Implantação do Aquafence.....	26
4.3.4 Implantação do Inero	28
4.4 Da análise de operação e manutenção.....	30
4.5 Da análise da logística.....	31
4.5.1 Logística da Aquadam.....	31
4.5.2 Logística da AquabARRIER.....	33
4.5.3 Logística da Aquafence	34
4.5.4 Logística da Inero	35
4.6 Da análise da eficiência-eficácia-efetividade	35
4.7 Da análise da gestão/gerenciamento	37
5. Conclusão e recomendações	40
6. Bibliografia.....	44
7. Equipe Técnica	46

1. Contextualização dos estudos

O presente laudo refere-se à alternativa de substituição do dique fixo em concreto armado de proteção de Porto Alegre contra inundações do Lago Guaíba por solução proposta pelo Consórcio REVITALIZA, com uso de estruturas móveis num trecho específico de aproximadamente 2.300 metros entre a doca próxima da estação do Trensurb na Rodoviária e o limite da área do Gasômetro. A alternativa foi concebida para seguir a poligonal das docas e do cais no limite destes com o Guaíba, por isso ela tem um comprimento maior, de 3.100 metros. O sistema alternativo é chamado pelo Consórcio de “Sistema de Contenção Perimetral” cuja sigla SCP será adotada doravante.

O foco do laudo é avaliar a factibilidade técnica da substituição mencionada, com a premissa básica de manutenção do mesmo grau de proteção contra inundações do dique fixo, o que envolve diversos aspectos além da simples altura de proteção.

O sistema completo de proteção contra inundações de Porto Alegre possui cerca de 67 km, ao longo das orlas do Gravataí e Guaíba, e é constituído majoritariamente por diques de terra (como base de vias), sendo apenas a parte do “Muro da Mauá”, por exigência técnica, constituída por uma cortina de concreto. Todo o sistema foi concebido com base na cheia de 1941, cujo nível de pico atingiu, em 8 de maio de 1941, a cota de 4,75 m ou seja 1,75 metros acima da cota do cais Mauá. A cheia de 1941 durou no total mais de dois meses, de meados de abril ao início de julho, mas o transbordamento do cais começou no dia 2 de maio (Guimaraens, 2009) e se estendeu, segundo dados disponíveis, até por volta do dia 20 de maio. O sistema de controle de inundações, incluindo o trecho da cortina de concreto (“Muro da Mauá”) teve sua construção finalizada em 1973 com cota de topo de 3,00 m acima da cota do cais, tendo sido incluído um “free-board” de 1,25m acima do pico da inundação. A cortina de concreto estende-se para dentro do solo numa profundidade mínima de 3,00 m, para dar estabilidade e conter percolação subterrânea. A cota de pico da cheia de 1941 por ocasião do projeto do sistema contra inundações foi estimada em 373 anos. Estudos mais recentes, com mais anos de observação, como os que embasaram a construção da BR-448, atualizaram a estimativa do período de retorno da cheia de 1941. A Figura 1 mostra o ajuste da Distribuição Estatística de Gumbel à série de Níveis máximos anuais no Lago Guaíba– Estação Cais Mauá (Série de Dados de 1899 a 2020). Observa-se um ótimo ajuste dos dados observados à Distribuição Teórica de Gumbel. O único valor fora do intervalo de confiança de 95% corresponde à cheia de 1941, indicando sua excepcionalidade. A Tabela 1 apresenta os valores estimados pela Distribuição Teórica de Probabilidade de Gumbel.

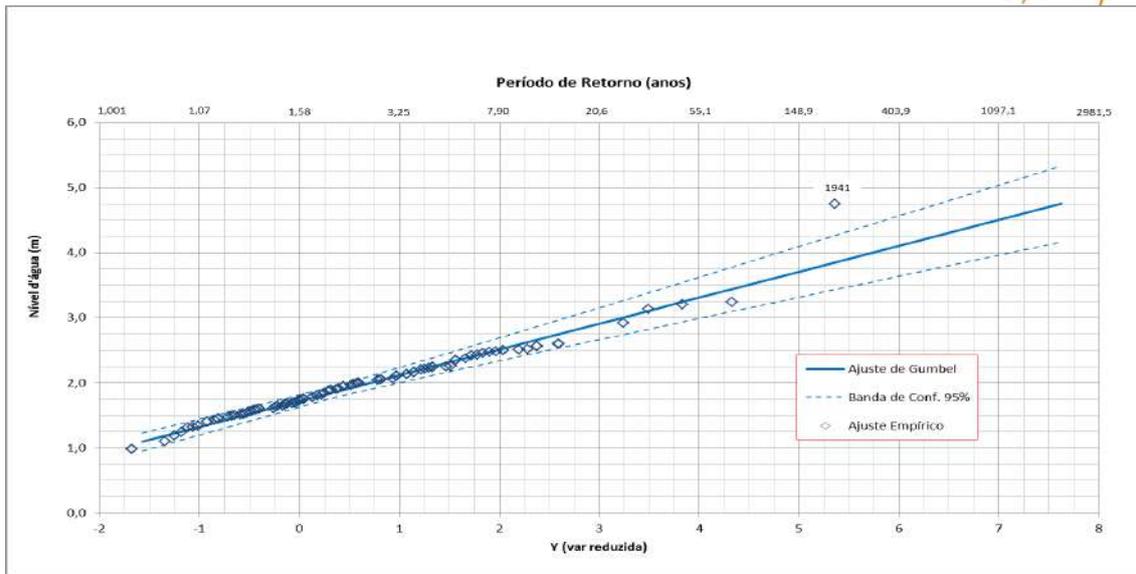


Figura 1 - Ajuste da Distribuição de Gumbel - Níveis máximos anuais no Lago Guaíba – Estação Cais Mauá
Referência de Nível: Zero da Régua – Série de Dados de 1899 a 2020

Tabela 1 – Níveis máximos anuais no Lago Guaíba – Estação Cais Mauá
Estimados pela Distribuição Teórica de Probabilidade de Gumbel
Referência de Nível: Zero da Régua – Série de Dados de 1899 a 2020

Tr (anos)	Nível máximo anual (m)	Intervalo de Confiança (95%) (m)	
		Limite Inferior	Limite Superior
2	1,86	1,78	1,95
5	2,31	2,17	2,45
10	2,61	2,42	2,80
15	2,78	2,56	3,00
20	2,90	2,66	3,14
25	2,99	2,73	3,25
50	3,27	2,96	3,58
75	3,43	3,09	3,77
100	3,55	3,19	3,91
150	3,71	3,32	4,10
200	3,82	3,41	4,23
250	3,91	3,48	4,34
300	3,98	3,54	4,42
400	4,10	3,64	4,56
500	4,19	3,71	4,67
1000	4,46	3,93	4,99
2050	4,75*	4,16	5,33

Níveis máx anuais(m): Média=1,95; DesvioPadrão=0,51; Mínimo=0,98; Máximos=3,24(1936) e 4,75(1941)
Parâmetros da Distribuição de Gumbel: $\alpha = 2,5141$; $\mu = 1,7163$

* Cheia de 1941 – Tr deve ser considerado com cautela - amostra com 120 anos de dados, o que traz incertezas para extrapolações muito acima deste período

O caráter extraordinário do evento de 1941 é também evidenciado pelas seguintes observações:

- os valores máximos anuais observados variam de 0,98 m (em 1901 e 1917) a 3,24 m (em 1936) e 4,75 m (em 1941), apresentando média de 1,96 m e Desvio Padrão de 0,529 m. Na Figura 1 pode-se verificar que a cota de cheia observada em 1941 (4,75 m) está muito acima dos demais valores;
- observa-se, para o evento de 1941, uma estimativa de período de retorno extremamente alto (cerca de 2000 anos). É importante, porém, destacar que este valor de T_r deve ser considerado com cautela, uma vez que a amostra tem apenas 120 anos de dados, o que traz incertezas para extrapolações muito acima deste período;

Destaca-se que a adoção do nível máximo observado em eventos extraordinários, como foi o caso, é usual na determinação da cota de coroamento de sistemas de proteção contra cheias.

O laudo foi contratado pela PATRINVEST INVESTIMENTO, ADMINISTRAÇÃO DE PATRIMÔNIO, INTERMEDIÇÃO E SERVIÇOS LTDA, do consórcio REVITALIZA, sendo a contratada a FUNDAÇÃO DE APOIO DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL (FAURGS), ao Projeto ESTUDOS E PROJETOS DE SEGURANÇA HÍDRICA 2018 IAP-000336, estabelecido com a Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) e executado pelo Instituto de Pesquisas Hidráulicas (IPH). O contrato foi assinado em 27/12/2021.

Este laudo inicialmente estabelece algumas definições básicas que balizam o sentido dos termos e conceitos empregados ao longo do texto.

2. Definições básicas

2.1 Dique móvel

O presente laudo utiliza a palavra “dique” como sinônimo de qualquer barreira para contenção de inundações de um curso d’água. Os diques podem ser em terra, em concreto armado ou de outros materiais. Os diques podem ser fixos, como o dique em concreto armado do Cais Mauá, ou móveis, quando são instalados somente quando há previsão de inundação. Um dique móvel por si só não resolve o problema de percolação subterrânea, que deve ser tratado à parte, porém integradamente ao projeto do dique móvel.

2.2 Classificação dos diques móveis

O presente laudo seguirá a terminologia da publicação “*Temporary and Demountable Flood Protection Guide*” da Agência Ambiental da Grã-Bretanha (Ogunyoye *et al.*, 2011).

Esta publicação classifica os diques móveis em temporários ou desmontáveis. Os diques móveis temporários são aqueles que são totalmente instalados em todas as partes por ocasião da inundação e completamente removidos, sem deixar vestígios, quando a inundação passa. Os diques móveis desmontáveis exigem uma preparação prévia e permanente da superfície onde serão instalados ou armados por ocasião das inundações, como, por exemplo, em alguns casos onde são necessárias esperas (soquetes) no chão para fixação. Ogunyoye *et al.* (2011) incluem entre os diques móveis desmontáveis também aqueles em que todas as peças móveis estão pré-instaladas in loco, dobradas ou deitadas em um nicho esperando serem armadas quando há inundação. Mas, de modo geral, os diques móveis desmontáveis mais comuns são aqueles em que as peças móveis são armazenadas fora do local da barreira.

A Quadro 1 apresenta as concepções mais comuns de diques móveis.

Quadro 1 - Diques móveis mais comuns

Tipo de dique móvel	Classificação
Tubos (ou “barragens”) infláveis, preenchidas com água ou ar	Temporário
Container (recipiente) impermeável preenchido com água ou container (cercado) armado com geotêxtil permeável, preenchido com areia ou solo	Temporário
Barreira com módulos montados lado a lado, feitos de material flexível ou rígido (“ <i>frame barriers</i> ”)	Temporário se não houver fixação em alguma espera ou estrutura permanente
	Desmontável se houver fixação em alguma espera ou estrutura permanente
Barreira com lonas impermeáveis (flexíveis) ou com painéis rígidos estaiados (“ <i>freestanding barriers</i> ”)	Temporário se não houver fixação em alguma espera ou estrutura permanente
	Temporário se não houver fixação em alguma espera ou estrutura permanente

O Consórcio Revitaliza aponta como alternativas técnicas possíveis: duas estruturas do tipo dique móvel temporário (tubos infláveis com água com os nomes comerciais Aquadam e AquabARRIER) e duas que podem tanto ser consideradas como diques móveis temporários quanto desmontáveis (o sistema estaiado Aquafence e o sistema modular Inero).

2.3 Conceitos diversos

Desempenho: capacidade de proteção do dique móvel no cenário desejado. Envolve aspectos físicos como altura de proteção, estanqueidade geral, possibilidade de alteamento durante uso, espaço para montagem, condições da base ou do terreno, flexibilidade para alinhamento poligonal e solução para eventual problema de percolação subterrânea. Como aspectos operacionais o desempenho refere-se à capacidade organizacional em termos de tempo e recursos para colocar as partes móveis no lugar, tendo em vista a previsão temporal e magnitude da inundação que está vindo (inclui tempo de mobilização e execução, disponibilidade de materiais e plantas das estruturas, requisitos de facilidades de armazenamento, transporte e içamento, preparo do local e limpeza e facilidade de instalação). Em termos estruturais, o desempenho vai depender da resistência do dique móvel ao deslizamento, da capacidade de suporte da fundação ou terreno e do controle de percolação (vazamento) na estrutura e sua base e no subterrâneo e sua vulnerabilidade quanto a colisão de embarcações. Inclui, também, resistência a danos e rasgos na estrutura e capacidade imediata de reparo, além da probabilidade desses danos se propagarem por toda a estrutura. Por fim, as estruturas devem ser avaliadas por certificações industriais e garantias dos fabricantes dos diques móveis. A confiabilidade depende disto tudo e do projeto desenvolvido para o sistema.

3. Documentos fornecidos pela Contratante

3.1 Documentos de Concepção do Sistema com Dique Móvel

A concepção da alternativa de substituição do atual sistema de proteção contra inundações do Cais Mauá está contida no Masterplan e no Projeto Conceitual de revitalização do Cais Mauá.

No arquivo em PDF “CAIS MAUÁ-CONCEITUAL-IMPLANTAÇÃO”, é apresentado um projeto em nível de concepção fornecido pela contratante, onde há a informação (nas “Notas Gerais”) de que deverá ser executada elevação de piso de 1,26 m em uma faixa ao longo da orla do cais em forma de arquibancada (degraus), ou seja, uma elevação 1,26 m acima da cota do cais. E que acima desta elevação o sistema de proteção completa-se com sistema removível (dique móvel) de proteção contra inundações. Como é um projeto conceitual, há menção da necessidade ainda de realização do projeto executivo desta alternativa de substituição.

No documento do Masterplan, arquivo PDF “CAIS MAUÁ-MASTERPLAN-R0” com três pranchas, a informação sobre a alternativa de substituição do atual sistema de proteção contra inundações é confirmada ao afirmar que a elevação de 1,26 m (onde serão assentados os diques móveis) será em uma faixa paralela à orla do Cais provida de degraus, arquibancadas e rampas de acessibilidade, entre o início do Setor Gasômetro e o final do Setor de Docas. Em um croqui fica clara a proposta de que, com os diques móveis (chamada no Masterplan de “Proteção Modular Removível”) a altura total de proteção atingirá a mesma altura do atual dique fixo (“Muro da Mauá”), podendo, segundo o documento, o mesmo ser removido.

No mesmo documento Masterplan, são apresentadas imagens de quatro soluções técnicas, nele chamadas de soluções técnicas possíveis, duas eminentemente do tipo dique móvel temporário (tubos infláveis com os nomes comerciais Aquadam e AquabARRIER) e duas que podem tanto serem consideradas como diques móveis temporários quanto desmontáveis (o sistema estaiado Aquafence e o sistema modular Inero).

O terceiro e último documento fornecido quanto à concepção foi o arquivo PDF “DP-CAIS-B2+BOMBEIROS” que é uma prancha também com identificação no selo de “Projeto Conceitual”. O mesmo detalha a proposta para a área específica dedicada ao Corpo de Bombeiros, num trecho restrito onde a solução removível dá lugar a um muro anti-inundação de 3,00 m de altura, cujo traçado deixa livre um recuo não protegido chamado de “Plataforma de Atracação”.

3.2 Sistemas Móveis de Contenção de Inundações

A Contratante enviou documentação de quatro sistemas móveis (ou removíveis) de contenção de inundações. A seguir é apresentado o que constou da “pasta” digital intitulada “Cais Mauá-Barreiras-cotações”.

3.2.1 Aquafence

O documento enviado em PDF, “Aquafence-Inquiry” responde dando estimativa de custo do sistema móvel V1800 da Aquafence, que é um dique móvel de 1,80 m de altura. Foi o único documento enviado sobre a Aquafence na pasta “Cais Mauá-Barreiras-cotações”. No quesito altura, considerando a elevação da orla em 1,26 m, a soma dá 3,06 m satisfazendo o mínimo de 3,00 m de proteção acima da cota do cais.

3.2.2 Inero

Foram enviados sete arquivos em PDF. No arquivo “0. Inero Inquiry” são apresentadas algumas informações gerais sobre a Inero, com sites a visitar e por fim é apresentado um orçamento. No arquivo “1. Introduction to Inero company and the products” repetem-se informações gerais da empresa e são sugeridos vídeos de aplicações e testes de resistência a impactos e ondas. O documento “2. H150_ENG” é um folder com especificações do dique móvel INERO™ FLOOD BARRIER H 150, com altura de 1,50 m. O arquivo “3. H150_+20_ENG TECH_2020” traz o folder do dique móvel INERO FLOOD BARRIER H150+20 que protege até altura de 1,70 m. No arquivo “4. Steel pallet H150” vem o folder de um pallet especialmente desenhado para estocagem e transporte do dique H 150. No arquivo “5. Steel pallet heavy chain_2020” há mais informações sobre pallets de estocagem e transporte. Por fim, no arquivo “6. Quick Guide_ENG_2020” vem um resumido guia rápido fotográfico dos diques INERO. No quesito altura, considerando a elevação da orla em 1,26 m, a soma dá 2,96 m, faltando quatro centímetros para satisfazer o mínimo de 3,00 m de proteção acima da cota do cais.

3.2.3 Aquadam

O documento “Aquadam Inquiry” responde a um pedido de orçamento, sendo referência a barreira AquaDam de 1,80 m de altura, que é uma barreira efetiva para conter uma inundação de 1,37 m de altura. No arquivo “AquaDam Material Specs 2018” são apresentadas as especificações básicas de diversos modelos para conter inundações com profundidades efetivas de 0,23 a 3,20 m. Em “AquaDam Standard Price List 2018” consta um guia de preços de todas as alternativas de altura. No arquivo “Quick Install Guide 2019-1”, o próprio nome diz tem um guia rápido ilustrado de

instalação das barreiras. Já o arquivo “User’s Guide 2019” é um guia de instalação com mais conteúdo. No quesito altura, considerando a elevação da orla em 1,26 m, a soma com 1,80 m dá 3,06 m satisfazendo o mínimo de 3,00 m de proteção acima da cota do cais.

3.2.4 Aquabarrier

Sobre a Aquabarrier há um arquivo PDF apenas na pasta “Cais Mauá-Barreiras-cotações” denominado “Aquabarrier Inquiry”. O mesmo responde como encaminhar pedido de orçamento.



4. Análises

4.1 Da concepção da alternativa

A concepção alternativa estabelece uma proteção fixa e uma removível acima dela. A proteção fixa é uma barreira de 1,26 m acima da cota do cais, na forma de uma elevação em uma faixa paralela à orla do Cais provida de degraus, arquibancadas e rampas de acessibilidade, entre o início do Setor Gasômetro e o final do Setor de Docas (Figura 2). A proteção removível acima desta elevação está prevista para proteger até 3,00 m acima do cais (altura do Muro da Mauá) assim os diques móveis deverão ter altura mínima de 1,74 m.

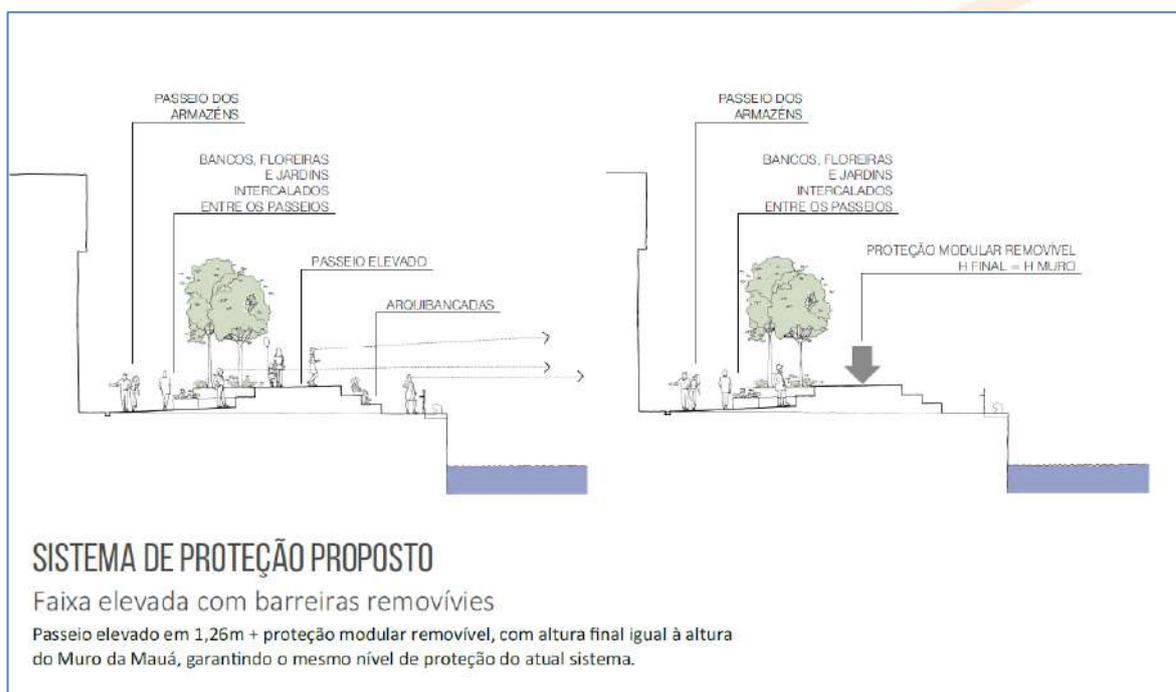


Figura 2 – Concepção do Consórcio Revitaliza contra Inundações

Esta concepção é perfeitamente factível tecnicamente porque há no mercado soluções de barreiras móveis eficientes, eficazes e efetivas, com desempenho acreditado quanto a diversos aspectos, como, por exemplo, grau de estanqueidade (na base e nas juntas), resistência a deslizamentos e tombamentos, a esforços de ondas e ventos, ao lado de outras características físicas e estruturais pertinentes.

Entretanto, a concepção apresentada não aborda o problema potencial da percolação subterrânea. No alinhamento do Muro da Mauá há uma cortina de concreto de no mínimo 3,00 m de profundidade com a finalidade de barrar a percolação subterrânea por ocasião das inundações. Como a concepção com dique móvel muda o traçado da proteção para a orla do cais, se houver

percolação ela pode aflorar no trecho do cais entre esse novo traçado e o alinhamento do Muro da Mauá.

No caso do Cais Mauá, sempre se deve ter em mente que a cheia de 1941 esteve pelo menos um mês com nível d'água acima da cota do cais, com parte desse tempo com cota acima da cota prevista para a mureta fixa (base do dique móvel) na orla do cais.

4.1.1 Alternativa com Aquadam

Na alternativa com Aquadam, o dique temporário constitui-se numa sequência de barragens conectadas que são preenchidas com água no local, que, no caso em análise, seria água bombeada do Guaíba. O modelo de 6 pés (1,83 m) atende às condições de altura, mas exige que a base tenha pelo menos 4 metros de largura, ou seja o passeio elevado deverá ter essa largura, além de ser perfeitamente plano e desobstruído. A Figura 3 mostra o desenho da barreira Aquadam, ilustrando suas duas partes básicas: uma "luva" (cobertura) externa feita de um tecido geotêxtil de polietileno de alta resistência com um defletor de estabilidade interna vertical, que mantém os dois tubos internos (A e B) em contato e estáveis quando cheios de água. Esses dois tubos flexíveis internos são também de polietileno. A Figura 4 mostra uma utilização da Aquadam como dique.

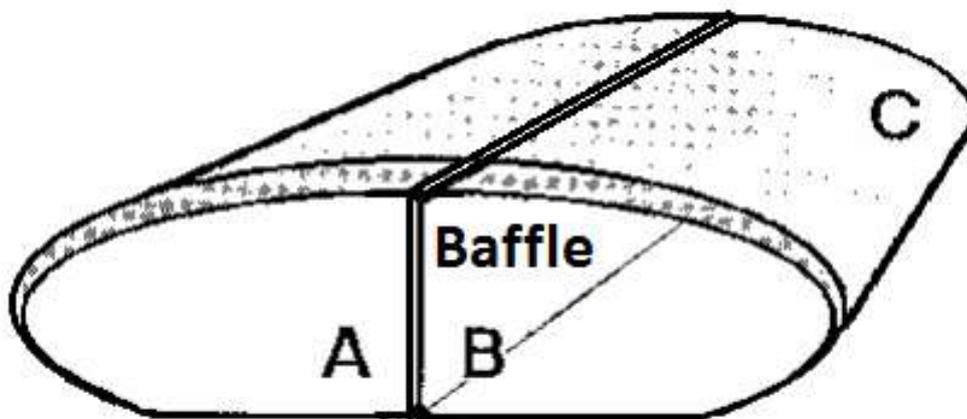


Figura 3 - Desenho esquemático da barreira Aquadam



Figura 4 – Barragem inflável com água da Aquadam aplicada como dique

4.1.2 Alternativa com AquabARRIER

Na alternativa com AquabARRIER, o dique temporário também se constitui numa sequência de barragens conectadas que são preenchidas com água no local, que, no caso, seria água bombeada do Guaíba. A AquabARRIER também tem um modelo de 6 pés (1,83 m) que atende às condições de altura do dique temporário do Cais Mauá, e exige igualmente que a base tenha pelo menos 4 metros, ou seja o passeio elevado deverá ter essa largura, além de ser perfeitamente plano, liso e desobstruído. A Figura 5 mostra o desenho da barreira AquabARRIER, algo similar ao projeto da Aquadam, mas de fato é um tubo bipartido flexível de PVC (reforçado com poliéster) com defletor interno e outras diferenças tecnológicas patenteadas, como a forma de junção de uma barreira com outra, orifícios especiais para enchimento e esvaziamento rápido da água alças de içamento de extremidade usadas para controlar a barragem com equipamentos durante o processo de instalação e remoção.

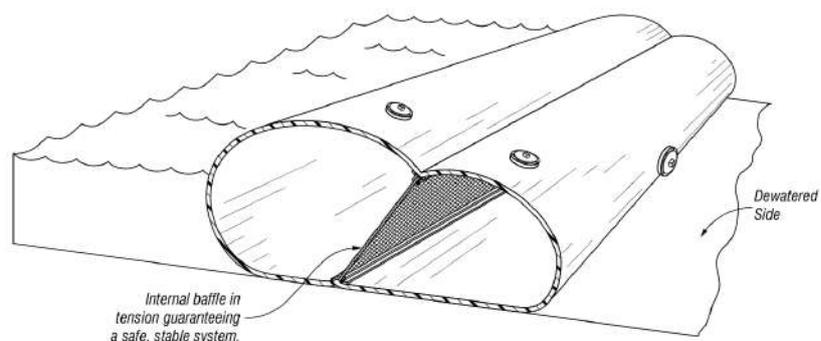


Figura 5 – Desenho esquemático da barreira AquabARRIER

A Figura 6 mostra uma utilização da AquabARRIER como dique.



Figura 6 – Barragem inflável com água da AquabARRIER aplicada como dique

4.1.3 Alternativa com Aquafence

Na alternativa com Aquafence, o dique temporário a ser disposto sobre o passeio elevado é constituído por painéis autoportantes de perfil “L” feitos de compensados de madeira com película impermeável e lonas de ligação igualmente impermeáveis. A Figura 7 mostra esquematicamente o dique onde nota-se que o projeto usa o peso da água para estabilizar a barreira com estais dando rigidez no conjunto do painel horizontal e vertical de cada módulo. Em azul pode-se observar as faixas de lona de PVC das ligações impermeabilizadas e que dão flexibilidade para perfilar curvas e ângulos retos. O modelo de V1800 (1,80 m de altura) atende às condições de altura por sobre o passeio elevado do cais Mauá, sendo que este poderia ter uma largura de apenas 2 metros. Na Figura 8 é mostrado um exemplo de dique Aquafence montado ao longo de um rio.

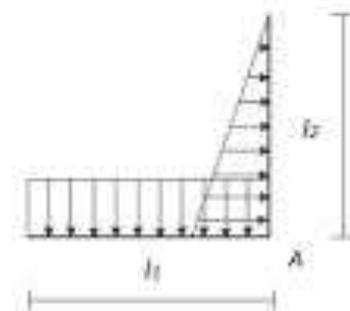
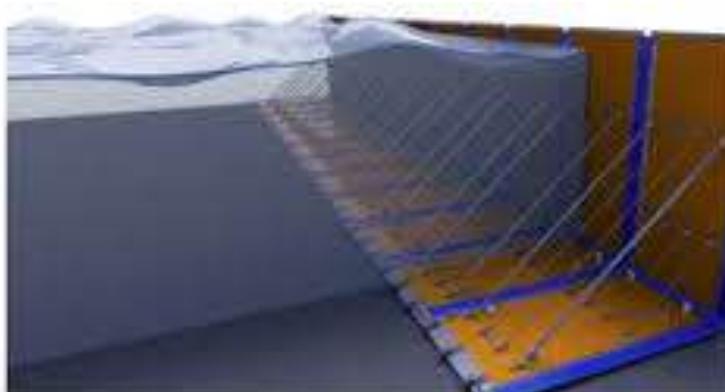


Figura 7 – Desenho esquemático da barreira Aquafence



Figura 8 – Dique Aquafence montada em margem de rio

4.1.4 Alternativa com Inero

Na alternativa com Inero, o dique temporário é constituído por painéis inclinados sustentados por cavaletes, ligados lado a lado por engate rápido (Figura 9), sobre os quais é desenrolada uma lona de polietileno impermeável. São de alumínio naval e sua leveza obriga a lançar mão de correntes pesadas como lastro para sustentação (Figura 10).

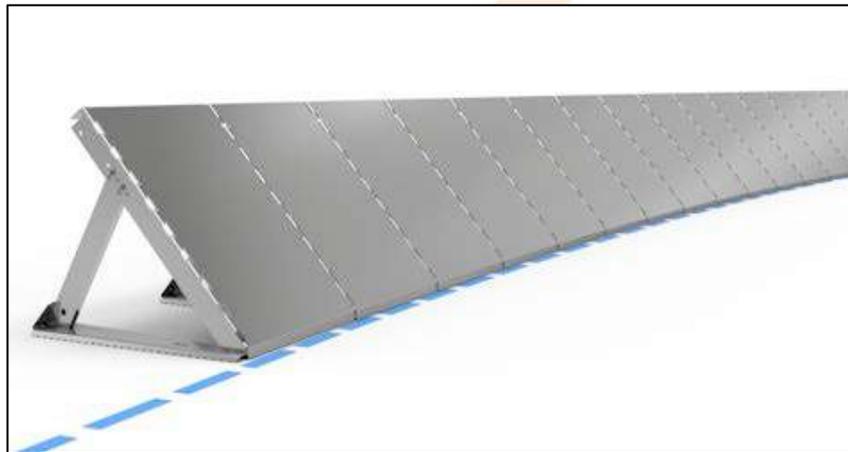


Figura 9 – Painéis do dique Inero

O modelo H150+20, possui 1,70 m de altura, assim para atender a altura total de 3,00 m, obrigaria o passeio elevado do cais Mauá estar na cota 1,30 m acima da cota do cais. Quanto à largura do passeio a exigência é de apenas 1,50 m.



Figura 10 – Dique Inero montado com lona e correntes

4.2 Da disponibilidade técnica material dos diques móveis

Há muitos fabricantes de barreiras móveis contra inundações no mundo. Ogunyoye et al (2011) já listavam em 2011 mais de 40 fabricantes de diversos países. Não há fabricantes de diques móveis no Brasil. No mercado mundial há diversas abordagens de contenção de inundações de rios, assim como de materiais utilizados. Há muitos produtos feitos em alumínio, caso de muitos diques móveis rígidos como aquele de um fabricante mencionado pela contratante. Mas dos tubos flexíveis (barragens de “borracha”) aos diques estaiados ou modulares há um universo de produtos dos mais diversos materiais. Alguns modelos desses produtos foram testados em laboratório hidráulico de acreditação, mas nem todos, assim especial cuidado deve-se ter com dispositivos de altura de contenção mais alta.

No Quadro 2 são apresentados os critérios de Ogunyoye et al (2011), ilustrados na análise de quatro dos muitos dispositivos avaliados. Dentre esses quatro estão os diques móveis da Aquadam e da Aquafence, apontados como soluções técnicas possíveis para o Cais Mauá. Foi colocado no quadro o dispositivo da Geodesign Barrier (Figura 11), por ser similar ao da Inero, também apontado como solução técnica possível para o Cais Mauá (existe modelo da Geodesign Barrier com altura de 1,80m).



Figura 11 – Dique da GeoDesign Barrier similar ao da Inero (www.geodesignbarriers.com)

Completamos o Quadro 2 com o sistema da IBS (IBS Zentrale, Alemanha), que é desmontável e não temporário como os outros do quadro, como contraponto, e por ter se tornado icônico pela contenção do rio Danúbio na cidade de Grein da Áustria em 2013 (Figura 12).



Figura 12 – Dique da IBS montado em Grein, Áustria, 2013 (www.hochwasserschutz.de)

O sistema IBS necessita de pilaretes para encaixe das vigotas. Estes pilaretes não precisam estar permanentemente fixos, mas na base deverão estar previamente engastadas placas de ancoragem para fixação aparafusada dos mesmos. A Figura 13 ilustra estágios de montagem do dique móvel IBS com base na previsão da evolução dos níveis de cheia.



Figura 13 – Sequência de montagem de dique da IBS seguindo previsão de cheia (www.hochwasserschutz.de)

Ressalte-se que a apresentação do Quadro 2 a seguir é apenas para ilustrar os critérios considerados por Ogunyoye et al (2011), e os exemplos de diques móveis analisados tiveram aplicações diversas daquelas previstas para o Cais Mauá, notadamente dimensões de alturas e larguras de base.

Quadro 2 – Exemplos de diques móveis analisados em Ogunyoye et al (2011)

Nome do produto	Aquadam	Aquafence	Geodesign barrier	IBS Mobile Wall Flood Protection System
Design do dique	Tubo inflável com água, de polietileno	Painéis rígidos de compensado com película impermeável	Módulos de alumínio cobertos por membrana de polipropileno	Vigotas de alumínio sobrepostas encaixadas em pilaretes laterais
Tipo	temporário	temporário	temporário	desmontável
País de origem	Estados Unidos	Noruega	Suécia	Alemanha
Máxima altura de água sem empilhamento	0,9 m	1,8 m	2,4 m	0,15 m
Máxima altura de água com empilhamento	não se aplica	não se aplica	não se aplica	5,0 m
Permite aumento da altura durante a cheia	não	não	não	sim
Faixa de alturas	0,3 a 1,2 m	0,75 a 1,8 m	0,45 a 2,4 m	0,15 a 5,0 m
Largura da base	0,6 a 2,4 m	0,75 a 1,8 m	1,3 a 6,0 m	0,3 a 1,32 m
Possibilidade de aumento de extensão	não	não	sim	sim
Adaptabilidade a solo nu e grama	sim	sim	sim	sim (solo)
Uso sobre concreto/asfalto	sim	sim	sim	sim
Aplicação em superfície inclinada	não	não	sim	não
Instalação em uma base de 2,5 m	sim	sim	sim	sim
Instalação em uma base de 4,0 m	sim	sim	sim	sim
Flexibilidade para curvas e esquinas	sim	sim	sim	sim
Utilizável como cercamento a inundação	sim	sim	sim	sim
Tempo de montagem de 100m de extensão por 1,0 m de altura	1,5 h	1,0 h	1,0 a 2,0 horas	3,0 a 4,0 h
Custo de 100 m de extensão por 1,0m de altura	não informado	47 mil libras esterlinas	29 a 52 mil libras esterlinas	90 mil libras esterlinas
Inclusão de treinamento nos custos	não	sim	não	sim
Pessoal mínimo	4 pessoas	6 a 8 pessoas	8 pessoas	Depende da altura
Equipamento mínimo	2 bombas e mangueiras	Furadeiras elétricas	Içadores de caixotes	Içadores para alturas maiores
Insumos adicionais	Água de preenchimento	nenhum	nenhum	nenhum
Área de estocagem	Rolo de 4,25 m por 0,5 m (tubo de 30 m e 1,2 m de altura)	7 unidades de 2,1x1,2x0,15 m num pallet de 1,27x2,15x1,10 m	41,0x1,25 m cabem em 3 caixotes (2x1x1 m)	Depende do tamanho do dique
Necessidade de veículo leve (camionete)	sim	sim	não	sim
Necessidade de veículo pesado (caminhão)	não	sim	sim	sim
Preparo do local	Remoção de objetos afiados e preenchimento de buracos	Remoção de objetos grandes e preenchimento de buracos	Remoção de objetos afiados (proteção da membrana)	Execução de fundação de ancoragem dos pilaretes
Nível de habilidade para instalação	médio	médio	médio	médio
Possibilidade de aluguel do dique móvel	não	sim	sim	sim
Possibilidade de falha por escorregamento	sim	sim	sim	não
Possibilidade de falha por alto vazamento	sim	sim	sim	não
Possibilidade de falha na base de suporte	sim	não	sim	sim
Possibilidade de falha por capotamento	sim	sim	não	não
Peso sobre a base	alto	baixo	médio	médio
Ocorrência de vazamento	sim	sim	sim	não
Vazamento de mais de 40 l/m/h na base	não	não	não	não
Resistência a rasgo ou perfuração	média	alta	média	alta
Resistência a impacto de objeto flutuante	média	média-alta	média-alta	alta
Resistência a vandalismo	média	alta	média	alta
Chance de reparo durante a inundação	sim	sim	sim	sim
Possibilidade de colapso progressivo	média	média	baixa	baixa
Resistência ao vento	alta	alta	alta (correntes)	alta
Certificação BSI Kitemark	não	não	sim	não
Garantia do fabricante	não	sim	sim (2 anos)	não

No artigo de Lankenau et al (2019) são apresentados testes de 12 sistemas móveis de contenção de inundações, visando utilização na Alemanha para substituir os sacos de areia ainda muito empregados no país. Apesar de poucas coincidências de dispositivos testados em relação ao relatório de Ogunyoye (2011), repete-se no trabalho de Lankenau et al (2019) muitos dos critérios e aspectos nele levantados, mas assim mesmo acrescenta algumas características interessantes na qualificação de uma barreira móvel. O Quadro 3 mostra uma compilação desses critérios.

Quadro 3 – Parâmetros e critérios de avaliação de diques móveis

N	Parâmetros e critérios
1	Altura física do dique a partir da base;
2	Altura efetiva de contenção da inundação a partir da base;
3	Possibilidade de aumento da altura conforme a previsão de níveis d'água;
4	Largura mínima da base para assentamento do dique móvel;
5	Preparo prévio do local de instalação do dique;
6	Possibilidade de aumento da extensão (comprimento) do dique durante a cheia;
7	Possibilidade de assentamento do dique em solo nu ou gramado;
8	Possibilidade de assentamento do dique sobre base de concreto;
9	Possibilidade de assentamento do dique numa base inclinada;
10	Flexibilidade para alinhamento com curvas ou ângulos fechados;
11	Tempo de instalação do dique;
12	Complexidade do dique (número de peças a montar e desmontar)
13	Custo de aquisição do dique (com ou sem treinamento);
14	Custo de aluguel do dique (se houver e for conveniente);
15	Pessoal mínimo para instalação do dique;
16	Nível de habilidade e treinamento do pessoal (facilidade de montagem e desmontagem);
17	Equipamentos necessários para montagem;
18	Custos de montagem e desmontagem do dique;
19	Vida útil do dique e número de reutilizações;
20	Necessidade de material de preenchimento (água ou areia);
21	Necessidade de veículo leve para transporte;
22	Necessidade de veículo pesado para transporte;
23	Possibilidade de falha por rolagem/escorregamento/transbordamento;
24	Possibilidade de falha por alto vazamento na base e/ou entre peças;
25	Possibilidade de falha por tombamento/capotamento;
26	Possibilidade de falha por colapso na base;
27	Risco de flutuabilidade do dique (peso menor ou maior);
28	Vazamento acima de 40 litros por metro por hora;
29	Resistência rasgo ou perfuração;
30	Resistência a impacto de objeto flutuante;
31	Resistência a vandalismo;
32	Possibilidade de reparo durante a inundação;
33	Risco de colapso progressivo (efeito dominó);
34	Resistência ao vento;
35	Resistência a ondas;
36	Existência de certificação;
37	Garantia do fabricante;

Outras fontes de informação relevantes, que referem critérios do Quadro 3, são as normas americana e britânica que estabelecem os testes para certificação. A “FM Approvals” (FM Approvals 2022), baseia-se na “American National Standard for Flood Abatement Equipment” (ANSI and FM Approvals, 2014), e a “British Standard Institution” (BSI, 2022a), que se baseia no “Publicly Available Specification (PAS) for flood protection products—Spec Part 2: Temporary Products” (BSI, 2014), hoje BS 851188.

Normalmente os fabricantes providenciam estas informações seja no material de propaganda, seja por meio do serviço de apoio ao cliente, ou seja, por eventuais certificações ou relatórios de testes.

As condições ambientais do Guaíba que devem ser consideradas na escolha dos diques dizem respeito basicamente a ventos, ondas e correntes durante um evento de cheia e inundação. Com base em dados oficiais de Porto Alegre, sistematizados pela Weatherspark (2022) a velocidade média no quantil 90% é de 22 km/h, nos meses mais ventosos de outubro a dezembro. Sugere-se como parâmetro de escolha do dique móvel a velocidade de vento de 25 km/h. Para as alturas de onda o modelo GD (Gröen & Dorrestein) citado por Marques (2013) indica que para o Guaíba com 7 m/s (25 km/h) as ondas teriam altura de 0,65 m para o *fetch* máximo de 18 km estimado para o Guaíba por este mesmo autor. Sugere-se como parâmetro de escolha do dique móvel a altura de onda de 0,7 m. Quanto as velocidades em paralelo ao dique, uma estimativa tendo por base a cheia de 1941, aponta para algo em torno de 3,0 m/s (Collischonn, 2022). Considerando-se a incerteza na estimativa da vazão sugere-se como parâmetro de escolha do dique móvel a velocidade de corrente paralela ao dique móvel de 4 m/s. E para a velocidade de corrente contra o muro sugere-se o valor de 1,0 m/s.

4.3 Da análise de implantação

De acordo com a concepção do sistema de contenção perimetral proposta pelo Consórcio Revitaliza, a implantação começa com a construção do passeio elevado (com degraus de contemplação voltados para o Guaíba) que servirá de base para a montagem do dique móvel temporário, quando necessário, isto é, se o nível do Guaíba atingir 1,26 m acima do cais. Desta forma, na eventualidade de uma cheia com esta magnitude, haverá o trabalho apenas de montagem e posicionamento das peças móveis, de acordo com o projeto executivo do dique móvel.

Na proposta do Consórcio Revitaliza não há ainda uma definição do tipo de dique móvel, em que pese a sugestão de quatro soluções técnicas possíveis constantes do documento Masterplan: dois sistemas com tubos infláveis, as barreiras infláveis das empresas Aquadam e Aquabarrier, dois diques rígidos, um autoportante (“*freestanding barrier*”) que é o da empresa Aquafence e outro

estruturado (“*frame barrier*”) que é o da empresa Inero. Como precaução contra vazamentos na base desses diques móveis, seria interessante na implantação do passeio físico prever uma calha na parte detrás do mesmo para acúmulo de água de vazamento e facilitação de seu bombeamento de volta para o Guaíba.

Os aspectos de implantação, que são bem relevantes no Cais Mauá, dizem respeito à facilidade de montagem e à flexibilidade da solução seguir o contorno perimetral proposto no SCP. De qualquer forma, depois da escolha do dique e do fabricante, o Consórcio pode e deve apresentar o plano de montagem demonstrando a rapidez e eficiência que naturalmente serão exigidas num evento extremo de cheia. Neste contexto espera-se que a relação com o público de curiosos esteja clara assim como a prevenção de atos de vandalismo.

Ressalte-se que o descomissionamento do dique fixo de concreto (Muro da Mauá), bem como seu consequente desmonte, somente poderá ser feito após a construção do passeio que é a base do dique móvel e após uma primeira montagem pública demonstrativa do dique móvel. Ou seja, o descomissionamento do Muro da Mauá exige previamente a implantação e testagem completa da nova estrutura, incluindo manutenção, armazenamento, transporte e montagem.

Em função do documento Masterplan ter apontado quatro soluções técnicas, apresentam-se a seguir algumas informações sobre a sua implantação.

4.3.1 Implantação do Aquadam

A barragem inflável vem em rolos e, para o modelo de 6 pés de altura (1,83 m), a largura é de pouco mais de 4 metros (4,11 a 4,20 m em alguns folders). O tubo mais comum tem 30 m (100 pés), mas atualmente estão disponíveis barreiras de até 150 m (500 pés). Considerando rolos de 30 m, seriam 104 rolos a serem desenrolados, enchidos com água e conectados com o próximo ainda vazio, repetindo-se a sequência de enchimento e conexão com o próximo até o término de implantação do colar de barreiras em todo o perímetro protegido. Haverá uma interrupção na junção com os muros que delimitarão a área do Corpo de Bombeiros no Cais Mauá. O modus operandi da montagem está esquematizado na Figura 14 abaixo.

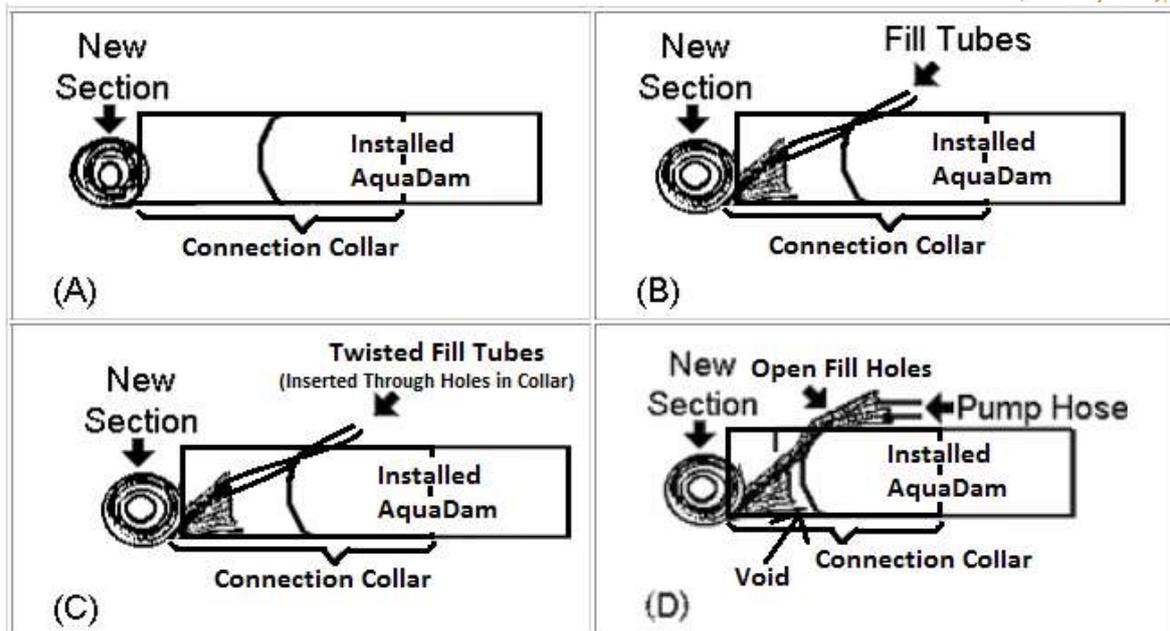


Figura 14 – Esquema de conexão do Aquadam entre o tubo cheio (“Installed”) e o próximo tubo ainda vazio (“New section”)

A conexão se dá por duas “esperas” do tubo vazio (extremidades dos dois tubos internos), com a barreira vazia envelopando a extremidade da cheia (“connection collar”), travando a ligação com as duas esperas passando por orifícios (Figura 15). Estas duas “esperas” ou “fill tubes” são por onde vai ser bombeada a água de enchimento dos dois tubos internos do próximo segmento de barreira.

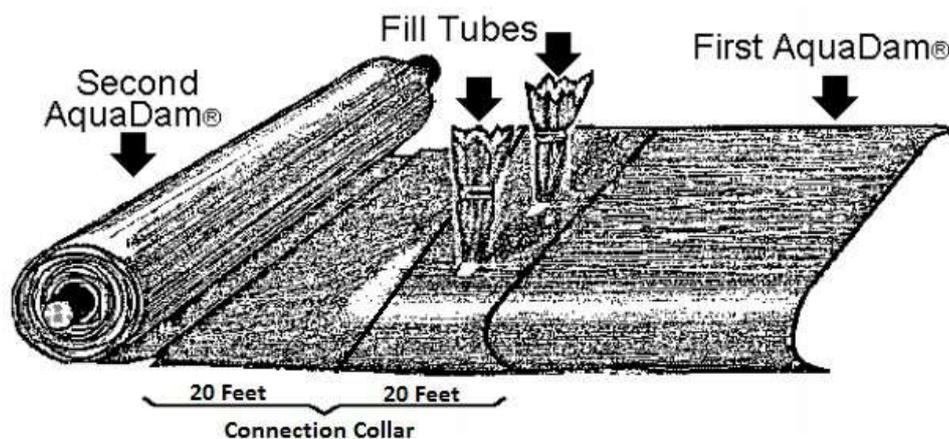


Figura 15 – Esquema mostrando a conexão de duas barreiras Aquadam via uma luva (“collar”) trespassada pelas duas esperas (“fill tubes”) para enchimento da barreira vazia.

A Figura 16 mostra uma foto, onde se vê os dois “fill tubes” prontos para o enchimento da próxima barreira já conectada com a barreira cheia através do “collar” (visível pela descontinuidade das listras vermelhas com o tubo).



Figura 16 – Foto mostrando conexão entre barragens Aquadam, com destaque para os “fill tubes”

O fabricante da Aquadam não apresenta soluções de conexão de barragens em ângulo reto ou em ângulos agudos, o que é um grande problema no caso do Cais Mauá, uma vez que o SCP possui no seu perímetro de proteção alguns ângulos agudos. Isto, entretanto, pode ser contornado com o redesenho do percurso do passeio que serve de base ao dique móvel, de modo que esse passeio tenha somente ângulos retos e obtusos.

No material de divulgação da Aquadam é informado que é preciso uma equipe de 3 a 5 pessoas para a montagem, sendo que uma ou duas delas para operar as bombas de enchimento d'água. Os tubos de enchimento podem ser abertos para acomodar qualquer tamanho de mangueira de descarga, assim bombas mais potentes darão mais rendimento. Um rolo de fita adesiva é usado para prender os tubos de enchimento. É recomendado o uso de três ou mais cordas de ½ polegada para controle do desenrolamento.

Não há estimativa de tempo de montagem segura, com os rolos já *in loco*, pois depende da equipe, seu treinamento e potência das bombas, mas algo como três horas a cada 100 m pode ser uma estimativa razoável para tubos de 1,80 m de altura.

4.3.2 Implantação do AquabARRIER

A barragem inflável da AquabARRIER, assim como as da Aquadam, vem em rolos e para o modelo de 6 pés de altura (1,83 m), e a largura também é de pouco mais de 4 metros. O comprimento normal de cada rolo equivale a 30 m de barragem. As barreiras podem ser desenroladas em superfície seca e plana de forma manual, mas se for usado um equipamento de içamento há na extremidade do tubo alças para inserção de uma barra de ferro onde cabos de *nylon* são amarrados para erguer. Posicionados os tubos eles são enchidos em sequência com água e são unidos por uma técnica de sobreposição (Figura 17). Uma vez enchida uma barreira a seguinte é sobreposta a esta. Para a barragem de 6 pés de altura (1,83 m) a sobreposição deve ser de 9 pés (2,70 m). A barreira vazia posicionada no topo da barreira inflada é então inflada. O peso da segunda barreira fornece força descendente para selar a junta de conexão.

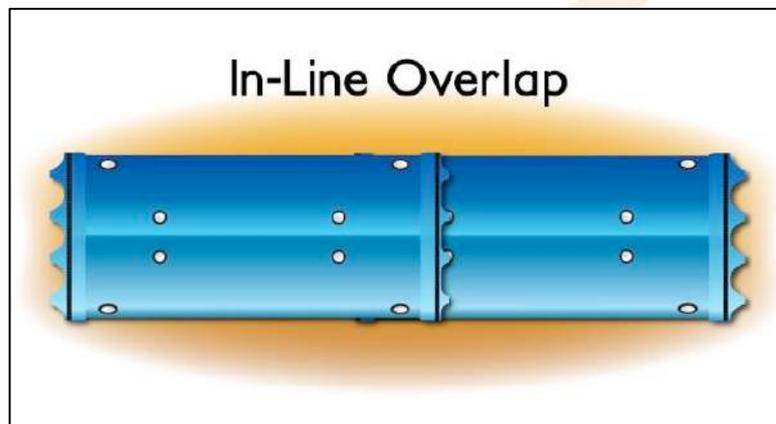


Figura 17 – Esquema de sobreposição (overlap) das barreiras AquabARRIER em linha reta

Com esta técnica de sobreposição o fabricante informa ser possível conexões em ângulos como mostrado na Figura 18, no caso em ângulo reto.

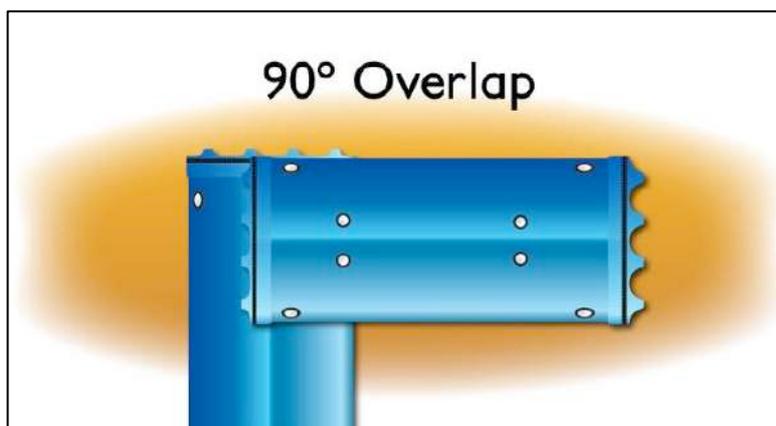


Figura 18 – Esquema de sobreposição (overlap) das barreiras AquabARRIER em ângulo reto

O fabricante da Aquabarrier não apresenta exemplos de sobreposição em ângulo agudo (<90°); em consequência teria de haver uma consulta específica sobre isso, já que o SCP possui no seu perímetro de proteção alguns ângulos agudos. Isto, entretanto, pode ser contornado com o redesenho do percurso do passeio que serve de base ao dique móvel, de modo que esse passeio tenha somente ângulos retos e obtusos (Figura 19).

As barragens Aquabarrier possuem vários bocais para enchimento, o que pode facilitar a velocidade de implantação.



Figura 19 – Foto com superposições da Aquabarrier

No material de divulgação da Aquadam não há quantificação de equipe, mas a exemplo da Aquadam, estima-se uma equipe de 3 a 5 pessoas para a montagem, algumas operando bombas de enchimento d’água. Nos tubos Aquabarrier há vários bocais padronizados para conectar as mangueiras das bombas e estas sendo mais potentes darão mais rendimento.

A exemplo da Aquadam, não há estimativa de tempo de montagem segura, com os rolos da Aquabarrier já *in loco*, pois depende da equipe, seu treinamento e potência das bombas, mas algo como três horas a cada 100 m pode ser uma estimativa razoável para tubos de 1,83 m de altura.

4.3.3 Implantação do Aquafence

O dique móvel autoportante Aquafence vem em módulos dobrados de dois painéis articulados que são abertos para montagem, com cabos e suportes metálicos que dão rigidez ao seu formato em “L”. Existe um modelo com módulos de 1,80 m de altura (V1800). A união lateral de um módulo a outro se dá com a fixação de uma lona de um módulo que é fixada no outro com numa fenda abaixo de trilhos de pressão aparafusados. Há grampos de fácil manuseio que ajudam nas fixações (Figura 20). Esta união lateral é impermeável e flexível, permitindo ângulos de até 5 graus entre um módulo

e outro. O dique completo se dá por uma montagem sequencial dos módulos, com o L voltado para a água de inundação (Figura 21).

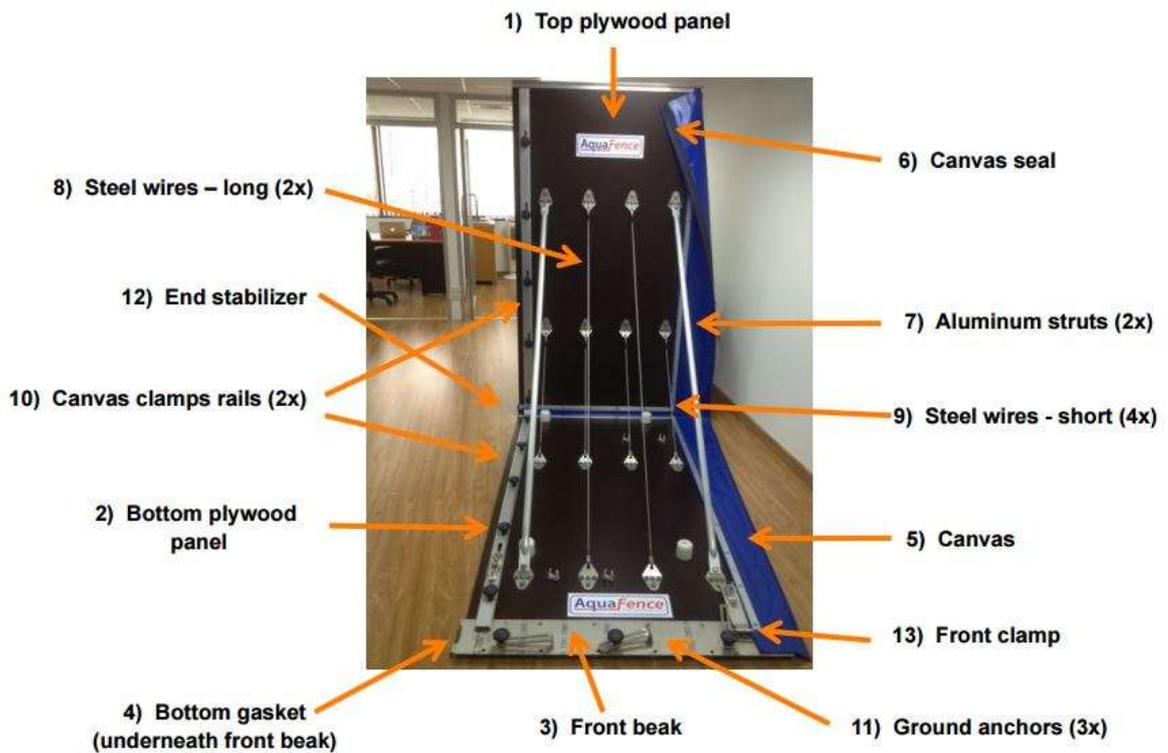


Figura 20 – Módulo do AquaFence



Figura 21 – Dique da AquaFence em uso

O fabricante da Aquafence apresenta soluções para ângulos internos e externo de 90 graus entre outros (Figura). Não está claro se há possibilidade de arranjo para ângulos agudos no modelo V1800, sendo necessária uma consulta específica sobre isso, já que o SCP possui no seu perímetro de proteção alguns ângulos agudos.

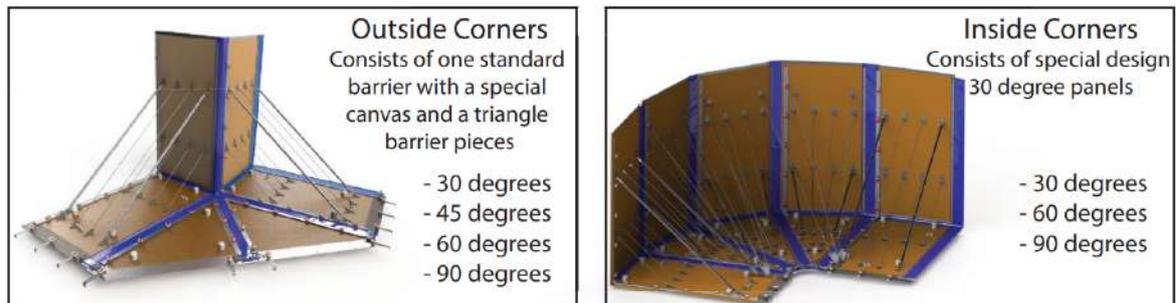


Figura 22 – Dique da Aquafence e possibilidades de ângulo

Para a montagem da Aquafence estima-se uma equipe de 6 a 8 pessoas para montar 100 m de dique de 1,80 m de altura em três horas. São usadas parafusadeiras para fixar parafusos especiais de pressão que fazem parte dos painéis.

4.3.4 Implantação do Inero

O dique da Inero possui módulos em alumínio sustentados por cavaletes. Possui um modelo de 1,70 m de altura (H150+20) o que exigiria um alteamento de 4 cm no passeio para assim para atender a altura total de 3,00 m do SCP. Os painéis não são impermeáveis assim é necessário o uso de uma lona ou membrana impermeável presa aos painéis interligados. A ligação de um painel a outro é por engate não exigindo parafusos. Em função da leveza do sistema muitas vezes é necessária a colocação de uma corrente pesada para estabilizar o dique. A Figura 20 mostra a sequência de montagem do dique Inero.

O fabricante da Inero apresenta soluções para ângulos internos e externo de 90 graus (Figura 21). Para o caso do Cais Mauá, isto pode ser um problema, uma vez que o SCP possui no seu perímetro de proteção alguns ângulos agudos, mas um redesenho do perímetro resolve.

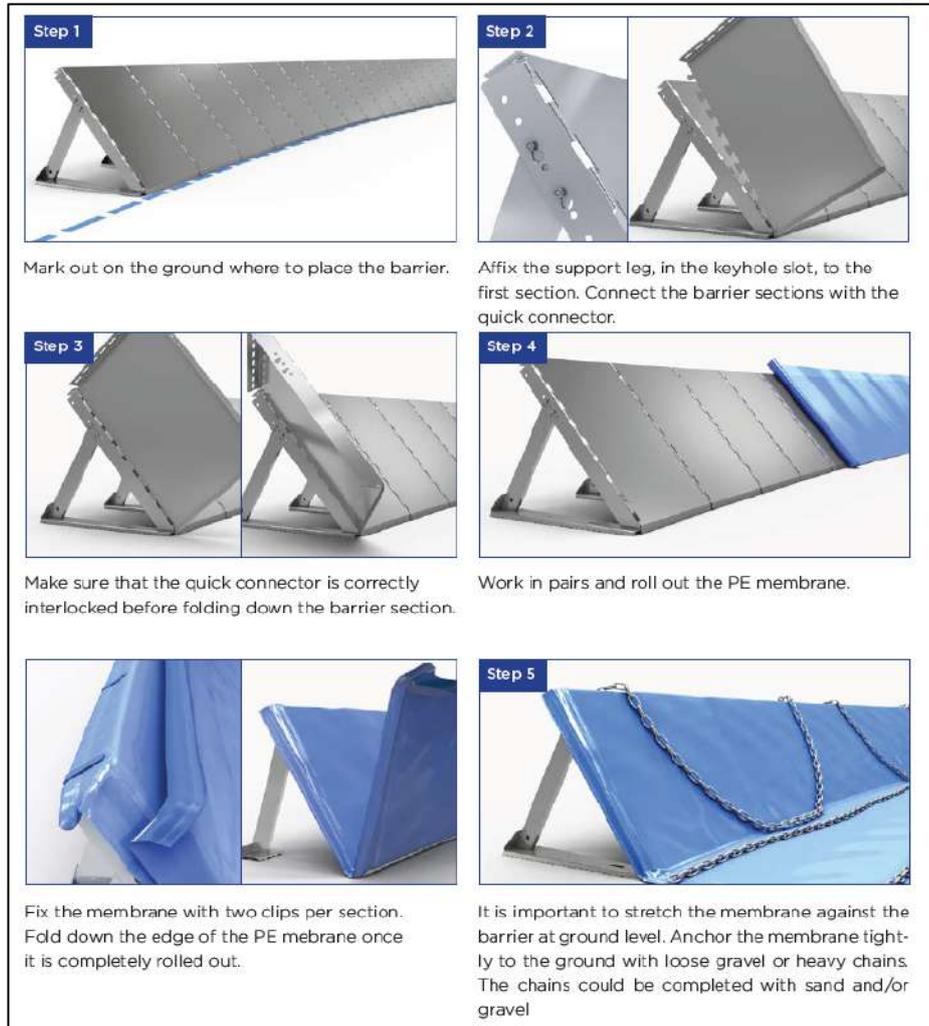


Figura 20 – Sequência de montagem do dique Inero

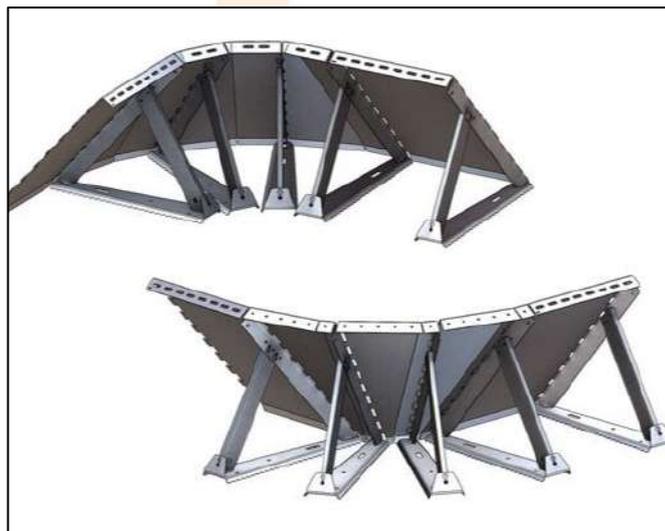


Figura 21 – Possibilidades de ângulo reto do dique Inero

O material de divulgação da Inero diz que 100 m de dique podem ser montados em uma hora por 6 pessoas. A única ferramenta necessária são chaves inglesas.

4.4 Da análise de operação e manutenção

A operação envolve a avaliação rotineira da funcionalidade das peças fixas e móveis, enquanto que a manutenção controla a higidez dessas peças. A parte fixa da solução da Revitaliza é um passeio elevado até a altura 1,26 m acima do cais. Esta estrutura fixa tem que ser impermeável e supõe-se que seja executada em concreto armado.

Como o alinhamento do passeio que suportará as partes móveis do SCP estará distante do alinhamento da cortina subterrânea do Muro da Mauá (a parte subterrânea deste será mantida na condição atual) existe o risco de percolação e consequente afloramento de água na área do empreendimento, ou seja, na faixa entre o Muro da Mauá e o SCP. Dados de sondagens fornecidos pelo Consórcio Revitaliza, mostram o freático geralmente com profundidade de 2,5 m. Entretanto, numa enchente, o freático pode-se elevar e atingir as camadas superiores do solo, apontadas como fofa e de média compactação (na faixa aproximada de 1 m de espessura). Diante deste quadro é conveniente prever um *cut-off* subterrâneo de concreto, centralizado abaixo do referido passeio, com uma profundidade mínima de 1,5 m para controlar a percolação e consequente afloramento de água na área do empreendimento. Para a elaboração do projeto executivo, deve ser prevista a instalação e monitoramento de uma linha de piezômetros no período de águas altas (inverno/primavera) entre o Muro da Mauá e a borda do cais, num ponto representativo, para avaliar a variação do nível do freático em condições de cheias.

Estabelecidas as estruturas físicas de concreto armado a operação e manutenção básicas deve manter a superfície do passeio limpa, isenta de sujeiras, pedras, objetos pontiagudos e oleosidades para garantir durante a necessidade de uso do dique móvel a perfeita aderência de suas partes (os tubos em si, no caso dos diques infláveis ou das “saías”, prolongamentos frontais das membranas impermeáveis no solo, nos diques rígidos).

Quanto à parte móvel, a cadeia de operação envolve a disponibilidade de pessoal treinado, o projeto de montagem e desmontagem das peças, o que abrange atividades desde o local de armazenamento organizado dessas peças, seu carregamento e transporte, e seu manejo *in loco* para posicionamento e armação do dique. Para isso é preciso planejamento e organização que estabeleça claramente quem transporta, maneja, posiciona, monta e fiscaliza, com os devidos veículos e equipamentos. Operacionalmente é preciso também um plano de contingência focado na eventual necessidade de substituição de peças defeituosas e/ou reparos das mesmas, bem como a manutenção de um estoque de peças sobressalentes segundo recomendação do fabricante.

Como o dique móvel será de uso eventual, é preciso que sejam realizados treinamentos de montagem e desmontagem real do dique móvel, com alguma frequência, seja qual for a alternativa escolhida, sugerindo-se que a mesma seja feita anualmente sempre na data da cheia de 1941. A primeira montagem completa do dique móvel, em qualquer data, será necessária para demonstrar sua existência como substituto do dique fixo (Muro da Mauá) previamente a um desmonte deste.

A maior preocupação da manutenção do dique móvel será relativa ao seu estado físico (higidez) no armazenamento, já que a maior parte do tempo vai estar estocado. Assim deve estar sempre atualizado, o protocolo de mobilização da equipe de montagem e desmontagem com seus devidos nomes, equipamentos e veículos. A manutenção durante um eventual uso em cheia envolve vistoria constante da montagem e controle de eventuais vazamentos.

4.5 Da análise da logística

Os aspectos relativos ao armazenamento das peças do dique móvel são peculiares de acordo com o tipo de dique móvel e seu fabricante. O dique móvel não teve ainda sua escolha definida, mas há a sugestão de quatro soluções técnicas possíveis constantes do documento Masterplan; por esse motivo este item terá como referência esses quatro exemplos.

No material fornecido pela Contratante havia informações sobre o tema deste item, mas foi consultada também alguma documentação disponibilizada na internet, seja de propaganda seja de relatórios ou artigos.

4.5.1 Logística da Aquadam

No arquivo PDF “AquaDam Material Specs 2018”, fornecido pelo Consórcio, que traz algumas especificações da barragem inflável AquaDam, está a informação de que para o modelo de 6 pés de altura (1,83 m) o peso do material desinflado é de 3,9 kg por pé linear, ou seja de, 12,8 kg por metro de comprimento (a largura deste modelo é de 4,2 m). As barragens AquaDam vêm montadas enroladas em caibros de madeira. Não há informações precisas do fabricante acerca do diâmetro do rolo, mas deve-se situar de 50 a 70 cm para a extensão padrão de 30 m. Considerando uma extensão de módulo de 30 m, seriam necessários 104 rolos de 4,2 m de largura, talvez 5,0 m considerando os caibros. Cada rolo de 30 m teria 390 kg, necessitando de equipamento pesado para transporte e manejo (ver Figura 22 e Figura 23). Para rolos de 60 cm de diâmetro a estocagem desses 104 rolos no chão demandaria uma área aproximada de 312 m², que poderia ser reduzida se for possível empilhar ou armazenar mais de um rolo em altura. Entretanto, não se encontra na mídia do fabricante nenhuma informação sobre orientações de armazenamento. Apenas há a recomendação de não expor o material à luz solar, pois pode haver degradação em função da

radiação UV. O local de armazenamento deve ser coberto e arejado, livre de materiais pontiagudos e com prevenção contra incêndio adequada. A lógica recomenda que o espaço de armazenamento seja adjudicado nos armazéns tombados do cais, desde que aprovado pelo Patrimônio Histórico. O armazenamento em local distante vai acarretar custo de transporte adicional e um acesso logístico complicado para descarregamento de carretas.



Figura 22 – Retirada ou carga do rolo da Aquadam de uma carreta com retroescavadeira

Dado o volume e peso dos rolos das barragens o transporte do local de armazenamento ao local de implantação, se distante, deve ser feitos com carretas ou caminhões.



Figura 23 – Rolo de Aquadam sendo aprontado para desenrolagem

4.5.2 Logística da AquabARRIER

No arquivo PDF “*Instruction Manual*” baixado da internet, consta como instrução de armazenamento quatro etapas orientando um dobramento duplo longitudinal da barreira desinflada, com posterior enrolamento (Figura 24). Desta forma para a barreira de 6 pés de altura (1,83 m) que tem uma largura de 4,20 m, o rolo terá 1,05 m de comprimento, cabendo num pallet normal. Estima-se que o diâmetro do rolo possa ser da ordem de metro. Cada rolo corresponde a uma barragem de 46 metros de comprimento (50 jardas), com peso estimado de 640 kg. Para 3.100 m de dique móvel no cais Mauá seriam necessários por volta de 70 rolos. Considerando um pallet PBR1 – 1000 x 1200 mm, cada rolo ocuparia 1,20 m², logo para 70 rolos precisariam 84 m², sem empilhamento.

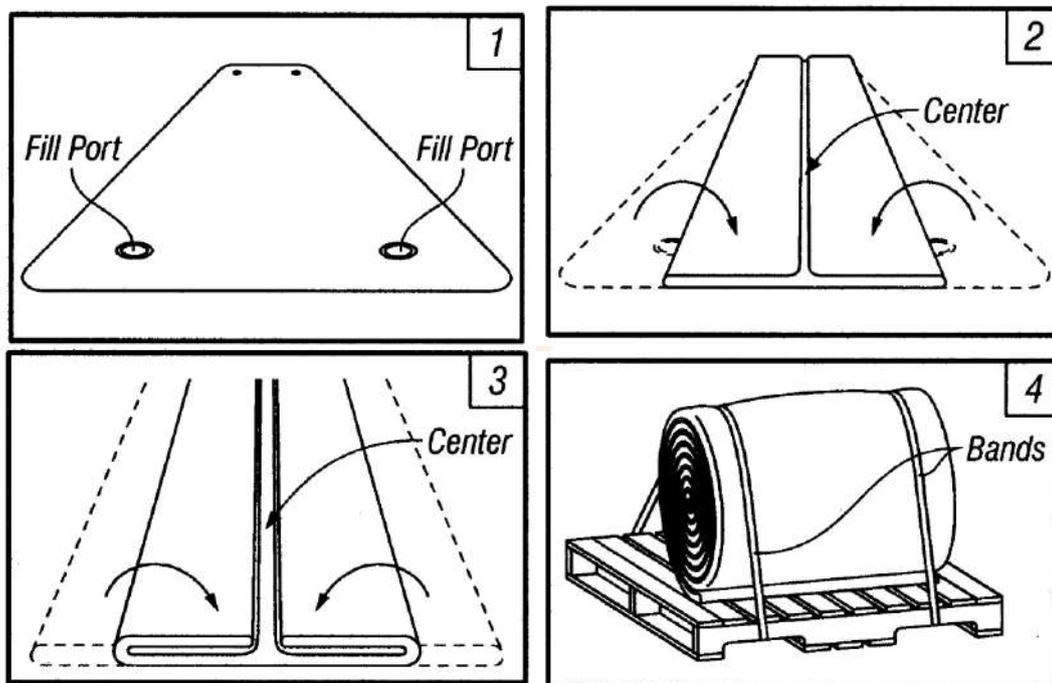


Figura 24 – Retirada ou carga do rolo da Aquadam de uma carreta com retroescavadeira

O fato de caber num pallet facilita armazenamento e manuseio no local de estocagem. A Figura 25 sugere empilhamento em prateleira de até 3 rolos, minimizando em muito a área de estocagem. Tem proteção contra UV, mas assim como para a barreira da AquaDam, o local de armazenamento deve ser coberto e arejado, livre de materiais pontiagudos e com prevenção contra incêndio adequada. Igualmente, a lógica recomenda que o espaço de armazenamento seja adjudicado nos armazéns tombados do cais, desde que aprovado pelo Patrimônio Histórico. O armazenamento em local distante vai acarretar custo significativo de transporte e um acesso logístico complicado para descarregamento de caminhões.



Figura 25 – Armazenamento dos rolos Aquabarrier em prateleiras e posicionamento mecânico

A Aquabarrier recomenda monitoramento 24 horas das barreiras instaladas. Isso para impedir qualquer vandalismo e também como uma fonte de informação se ocorrer uma falha na barreira.

4.5.3 Logística da Aquafence

Em Dalsgaard (2015), há a informação de que os painéis da Aquafence podem ser armazenados em caixotes empilháveis (Figura 26), com medidas aproximadas de 2,30 m de comprimento, altura de 1,30 m e largura de 1,30 m. Para armazenar o equivalente a 1.000 m de dique do modelo V1800 (1,80 m de altura) são 93 caixotes, contendo no total 837 painéis e pesando 81.561 kg. Considerando a previsão de 3.100 m de dique móvel no cais Mauá, o armazenamento necessitaria então de 288 caixotes, ou 84 pilhas de 4 caixotes (máximo empilhamento). Cada pilha de 4 caixotes ocupa uma área de 3,00 m², logo as 72 pilhas ocuparão, no mínimo, 216 m², sem contar espaços entre pilhas para inspeção e manejos. Nesta área, o pé-direito disponível tem que ser no mínimo de 5,20 m, sem contar a folga para manejo com empilhadeiras.

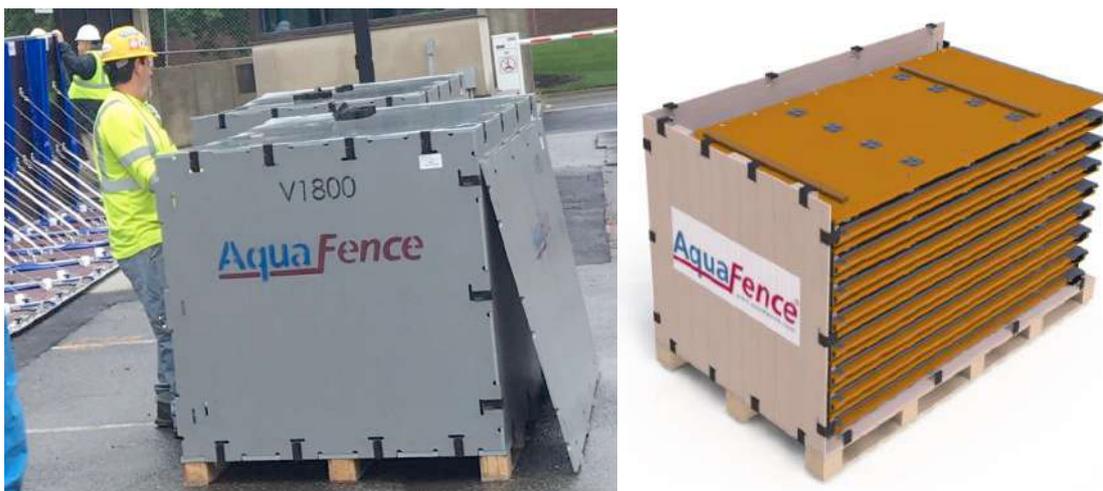


Figura 26 – Caixotes de armazenamento dos diques Aquafence

O local de armazenamento deve ser coberto e arejado. A lógica recomenda que o espaço de armazenamento seja adjudicado nos armazéns tombados do cais, desde que aprovado pelo

Patrimônio Histórico. O armazenamento em local distante vai acarretar custo de transporte adicional e um acesso logístico complicado para descarregamento de carretas.

4.5.4 Logística da Inero

No arquivo “4. Steel pallet H150” fornecido pelo Consórcio, vem o folder de um pallet especialmente desenhado para estocagem e transporte do dique H 150 (Figura 30). Cada pallet carrega 25 m de dique completo, com dimensões de 2,30 m x 1,10 m x 1,00 m, com peso de 1.525 kg. Podem ser empilhados 3 pallets. Cada pallet ou pilha ocupa 2,5 m². Portanto, considerando a previsão de 3.100 m de dique móvel no cais Mauá, o armazenamento necessitaria então de 124 pallets, ou 42 pilhas, com estas pilhas ocupando um total de 105 m², sem contar espaços entre pilhas para inspeção e manejos.



Figura 27 – Pallets de armazenamento dos diques Inero

Cabem 6 pallets num container de 20 pés, o que equivale a 150 m de dique. Assim seriam necessários 21 containers de 20 pés para transportar o material para 3.100 m de dique. A lógica recomenda que o espaço de armazenamento seja adjudicado nos armazéns tombados do cais, desde que aprovado pelo Patrimônio Histórico. A segurança deve estar ciente do valor do alumínio como atrativo para roubos. O armazenamento em local distante vai acarretar significativo custo de transporte e um acesso logístico complicado para descarregamento de carretas.

4.6 Da análise da eficiência-eficácia-efetividade

A análise da eficiência visa averiguar se o SCP está sendo concebido de forma adequada para substituir o sistema existente. Trata-se então de se analisar se um sistema híbrido consistindo de uma barreira fixa mais um dique móvel temporário, ao longo do perímetro do cais, pode conter a

mesma inundação máxima para a qual o dique fixo no alinhamento da Av. Mauá. O fato do sistema novo ser “perimetral”, aumentando a linha de proteção para 3.100 m, contra 2.300 m do dique fixo, não introduz per si mais fragilidade, pois o pressuposto básico é que o SCP terá mesma altura e *free-board* e será operado adequadamente. Por outro lado, o SCP traz a vantagem de proteger mais área levando a barreira de proteção para perto do limite do cais. Até a altura da parte fixa do SCP (passeio na cota 1,26 m acima do cais) não existe diferença de eficiência na contenção de uma inundação acima do cais (por baixo, um “cut-off” de 1,5 m controla a percolação). Acima da cota 1,26 m até a cota 3,00 m acima do cais a tarefa de contenção é do dique temporário. Nesta faixa a eficiência é garantida pela capacidade projeto do dique temporário em lidar com suas características intrínsecas dos diques móveis, destacando-se aquelas de estanqueidade (mitigação de vazamento na base e trespasse de água em juntas), estruturais (resistência à pressão hidrostática, ao deslizamento, ao tombamento, ao colapso, ao vento, entre outros) e operacionais (montagem, desmontagem, precauções contra vandalismo, contingência para reparo de danos eventuais, entre outros). Resiliência a danos: boa parte dos diques temporários tem requisitos de eficiência nesse sentido e exibem certificados, testes acreditados ou exemplos de aplicação. É o caso das quatro soluções técnicas possíveis constantes do documento mencionadas no documento Masterplan: Aquadam, AquabARRIER, Aquafence e Inero.

A análise da eficácia refere-se ao desempenho, no caso avaliando-se a capacidade de um sistema envolvendo partes móveis em conter inundações do Guaíba. A parte móvel, dique temporário, portanto atende à faixa de cotas 1,26 m a 3,00 m acima do cais. Aqui a análise de eficácia ainda depende de estudos, pois variáveis de naturezas diversas devem ser estabelecidas para confronto com atributos testados dos diques. Dentre as variáveis ambientais de interesse destacam-se as alturas de ondas do Guaíba, a velocidade do vento e correntes que podem gerar esforços e lançar detritos contra o dique. No âmbito das variáveis operacionais o desempenho do dique estará nos dimensionamentos e treinamentos de equipes de montagem, logística, operação, supervisão e manutenção do dique móvel. Ou seja, deve ser levado em conta tudo aquilo que é peculiar ao Guaíba e ao cais que lide da melhor forma possível com incertezas associados à substituição de um sistema fixo por um com parte temporária, uma vez que o SCP deve garantir no mínimo o mesmo nível de proteção que o atual. Mesmo sem se dispor da avaliação atualizada de todas essas variáveis pode-se afirmar, entretanto, que a eficácia para boa parte dos diques temporários do mercado, é plenamente atingível no caso do SCP.

A análise da efetividade, ou seja, da permanência no tempo de um dique móvel funcionar bem de forma eficiente e eficaz na contenção das inundações do Guaíba, é inerente ao projeto de revitalização do cais Mauá. Um dique móvel requer mais cuidados que um dique fixo e esta

condição ao longo do tempo fica cada vez mais discernível. Assim, a parceria público-privada, que o Consórcio Revitaliza está modelando, deve estruturar-se para responder e atender adequadamente as demandas e expectativas da população, órgãos públicos e investidores quanto à percepção permanente de segurança que o dique móvel deve transmitir. Não há nada inerente aos diques móveis que atente contra sua efetividade, mas ela só é conquistada com uma boa institucionalidade, ainda mais numa concessão de 35 anos. Não pode haver esmorecimento ou cansaço na manutenção da efetividade, nem soluções de continuidade com trocas de governo, de investidores e mudanças de percepção da população com o tempo. Neste contexto será importante que sejam realizados treinamentos de montagem e desmontagem real do dique móvel, com alguma frequência (uma sugestão é que o treinamento seja anual sempre na data da cheia de 1941, cujo pico foi em 8 de maio, como parte de em evento cívico).

O Consórcio Revitaliza, entretanto, não repassou, no período de elaboração do presente laudo, nenhuma informação acerca da institucionalidade público-privada que se configuraria numa matriz de responsabilidades entre os diversos agentes envolvidos (operador do sistema, órgãos públicos das diversas esferas), bem como o fluxo de informação e cadeia de comando no caso de ocorrência de cheia em que a operação real do SCP se faça necessária. No âmbito da efetividade, insere-se a vida útil do projeto público-privado (30 anos de concessão), na perspectiva do que se prevê acontecer, não só durante esse período, como também após essa vida útil, sobre quem seria responsável pelo SCP e como ele seria assumido.

4.7 Da análise da gestão/gerenciamento

O Consórcio Revitaliza não repassou, como afirmado antes, nenhuma informação acerca do arranjo institucional previsto para a parceria público-privada nos 30 anos de concessão. Assim, optou-se por abordar aspectos de gestão/gerenciamento do SCP, pensando-se em funções, mais que estruturas ou organizações. Com isso, está sendo admitido que será encontrado um modelo de estrutura de gestão do SCP que abarque uma solução eficaz e segura de relação de uma entidade privada com os órgãos públicos, da rotina e à excepcionalidade de uma cheia como a de 1941. Como os custos de aquisição e implantação do SCP, incluindo o dique móvel, serão dos investidores privados, há indicação de que também a função de implantação, operação e manutenção do SCP será custeada e feita pela entidade privada gestora do empreendimento do Cais Mauá.

Entretanto o SCP, como atualmente é o dique da Mauá, será parte integrante de todo o sistema contra inundações de Porto Alegre, com seus diques de terra e estações de bombeamento, com operação municipal, logo, forçosamente, deverá haver uma articulação oficial entra a gestora do Cais Mauá e a Prefeitura. Recentemente, em dezembro de 2021, foi finalizada a estruturação da

área de drenagem no Departamento Municipal de Água e Esgotos (DMAE), organizando a competência para a prestação dos serviços públicos de drenagem e manejo das águas pluviais urbanas e de proteção contra as cheias de Porto Alegre. Certamente algum instrumento jurídico entre a Gestora do Cais Mauá e a Prefeitura, através do DMAE, deverá deixar claros os papéis de cada um, com a prevalência do poder público onde incontornável. Neste cenário específico relativo ao SCP, parece viável sugerir que a Gestora convenie com a Defesa Civil do RGS e o Corpo de Bombeiros afim de colocar alertas de inundação e talvez usar efetivos públicos na própria montagem, transporte, e vigilância do dique móvel, numa coordenação articulada entre todos, incluindo o DMAE e outros órgãos municipais indicados pelo Prefeito.

Neste cenário é muito importante ter um bom Plano Operacional que é o detalhamento de como funcionará o SCP, no caso. Contém os elementos necessários para a realização do plano tático e deve ser seguido pelas áreas operacionais dos envolvidos.

O Plano Operacional deve:

- Definir a equipe que vai cuidar do SCP tanto quotidianamente como em alertas de inundação, identificando funções e lotação (Gestora, DMAE, Bombeiros, Defesa Civil, outros);
- Estabelecer os objetivos da equipe que deve ser organizada por módulos de atuação (“setores”, “seções”, “departamentos”, etc.) independente da lotação de origem;
- Pactuar como os objetivos serão alcançados;
- Identificar e quantificar os recursos necessários para atingir os objetivos.

Algumas informações são então imprescindíveis na formatação de um planejamento operacional:

- Objetivos bem estabelecidos;
- Ações necessárias para alcançar os objetivos;
- Recursos humanos necessários;
- Recursos físicos necessários;
- Orçamento necessário;
- Tempo de atingimento dos objetivos;
- Planejamento de contingências.

O planejamento de contingências envolve a previsão de alternativas no caso de mudanças de circunstâncias. Desenvolver um planejamento operacional envolve fazer uma melhor estimativa sobre o que acontecerá. No entanto, as circunstâncias podem mudar, e o planejamento original

ficar inadequado. Por isso ter uma estratégia alternativa é importante para lidar com as mudanças. O nível e o grau de planejamento de contingência dependerão do impacto de mudanças que prejudiquem o pleno atingimento dos objetivos, ou seja do grau em que o meio ambiente (em seu sentido mais amplo) pode mudar.

Sem ainda se dispor do projeto executivo do SCP em suas partes fixas e móveis (diques temporários) é prematuro tentar-se formatar-se um Plano Operacional para o mesmo.

Algo já pode ser esboçado, entretanto. O objetivo principal : o SCP deve dar o mesmo nível de proteção do dique fixo, lembrando que ele apenas é uma parte de todo o encadeamento do sistema de proteção contra inundações de Porto Alegre, que vai da zona norte à zona sul da cidade, logo todo esse sistema não pode vir a ter um elo fraco.

O Plano Operacional do SCP terá que abordar, sem ser exaustivo, aspectos como: tarefas de rotina, tarefas em alerta de inundação iminente, nomeação e formas de mobilização da equipe, plano de treinamento continuado da equipe; plano de armazenamento, inspeção periódica e segurança do dique móvel desmontado, plano de transporte, montagem e desmontagem do dique móvel, manutenção e reparos do dique móvel montado em operação, segurança contra vandalismo e acidentes. Mas somente com o projeto executivo do SCP será efetivamente possível desenhar o Plano Operacional.

O Plano Operacional do SCP deve estar abrigado ou atrelado a convênios, contratos ou qualquer instrumento jurídico que declare os direitos, deveres e responsabilidades tanto do concessionário privado quanto dos órgãos públicos envolvidos. Importante constar em algum documento legal o cenário pós fim da concessão, pois o sistema de controle contra inundações de Porto Alegre não pode ficar vacante em nenhum momento na região do Cais Mauá.

5. Conclusão e recomendações

A ideia de um sistema alternativo de proteção contra inundações do Cais Mauá, **consistindo de uma parte fixa e um dique temporário (móvel), tem viabilidade técnica, com base nas informações disponibilizadas pelo Consórcio Revitaliza**, por fabricantes e por textos disponíveis na internet.

O Sistema de Contenção Perimetral (SCP), como é chamado pelo Consórcio, está concebido para substituir o dique fixo da Av. Mauá com o mesmo grau de proteção deste.

Por ser uma solução alternativa e com a diferença básica de utilizar partes móveis (diques temporários) o **presente laudo traz à luz as peculiaridades e especificidades inerentes a esta solução, para que a mesma possa garantir o mesmo grau de proteção** do “muro” da Mauá.

Para atender à concepção da alternativa do SCP há ampla disponibilidade de produtos disponíveis no mercado. Não há fabricantes nacionais, mas há oferta de diques ou barreiras móveis de fabricantes de muitos países. Há comercialização destas estruturas nos mercados da América do Norte, Europa e Ásia, tendo havido desde a virada do século, um desenvolvimento tecnológico significativo, com inovações de toda sorte.

Há ampla possibilidade de escolha, portanto, o que inclui, evidentemente, as soluções sugeridas pelo Consórcio Revitaliza dos produtos da Aquadam, Aquabarrier, Aquafence e Inero.

A estimativa de custo de aquisição pode ser um critério decisivo na escolha do tipo de dique móvel, ou mesmo do fabricante, mas recomenda-se **considerar, igualmente, outros custos associados, como custos de armazenamento, transporte, equipamentos de montagem e enchimento (se for o caso), veículos leves e pesados de apoio, custos de equipes de montagem e desmontagem, segurança, e reposições diversas devido a vandalismo e acidentes, assim como custos ligados à vida útil das peças do dique.**

A utilização de diques móveis, seja qual for a alternativa de tipo e fabricante, exige **atenção a muitos parâmetros inerentes a esta tecnologia**, como apresentado no Quadro 3 do item 4.2, em consonância com as condições ambientais do Guaíba (ventos, ondas, correntes) apresentadas neste mesmo item. Tais parâmetros se não estão suficientemente garantidos por certificações reconhecidas devem sê-los por **emissão de garantia de desempenho pelo fabricante** para o caso do Cais Mauá.

O sucesso da solução SCP estará calcado fortemente, entre outras coisas, na qualidade das equipes de montagem/operação e seu treinamento, e nos planos de logística, operação, supervisão e manutenção do dique móvel. Como dito antes, deve ser levado em conta tudo aquilo peculiar ao Guaíba, Cais Mauá, Porto Alegre que lide da melhor forma possível com o desafio de substituição de um sistema fixo por um com parte temporária, uma vez que o SCP deve garantir no mínimo mesmo nível de proteção que o atual.

Para a escolha do dique móvel, o trabalho de Lankenau *et al.* (2019) pode servir como base, apesar de não ter testado os modelos sugeridos pelo Consorcio Revitaliza. Nesse trabalho são elencados critérios de local, estabilidade, disponibilidade de compra e durabilidade, instalação e desmonte e manutenção. Os critérios de local envolvem a condição do local que suportará o dique móvel, se o terreno é desnivelado, se é não revestido, a altura de contenção de água, se essa altura é ajustável, se o dique pode ser galgado, se a instalação é na água, e se requer muito espaço. Para as condições da concepção do SCP vários desses critérios não são diferenciais na escolha do dique móvel, por igualdade de condições postas ou impostas pela referida concepção. Assim, resta efetivo como critério diferencial averiguar a resistência a galgamentos, pois os demais não influem na escolha dos modelos sugeridos pelo Consorcio.

Os critérios de estabilidade dizem respeito a tombamento (capotamento), rolagem/escorregamento, flutuação, ancoragem, resistência a impactos mecânicos, ao vandalismo, e possibilidade de efeito dominó (se a falha de uma peça desencadeia a falha em sequência de todo o dique). No caso do Cais Mauá todos esses critérios de estabilidade devem ser ponderados na escolha. Os critérios de aquisição e durabilidade envolvem os custos de implantação do dique, sua vida útil e reusabilidade. Como mencionado antes os custos de implantação do dique podem ser decisivos na escolha, mas vida útil e reusabilidade devem ser convenientemente ponderados, tendo em vista que recomenda-se montagem e desmontagens periódicas dos diques para efeito de treinamento e demonstração. No que se refere a critérios de instalação o trabalho acima referido elenca tempo de instalação, equipamentos necessários para montagem, pessoal, se precisa de material de enchimento, número de peças, simplicidade de instalação, e peso das peças. Esses são critérios com potencial diferencial na ponderação da escolha do tipo de dique móvel. Por fim, Lankenau *et al.* (2019) citam como critérios de desmonte e manutenção a simplicidade de desmontagem, custos de disposição de resíduos, custos de limpeza do material (para armazenamento), reparos e material de substituição, logística, espaço de armazenamento e transporte. Como os anteriores esses são critérios com potencial diferencial na ponderação da escolha do tipo de dique móvel

Considerando todos esses critérios pode-se fazer um quadro orientativo (Quadro 4) de cotejo das alternativas de diques móveis sugeridas pelo Consórcio

Quadro 4 – Cotejo de critérios diferenciais aplicados aos diques móveis sugeridos pelo Consorcio Revitaliza (ranking 1 significa a melhor posição relativa)

Critério	Aquadam	Aquabarrier	Aquafence	Inero
Resistência a galgamento	1	1	1	4
Resistência a tombamento	1	1	1	1
Resistência a deslizamento	3	3	1	2
Resistência a flutuação	3	3	1	1
Resistência a impactos mecânicos	2	2	1	4
Resistência a vandalismo	3	3	1	1
Resistência ao efeito dominó	1	1	3	3
Custo de aquisição	1	1	3	3
Vida útil	3	3	1	1
Reutilização	3	3	1	1
Tempo de instalação	3	3	2	1
Equipamentos	1	1	1	1
Pessoal	1	1	4	3
Necessidade de enchimento	3	3	1	1
Número de peças	1	1	4	3
Simplicidade de instalação	1	1	3	3
Peso das peças	3	3	1	1
Simplicidade de desmontagem	2	2	4	1
Custo de limpeza pós desmonte	1	1	3	3
Disposição resíduos pós desmonte	3	3	1	1
Reparos e substituição de peças	1	1	4	3
Logística	1	1	3	3
Espaço de armazenamento	2	1	4	2
Transporte	2	1	3	3
Certificação	3	3	1	2

O Quadro 4, ressalte-se, é apenas orientativo, pois no momento da escolha efetiva da tipologia do dique móvel pela concessionária (para depois providenciar seu projeto executivo), normalmente ela deverá ponderar suas diretrizes técnico-econômica com informações de critérios como do Quadro 4 (necessariamente reatualizadas no momento desta escolha), sem limitar necessariamente tal escolha aos quatro exemplos de diques analisados.

Em termos objetivos, visando dar ao investidor um entendimento adequado sobre o que considerar na exigência de um projeto executivo do SCP, envolvendo a parte fixa e a parte removível, de modo a atender o que se considera como "mesmo grau de proteção do muro", elenca-se as condicionantes essenciais a seguir:

- 1) A soma da altura da parte fixa (passarela) com a altura a altura da parte removível (dique móvel) deve ser, no mínimo 3,00 (três metros) acima da cota do cais. O Master Plan prevê a passarela na altura 1,26 m acima do cais logo o dique móvel deve ter altura mínima de 1,76 m. Evidentemente pode haver alguma mudança tanto na altura da passarela como na do dique móvel, desde que a soma permaneça no mínimo em 3,00 acima do cais;

- 2) A passarela de suporte ao dique móvel deve ser de concreto armado impermeável, munida na sua base inferior de um “cut-off” subterrâneo, impermeável, até a profundidade mínima de 1,5 m abaixo da cota do cais, evitando-se a percolação em camadas fofas e não consolidadas reveladas pelas sondagens disponíveis;
- 3) Havendo previsão de inundação que exija a montagem do dique móvel, esta montagem deve levar no máximo 24 horas ininterruptas para ser completamente terminada; considerar nesse tempo a complexidade do dique móvel, número de peças a montar e necessidade de equipe equipada e treinada com tamanho adequado e custos envolvidos;
- 4) A largura da passarela no seu topo (onde o dique móvel deve se assentar) deve ser no mínimo de 4,20 m. A superfície da passarela deve ser plana e lisa, estar sempre livre e não possuir proeminências pontiagudas; veículos de apoio para transporte e montagem do dique móvel poderão trafegar sobre essa passarela no momento da montagem do dique móvel; o projeto executivo geométrico perimetral da passarela deve evitar ângulos agudos (<math><90^\circ</math>);
- 5) O complexo passarela mais dique móvel deve ter manutenção que garanta sua vida útil até, no mínimo 5 anos após o término da concessão de 30 anos;
- 6) As peças e equipamentos para montagem e desmontagem do dique móvel ser armazenados nos espaços disponibilizados nos Armazéns do Cais Mauá;
- 7) Como praticamente todos os diques móveis apresentam um grau de vazamento na base, sendo tolerável uma quantidade de 40 litros por hora por metro, deve ser dimensionada e construída uma calha coletora na parte detrás (interna) da passarela para bombeamento de volta para o Guaíba;
- 8) Garantia da hígidez do sistema SCP, sob uma velocidade média de vento de 25 km/h (rajadas de 50 km/h), alturas de onda do Guaíba de 0,7 m, velocidade da água em contato paralelo de 4,0 m/s, velocidade da água perpendicular ao SCP de 1,0 m/s. Hígidez significa resistir a falhas por rolagem, escorregamento, transbordamento, tombamento, capotamento, colapso instantâneo ou progressivo, esforços de flutuabilidade, impactos de objetos que podem afetar diques móveis;
- 9) Existência de materiais, dispositivos ou procedimentos antivandalismo e contingências para reparos e substituição de peças defeituosas, na montagem e durante uso do dique móvel no controle da inundação;
- 10) O projeto executivo do dique móvel e passarela de suporte deve incluir planos de armazenamento, transporte, montagem e desmontagem das partes móveis, prevendo o fornecimento do material junto com treinamento da equipe; ou seja fazem parte do projeto executivo documentos e programas necessários (manual de manutenção e operação do

sistema móvel; plano de contingência; termos de garantia e validade dos equipamentos que compõem o sistema móvel de proteção contra cheias);

Esta lista pode sofrer modificações com o próprio decorrer da preparação do projeto executivo, ressaltando-se que, até o momento, o assunto da substituição da proteção fixa (Muro da Mauá) por uma alternativa móvel está colocado em nível de prova de conceito, podendo surgir informações adicionais advindas de detalhamentos inerentes a um projeto executivo.

Por fim, com tudo definido acerca do dique móvel e aprovado nas instâncias competentes, o descomissionamento do dique fixo de concreto (Muro da Mauá) e, seu consequente desmonte, somente poderá ser feito após a construção do passeio elevado, que é a base do dique móvel, e após uma primeira montagem pública demonstrativa do dique móvel. Ou seja, **o descomissionamento do Muro da Mauá deverá exigir previamente a implantação e testagem completa da nova estrutura, incluindo manutenção, armazenamento, transporte e montagem.**

6. Bibliografia

American National Standards Institute (ANSI) and FM Approvals, American National Standard for Flood Abatement Equipment: ANSI/FM Approvals 2510, FM Approvals, Norwood, 2014.

Boston Public Works Department, Climate Resilient Design Standards & Guidelines for Protection of Public Rights-of-Way, Section 7.0 Deployable Flood Barrier Guidance, October 17, 2018

British Standards Institution (BSI): PAS 1188-2:2014 Flood protection products - Specification, Part 2: Temporary products, Third Edition, The British Standards Institution Group Headquarters, London, 2014.

British Standards Institution (BSI) Homepage: <https://www.bsigroup.com/en-GB/>, last access: 20 May 2019a.

British Standards Institution (BSI) Homepage: <https://www.bsigroup.com/en-GB/>, último acesso em 29/01/2022, 2022a

British Standards Institution (BSI) product directory search Homepage: <https://www.bsigroup.com/en-GB/Product-Directory/>, último acesso em 29/01/2022, 2022b.

Collischonn, W. Comunicação pessoal ,2022

Dalsgaard, H. V. Redesign and Implementation of Design Improvement to Flood Protection System. Master in product development and production Norwegian University of Science and Technology Institute for Product Development and Materials Submitted: June 2015

FM Approvals Homepage: <https://www.fmaprovals.com/>, último acesso em 29/01/2022, 2022

Guimaraens, R. A Enchente de 41, Porto Alegre: Libretos, 2009. 100 p.

Lankenau, L., Massolle, C., Koppe, B., Krull, Preprint. Discussion started: 27 May 2019 Sandbag Replacement Systems - Stability, Functionality and Handling

Marques, M. Modelagem Paramétrica Bidimensional para Simulação do Campo de Ondas em Águas Continentais, Tese de Doutorado, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental da Universidade Federal do Paraná, 2013

Massolle, C., Lankenau, L., Koppe, B.: Emergency Flood Control: Practice-Oriented Test Series for the Use of Sandbag Replacement Systems, Geosciences, 8, 482, <https://doi.org/10.3390/geosciences8120482>, 2018. <https://doi.org/10.5194/nhess-2019-164>

Ogunyoye, F.; Stevens, R.; Underwood, S. Delivering Benefits through Evidence: Temporary and Demountable, Flood Protection Guide; Defra-Environment Agency: Bristol, UK, 2011; ISBN 978-1-84911-225-3.

Weatherspark, <https://pt.weatherspark.com/y/29679/Clima-caracter%C3%ADstico-em-Porto-Alegre-Brasil-durante-o-ano>, último acesso em 16/03/2022, 2022



7. Equipe Técnica

Nome	Qualificação Profissional
Joel Avruch Goldenfum	Engenheiro Civil Mestre em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental - IPH/UFRGS PhD em Hidrologia – Imperial College/University of London
Fernando Dornelles	Engenheiro Civil Mestre em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental - IPH/UFRGS Doutor em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental - IPH/UFRGS
André Luiz Lopes da Silveira	Engenheiro Civil, Mestre em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental – IPH/UFRGS Doutor em Ciências das Águas Continentais – Univ. Montpellier - França

Porto Alegre, 22 de fevereiro de 2022

Revisado em 11 de abril de 2022

Joel Avruch Goldenfum
Eng°. Civil, MSc, PhD em Hidrologia
CREA RS 49.379

Fernando Dornelles
Eng°. Civil, MSc, Doutor em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental
CREA RS 137219

André Luiz Lopes da Silveira
Eng°. Civil, MSc, Doutor em Ciências das Águas Continentais
CREA RS 38.877