



UNITED NATIONS  
INDUSTRIAL DEVELOPMENT ORGANIZATION



# Directrizes Técnicas para o Desenvolvimento de Pequenas Centrais Hidroeléctricas **PROJECTO**

## **Parte 6-3: Obras Hidromecânicas**

SHP/TG 002-6-3: 2019



## **DECLARAÇÃO DE EXONERAÇÃO DE RESPONSABILIDADE**

Este documento foi produzido sem edição formal das Nações Unidas. As designações e a apresentação do material deste documento não implicam a expressão de qualquer opinião por parte do Secretariado da Organização das Nações Unidas para o Desenvolvimento Industrial (UNIDO) sobre o estatuto jurídico de qualquer país, território, cidade ou área das suas autoridades, ou sobre a delimitação das respectivas fronteiras ou limites, sistema económico ou grau de desenvolvimento. Designações como "desenvolvido", "industrializado" e "em desenvolvimento" são utilizadas para fins estatísticos e não expressam necessariamente uma opinião sobre a etapa alcançada por um determinado país ou área no processo de desenvolvimento. A menção de nomes de empresas ou produtos comerciais não constitui uma aprovação por parte da UNIDO. Embora tenha sido tomado grande cuidado para manter a precisão das informações aqui contidas, nem a UNIDO nem os seus Estados-Membros assumem qualquer responsabilidade pelas consequências que possam advir do uso do material. Este documento pode ser citado ou reimpresso livremente, mas o seu reconhecimento é necessário.

Directrizes Técnicas para o  
Desenvolvimento de Pequenas Centrais  
Hidroeléctricas  
PROJECTO

**Parte 6-3: Obras  
Hidromecânicas**

**SHP/TG 002-6-3: 2019**

## AGRADECIMENTOS

As directrizes técnicas (DT) são o resultado de um esforço de colaboração entre a Organização das Nações Unidas para o Desenvolvimento Industrial (UNIDO) e a Rede Internacional de Pequenas Centrais de Energia Hidroelétrica (INSHP). Cerca de 80 peritos internacionais e 40 agências internacionais estiveram envolvidos na preparação do documento e na revisão pelos pares, e forneceram sugestões e opiniões específicas para tornar as directrizes técnicas profissionais e aplicáveis.

A UNIDO e a INSHP estão enormemente gratas pelas contribuições recebidas durante o desenvolvimento destas directrizes, em particular, as fornecidas pelas seguintes organizações internacionais:

- O Mercado Comum da África Oriental e Austral (COMESA)
- A Rede Global de Centros Regionais de Energia Sustentável (GN-SEC), particularmente o Centro para Energias Renováveis e Eficiência Energética da CEDEAO (ECREEE), o Centro para Energias Renováveis e Eficiência Energética da África Oriental (EACREEE), o Centro para Energias Renováveis e Eficiência Energética do Pacífico (PCREEE) e o Centro para Energias Renováveis e Eficiência Energética das Caraíbas (CCREEE).

O governo chinês facilitou a finalização dessas directrizes e teve grande importância na sua conclusão.

O desenvolvimento destas directrizes beneficiam extraordinariamente dos pensamentos, das revisões e das críticas construtivas, como também das contribuições de: Sr. Adnan Ahmed Shawky Atwa, Sr. Adoyi John Ochigbo, Sr. Arun Kumar, Sr. Atul Sarthak, Sr. Bassey Edet Nkposong, Sr. Bernardo Calzadilla-Sarmiento, Sra. Chang Fangyuan, Sr. Chen Changjun, Sra. Chen Hongying, Sr. Chen Xiaodong, Sra. Chen Yan, Sra. Chen Yueqing, Sra. Cheng Xialei, Sr. Chileshe Kapaya Matantilo, Sra. Chileshe Mpundu Kapwepwe, Sr. Deogratias Kamweya, Sr. Dolwin Khan, Sr. Dong Guofeng, Sr. Ejaz Hussain Butt, Sra. Eva Kremere, Sra. Fang Lin, Sr. Fu Liangliang, Sr. Garaio Donald Gafiye, Sr. Guei Guillaume Fulbert Kouhie, Sr. Guo Chenguang, Sr. Guo Hongyou, Sr. Harold John Annegam, Sra. Hou ling, Sr. Hu Jianwei, Sra. Hu Xiaobo, Sr. Hu Yunchu, Sr. Huang Haiyang, Sr. Huang Zhengmin, Sra. Januka Gyawali, Sr. Jiang Songkun, Sr. K. M. Dharsan Unnithan, Sr. Kipyego Cheluget, Sr. Kolade Esan, Sr. Lamysier Castellanos Rigoberto, Sr. Li Zhiwu, Sra. Li Hui, Sr. Li Xiaoyong, Sra. Li Jingjing, Sra. Li Sa, Sr. Li Zhenggui, Sra. Liang Hong, Sr. Liang Yong, Sr. Lin Xuxin, Sr. Liu Deyou, Sr. Liu Heng, Sr. Louis Philippe Jacques Tavernier, Sra. Lu Xiaoyan, Sr. Lv Jianping, Sr. Manuel Mattiat, Sr. Martin Lugmayr, Sr. Mohamedain SeifElnasr, Sr. Mundia Simainga, Sr. Mukayi Musarurwa, Sr. Olumide TaiwoAlade, Sr. Ou Chuanqi, Sra. Pan Meiting, Sr. Pan Weiping, Sr. Ralf Steffen Kaeser, Sr. Rudolf Hüpfl, Sr. Rui Jun, Sr. Rao Dayi, Sr. Sandeep Kher, Sr. Sergio Armando Trelles Jasso, Sr. Sindiso Ngwenga, Sr. Sidney Kilmete, Sra. Sitraka Zaraso Rakotomahefa, Sr. Shang Zhihong, Sr. Shen Cunke, Sr. Shi Rongqing, Sra. Sanja Komadina, Sr. Tareqemtairah, Sr. Tokihiko Fujimoto, Sr. Tovoniaina Ramanantsoa Andriampaniry, Sr. Tan Xiangqing, Sr. Tong Leyi, Sr. Wang Xinliang, Sr. Wang Fuyun, Sr. Wang Baoluo, Sr. Wei Jianghui, Sr. Wu Cong, Sra. Xie Lihua, Sr. Xiong Jie, Sra. Xu Jie, Sra. Xu Xiaoyan, Sr. Xu Wei, Sr. Yohane Mukabe, Sr. Yan Wenjiao, Sr. Yang Weijun, Sra. Yan Li, Sr. Yao Shenghong, Sr. Zeng Jingnian, Sr. Zhao Guojun, Sr. Zhang Min, Sr. Zhang Liansheng, Sr. Zhang Zhenzhong, Sr. Zhang Xiaowen, Sra. Zhang Yingnan, Sr. Zheng Liang, Sr. Zheng Yu, Sr. Zhou Shuhua, Sra. Zhu Mingjuan.

Seria muito bem-vinda a provisão de outras recomendações e sugestões para a execução da actualização.

## Índice

Prefácio .....	II
Introdução .....	III
1 Enquadramento .....	1
2 Referências normativas.....	1
3 Termos e definições .....	1
4 Conteúdo e requisitos de projecto .....	1
5 Selecção e disposição do equipamento .....	2
5.1 Requisitos gerais .....	2
5.2 Disposição das comportas .....	2
5.3 Tipo de comporta e tamanho do orifício.....	3
5.4 Guincho .....	4
5.5 Fabrico, transporte e outras considerações.....	5
5.6 Disposição da estrutura hidromecânica dos descarregadores de cheias de superfície.....	6
5.7 Disposição da estrutura hidromecânica para comportas de descarga profunda .....	7
5.8 Disposição da estrutura hidromecânica para sistemas de desvio de água e geração de energia .....	8
6 Concepção e cálculo hidráulico .....	11
6.1 Cálculo de carga numa comporta .....	11
6.2 Cálculo da capacidade de elevação da comporta.....	16
6.3 Cálculo da área da abertura de ventilação.....	20
6.4 Selecção do tipo e cálculo da ranhura de uma comporta plana .....	21
7 Anti-corrosão das estruturas hidromecânicas .....	24
7.1 Requisitos gerais .....	24
7.2 Protecção do revestimento .....	25
7.3 Revestimento anti-corrosão em metal pulverizado .....	25
7.4 Protecção de anti-corrosão catódica do ânodo sacrificial .....	25
8 Carga de trabalho das estruturas hidromecânicas .....	26
Anexo A (Informativo) Coeficiente de fricção .....	27
Anexo B (Informativo) Coeficiente de fórmula semi-teórica e semi-empírica .....	28

## **Prefácio**

A Organização das Nações Unidas para o Desenvolvimento Industrial (UNIDO) é uma agência especializada no âmbito do sistema das Nações Unidas para promover o desenvolvimento industrial global inclusivo e sustentável (ISID). A relevância do ISID como abordagem integrada aos três pilares do desenvolvimento sustentável é reconhecida pela Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável e pelos Objectivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) correspondentes, que contarão com o esforço das Nações Unidas e dos países rumo ao desenvolvimento sustentável nos próximos quinze anos. O mandato da UNIDO para o ISID engloba a necessidade de apoiar a criação de sistemas energéticos sustentáveis, uma vez que a energia é essencial para o desenvolvimento económico e social e para a melhoria da qualidade de vida. A preocupação e o debate internacional sobre energia têm crescido cada vez mais nas últimas duas décadas, com as questões da redução da pobreza, dos riscos ambientais e das alterações climáticas a assumirem agora um lugar central.

A INSHP (Rede Internacional de Pequenas Centrais de Energia Hidroeléctrica) é uma organização internacional de coordenação e promoção para o desenvolvimento global de pequenas centrais de energia hidroeléctrica (PCH), baseada na participação voluntária de pontos focais regionais, sub-regionais e nacionais, instituições relevantes, serviços públicos e empresas, e cujo principal objectivo são as prestações sociais. A INSHP visa a promoção do desenvolvimento global de PCH através da cooperação triangular técnica e económica entre países em desenvolvimento, países desenvolvidos e organizações internacionais, a fim de abastecer as zonas rurais dos países em desenvolvimento com energia ambientalmente saudável, acessível e adequada, o que levará ao aumento das oportunidades de trabalho, à melhoria dos ambientes ecológicos, à redução da pobreza, à melhoria dos padrões de vida e culturais locais e ao desenvolvimento económico.

A UNIDO e a INSHP colaboram no Relatório Mundial de Desenvolvimento de Pequenas Centrais de Energia Hidroeléctrica desde 2010. A partir dos relatórios, a produção e o desenvolvimento das PCH em todo o mundo não foram correspondidos. Uma das barreiras ao desenvolvimento na maioria dos países é a falta de tecnologias. A UNIDO, em colaboração com a INSHP, através da cooperação com peritos globais, e com base em experiências de desenvolvimento bem-sucedidas, decidiu desenvolver as directrizes técnicas das PCH para satisfazer a procura dos Estados-Membros.

Estas DT foram elaboradas de acordo com as regras editoriais das Directivas ISO/IEC, Parte 2 (consultar [www.iso.org/directives](http://www.iso.org/directives)).

Chama-se especial atenção para a possibilidade de que alguns dos elementos destas directrizes técnicas possam estar sujeitos a direitos de patente. A UNIDO e a INSHP não serão responsáveis pela identificação desses mesmos direitos de patente.

## Introdução

Uma Pequena Central de Energia Hidroeléctrica (PCH) é cada vez mais reconhecida como uma importante solução para Energias Renováveis para a electrificação de áreas rurais remotas. Contudo, embora a maioria dos países europeus, da América do Norte e do Sul e a China tenham elevados níveis de capacidade instalada, o potencial de uma PCH em muitos países em desenvolvimento permanece desconhecido e é prejudicado por vários factores, incluindo a falta de boas práticas ou normas globalmente acordadas para o desenvolvimento de uma PCH.

Estas Directrizes Técnicas (DT) para o Desenvolvimento de Pequenas Centrais de Energia Hidroeléctrica abordarão as limitações actuais dos regulamentos aplicados às directrizes técnicas para as PCH, aplicando os conhecimentos especializados e as melhores práticas existentes em todo o mundo. Pretende-se que os países utilizem estas directrizes para apoiar as suas políticas, tecnologias e ecossistemas actuais. Os países com competências institucionais e técnicas limitadas serão capazes de melhorar a sua base de conhecimentos no desenvolvimento de instalações de PCH, atraindo assim mais investimentos para projectos de PCH, encorajando políticas favoráveis e, conseqüentemente, ajudando no desenvolvimento económico a nível nacional. Estas directrizes técnicas serão valiosas para todos os países, mas permitem, especialmente, a partilha de experiências e melhores práticas entre países que têm conhecimentos técnicos limitados.

As directrizes técnicas podem ser utilizadas como princípios e fundamentos para o planeamento, estruturação, construção e gestão de PCH até 30 MW.

- Os Termos e Definições nas directrizes técnicas especificam os termos e definições técnicas profissionais comumente usados para PCH.
- As Directrizes do projecto fornecem directrizes para os requisitos básicos, metodologia e procedimento em termos de selecção do local, hidrologia, geologia, esquema do projecto, configurações, cálculos de energia, hidráulica, selecção de equipamentos electromecânicos, construção, estimativas de custo do projecto, pré-avaliação económica, financiamento, avaliações sociais e ambientais - com o objectivo final de obter as melhores soluções de projecto.
- As Directrizes das unidades especificam os requisitos técnicos para turbinas nas PCH, geradores, sistemas de regulação de turbinas hidráulicas, sistemas de excitação e válvulas principais, como também para sistemas de supervisão, controlo, protecção e de alimentação eléctrica de corrente contínua.
- As Directrizes de construção podem ser utilizadas como documentos de orientação técnica para a construção de projectos de PCH.
- As Directrizes de gestão fornecem orientações técnicas para a gestão, operação e manutenção, renovação técnica e aceitação de projectos de PCH.





# Directrizes Técnicas para o Desenvolvimento de Pequenas Centrais de Energia

## Concepção das Centrais

### Parte 6-3: Obras Hidromecânicas

#### 1 Âmbito

Esta Parte das Directrizes da estrutura estabelece o conteúdo e os requisitos para a concepção das estruturas hidromecânicas pequena central hidroeléctrica (PCH) e fornece os requisitos específicos para a selecção e disposição da estrutura hidromecânica, os cálculos da concepção hidráulica e as medidas anti-corrosão.

#### 2 Referências normativas

Os seguintes documentos são referidos no texto de tal forma que parte ou a totalidade do seu conteúdo constitui uma exigência deste documento. Para referências datadas, é apenas aplicável a edição citada. Para referências não datadas, é aplicável a última edição do documento referenciado (incluindo quaisquer alterações).

SHP/TG 001, *Directrizes técnicas para o desenvolvimento de pequenas centrais de energia hidroeléctrica — Termos e definições*.

#### 3 Termos e definições

Para efeitos do presente documento, são aplicáveis os termos e definições apresentados em SHP/TG 001.

#### 4 Conteúdo e requisitos de projecto

**4.1** As estruturas hidromecânicas incluem plataformas do lixo, comportas, máquina de limpeza de suportes do lixo e guincho. Durante a concepção da disposição geral, deve ser efectuada a selecção do tipo, fabrico e instalação da estrutura hidromecânica, coordenação próxima com outras disciplinas e análise global, a fim de atingir uma concepção óptima.

**4.2** Na preparação dos documentos de concepção das estruturas hidromecânicas, devem ser compreendidas as tarefas do projecto, as condições e requisitos de funcionamento, os requisitos de controlo do nível de água, o impacto da descarga e fuga de água, a disposição geral do projecto e o cronograma de construção, especialmente a disposição e a disposição de construção das estruturas hidráulicas.

**4.3** Os dados básicos do projecto da comporta devem incluir regulamentos ou normas relevantes e requisitos ou regulamentos de protecção ambiental para a operação do projecto. As seguintes informações relevantes também devem ser preparadas de acordo com circunstâncias específicas:

- a) Tarefas de engenharia e disposição de estruturas hidráulicas;
- b) Tamanho da abertura da comporta e condições de funcionamento;
- c) Dados hidrológicos, sedimentos, qualidade da água, condições do gelo, matéria flutuante e condições meteorológicas;
- d) Condições para os materiais, fabrico, transporte e instalação da comporta;
- e) Terramoto e outros requisitos especiais.

## **5 Selecção e disposição do equipamento**

### **5.1 Requisitos gerais**

**5.1.1** A disposição geral das estruturas hidromecânicas deve destinar-se principalmente à determinação da localização das comportas e guinchos, tamanho do orifício, tipo de comporta, número e modo de funcionamento e outros requisitos da disposição - relacionados com o funcionamento.

**5.1.2** A disposição e o tipo de estruturas hidromecânicas devem ser determinados através de comparação técnica e económica à luz do planeamento global do projecto e da disposição global das estruturas hidráulicas. Um esquema de projecto deve ser fiável em qualidade, seguro e aplicável, avançado em tecnologia, económico e razoável.

### **5.2 Disposição das comportas**

**5.2.1** A disposição das comportas nas estruturas hidráulicas deve manter o caudal suave e evitar o caudal transversal e os vórtices que se formam a montante da comporta, e a descarga submersa e o refluxo a jusante da comporta. Quando uma comporta é colocada numa entrada, não deve ser permitida a passagem de água pela parte inferior e pela parte superior da comporta simultaneamente.

**5.2.2** Para comportas importantes de orifícios de fundo profundo ou comportas operadas hidraulicamente, a disposição e forma razoáveis da via navegável devem ser seleccionadas para garantir condições hidráulicas sólidas para comportas e ranhuras de comportas.

**5.2.3** Quando uma estrutura hidráulica é utilizada para descarga de cheias ou geração de energia e os orifícios estão dispostos em diferentes elevações, devem ser escalonados e não se sobrepor.

**5.2.4** As comportas utilizadas para sistemas de desvio de água e geração de energia devem ser seleccionadas de acordo com os requisitos de protecção para unidades de geradores de turbinas e características de disposição dos sistemas de desvio de água e geração de energia, e com consideração geral da disposição, tipo e modo de funcionamento da comporta. Em geral, num rio com sedimentos pesados/transporte de lodo, os furos inferiores de descarga de areia ou os corredores de descarga de areia devem ser instalados na posição adjacente à entrada de água da central eléctrica.

**5.2.5** A distância mínima da rede entre duas comportas, ou entre a comporta e o suporte do lixo, deve cumprir os requisitos de resistência do betão e impermeabilidade da ranhura da comporta, a disposição e funcionamento do guincho, a instalação e manutenção da comporta e as condições hidráulicas, e não deve ser inferior a 1,50 m.

**5.2.6** A parte superior de uma comporta aberta deve estar a mais de 0,3 m a 0,5 m acima do nível máximo possível de retenção de água.

**5.2.7** O guincho para a comporta em operação do sistema de comporta de descarga com função de controlo de cheias deve estar equipado com uma fonte de alimentação em espera.

**5.2.8** Se não for possível fornecer ventilação adequada por detrás de uma comporta submersa de uma estrutura permanente, deve ser instalada uma saída de ar na parte superior do orifício mais próximo do caudal descendente da comporta. A extremidade aberta do ventilador deve ficar separada da sala de elevação, e devem ser providenciadas instalações de protecção.

**5.2.9** As instalações de equilíbrio de pressão da comporta devem utilizar a válvula de enchimento instalada no corpo da comporta, também pode utilizar enchimento com água de entrenó, enchimento com água de abertura pequena ou outras instalações eficazes. O funcionamento das instalações de equilíbrio de pressão deve estar associado à abertura e fecho da comporta, devendo ser instalado um interruptor de curso de abertura pequena no guincho. As instalações de equilíbrio de pressão para a comporta traseira da unidade devem ser enchidas com água da extremidade a jusante utilizando o sistema de drenagem da unidade.

### **5.3 Tipo de comporta e tamanho do orifício**

**5.3.1** O tipo de comporta deve ser seleccionado por comparação técnica e económica, tendo em conta os requisitos de funcionamento da comporta, as condições de funcionamento da comporta e o tipo de guincho. As características dos vários tipos de comportas também devem ser consideradas.

**5.3.2** O tamanho do orifício da comporta deve cumprir os requisitos do caudal, a pressão total da água sustentada pela comporta, as condições de funcionamento e os requisitos para o fabrico e instalação da comporta e do guincho.

**5.3.3** Quando a altura de água for alta, deve ser adoptado um orifício com uma relação largura/altura relativamente pequena; quando a altura da água for baixa, deve ser utilizado um orifício com uma relação largura/altura relativamente grande.

## 5.4 Guincho

**5.4.1** Na disposição geral, as vantagens e desvantagens de vários tipos de guinchos devem ser comparadas para analisar o modo de funcionamento do guincho de comporta. Além de considerar a função do próprio guincho, também deve ser considerada a possibilidade e/ou necessidade de outras aplicações.

5.4.2 O tipo de guincho pode ser seleccionado de acordo com os seguintes requisitos, em função do tipo de comporta, tamanho, número de orifícios e condições de funcionamento:

- a) O guincho fixo ou um guincho hidráulico deve ser seleccionado para a comporta que é fechada por peso morto ou peso adicionado e que precisa de ser totalmente aberta num curto espaço de tempo.
- b) O guincho hidráulico deve ser seleccionado para a comporta que precisa ser totalmente aberta num curto espaço de tempo ou tem os requisitos de prensagem descendente.
- c) O guincho móvel deve ser seleccionado para a comporta plana com vários orifícios que não precisam de ser abertos uniformemente em simultâneo. O número de guinchos deve ser determinado em função dos requisitos para os horários de abertura da comporta, devendo ser considerado um número adequado de guinchos de reserva. Quando um guincho rolante é montado, a manutenção da estrutura hidromecânica no topo de uma barragem e para a própria barragem deve ser considerada.
- d) O guincho de parafuso deve ser seleccionado para a comporta pequena que tem requisitos de pressão descendentes.
- e) A capacidade de abertura/fecho do guincho seleccionado não deve ser inferior à capacidade de elevação calculada e uma margem de segurança deve ser reservada.

**5.4.3** A elevação de um guincho pode ser decidida em função das condições de funcionamento e deve cumprir os seguintes requisitos:

- a) A comporta de transbordo pode ser elevada 1 m a 2 m acima da superfície da água.
- b) A porta de fecho rápido pode ser levantada até 0,5 m a 1,0 m acima do orifício.
- c) A comporta pode ser levantada até 0,5 m a 1,0 m acima da plataforma de manutenção para inspecção, reparação ou substituição.

**5.4.4** Se um guincho móvel for usado para operar uma comporta multiorifícios, ou se a lança for carregada e descarregada frequentemente durante a operação, uma viga suspensa automática deve ser adoptada. O tipo mecânico ou hidráulico pode ser seleccionado em função das condições de funcionamento. Quando a comporta estiver equipada com uma viga de suspensão automática, os seguintes requisitos devem ser cumpridos;

- a) O cordão de água a montante deve ser montado para a comporta. Se a comporta estiver equipada com um cordão de água a jusante, deve ser prestada atenção à fiabilidade do funcionamento subaquático de uma viga de suspensão automática.

- b) Durante a operação subaquática de uma viga suspensa automática, deve ser prestada atenção ao impacto da perturbação do caudal na sua estabilidade.
- c) A precisão de construção e instalação da ranhura do portão pode garantir que a viga de suspensão automática possa ser utilizada em ranhuras multi-orifícios.
- d) A viga de suspensão automática deve estar equipada com uma guia, dispositivos de posicionamento e segurança, bem como furos de drenagem de gás/água.
- e) A viga de suspensão automática deve ser testado quanto ao equilíbrio estático, e não deve haver inclinação, bloqueio ou aderência antes de entrar na ranhura.
- f) Quando a temperatura de funcionamento for inferior a 0 °C, devem ser tomadas medidas para evitar que as peças desmontadas congelem durante o funcionamento ou debaixo de água.

## **5.5 Fabrico, transporte e outras considerações**

**5.5.1** Na disposição geral da comporta, os materiais de fabricação da a comporta e as peças de reposição necessárias para moldar a comporta devem ser o mínimo possível. Os produtos normalizados e dactilografados devem ser adoptados.

**5.5.2** Devem ser evitados dispositivos e equipamentos especiais no processo de fabrico e montagem e na soldagem da comporta durante a instalação.

**5.5.3** Uma comporta plana deve ser testada quanto ao equilíbrio estático. Quando o valor da inclinação da comporta excede os requisitos de concepção, o peso deve ser contrabalançado.

**5.5.4** No transporte de equipamentos, é aconselhável adoptar os tipos de comporta ou materiais que são fáceis de serem divididos em partes, peças pequenas e leves e grande rigidez, para evitar a situação de que o tamanho do equipamento exceda o limite ou esteja acima do peso.

**5.5.5** Durante o período de construção ou operação, os locais de armazenamento, montagem, manutenção e bloqueio das comportas e seus componentes devem ser concebidos e dispostos de forma geral, de modo a facilitar o funcionamento, manutenção e segurança.

**5.5.6** De acordo com as condições climáticas locais, como sol, temperatura, chuva, trovões, granizo, areia, etc., a necessidade de montar uma sala de guincho e o tipo de guincho, condições de funcionamento e manutenção, bem como os locais de montagem, armazenamento e manutenção dos componentes da comporta acima devem ser considerados de forma exaustiva. A sala do guincho e o local de montagem devem ser projectados com a devida consideração para com a segurança e conveniência do pessoal de operação. As medidas estruturais devem ser colocadas à beira do poço da comporta para evitar a queda de equipamento no poço.

**5.5.7** A localização da energia de reserva deve ser organizada de forma razoável.

**5.5.8** Nas regiões frias e congeladas, as medidas anticongelamento devem ser aplicadas de acordo com as condições locais para a estrutura da comporta e a ranhura da comporta com requisitos de funcionamento no inverno.

## **5.6 Disposição da estrutura hidromecânica dos descarregadores de cheias de superfície**

**5.6.1** A comporta ensecadeira e o equipamento de elevação devem ser projectados de acordo com os seguintes requisitos:

- a) A comporta ensecadeira deve ser instalada a montante da comporta de serviço do descarregador de cheia. O tipo de comporta ensecadeira pode ser uma comporta de correr plana, ou com barrote de ensecadeira, ou comporta ensecadeira flutuante com base na situação real do projecto.
- b) Quando o nível de água do reservatório estiver abaixo do limiar inferior da comporta por tempo contínuo suficiente, a cada ano, e puder cumprir os requisitos de manutenção da comporta de serviço, a comporta ensecadeira pode não estar preparada. No entanto, se o período não for adequado para manutenção devido ao tempo frio e outros motivos, a comporta ensecadeira deve ser instalada.
- c) Em geral, o portão de emergência não pode ser instalado em frente à comporta para o orifício de descarga emerso. No entanto, para alguns projectos, ou para a comporta de serviço de um descarregador de cheia onde exista a necessidade de passagem de madeira, poderá ser instalado uma comporta de emergência.
- d) Quando o descarregador de cheia é operado por uma comporta de serviço plana e um guincho móvel, a manutenção da comporta de serviço e do seu compartimento pode ser resolvida adicionando 1 ou 2 comportas de serviço de reserva.
- e) Quando uma comporta de serviço multi-orifícios num sistema de descarga de água é operada por um guincho móvel, a comporta ensecadeira pode ser usada por vários orifícios, e o número específico de comportas necessárias deve ser determinado com base em factores como o número de orifícios, a importância do projecto e as condições e requisitos de manutenção aplicáveis da comporta de serviço.

**5.6.2** O tipo e a elevação das comportas de serviço de superfície devem ser determinados pelos seguintes factores:

- a) A comporta de serviço do descarregador de cheia de superfície deve ser seleccionada com base em factores como os requisitos operacionais do projecto, as condições de funcionamento da comporta, o tipo de guincho e os indicadores técnicos e económicos; a comporta plana e a comporta radial podem ser adoptadas aqui.
- b) Se a extremidade inferior da comporta estiver localizada na parte superior da barragem, deve estar localizada ligeiramente a jusante do coroamento mais alto do açude. Se existir uma comporta ensecadeira a montante da comporta de serviço, a posição da porta de serviço também deve cumprir os requisitos da disposição do guincho e da instalação, operação, manutenção e revisão da comporta; mas a sua posição não deve ser muito baixa.

**5.6.3** O equipamento operacional do descarregador de cheia e das comportas de serviço deve ser fornecido não só com uma fonte de alimentação comum fiável, mas também com energia em espera. Um gerador a diesel é normalmente adoptado como energia de reserva. Para equipamentos de elevação com capacidade de elevação relativamente pequena, deve ser utilizado um dispositivo de operação manual como energia de reserva, mas o tempo de abertura da comporta deve cumprir os requisitos de entrega de cheias.

## **5.7 Disposição da estrutura hidromecânica para comportas de descarga profunda**

**5.7.1** A comporta de emergência, a comporta ensecadeira e o equipamento de elevação devem ser concebidos de acordo com os seguintes requisitos:

- a) Uma comporta de descarga profunda deve estar equipada com uma comporta de emergência, que não só deve ser capaz de fechar o orifício em água corrente, se ocorrer um acidente a montante ou a jusante da comporta de serviço, mas também deve ser utilizada para reter água ou ser utilizada como comporta ensecadeira em condições de funcionamento normal.
- b) A posição de uma comporta de emergência de orifício profundo, e a forma da ranhura da comporta, devem ser favoráveis para melhorar as condições hidráulicas da via navegável ou secção de entrada, e normalmente devem ser seleccionadas com referência à experiência semelhante dos projectos concluídos ou através do necessário teste do modelo hidráulico.
- c) Quando a comporta de descarga profunda é um orifício sem pressão, e existe um guincho móvel para a operação da comporta, pode considerar-se que uma comporta de emergência de entrada é partilhada por vários orifícios. No entanto, se a comporta de descarga profunda for um orifício de pressão e a comporta de serviço estiver montada na saída, então cada orifício pode estar equipado com uma comporta de emergência separada.
- d) Se o nível de água a jusante de uma comporta de descarga do tipo profundo muitas vezes submerge a soleira inferior, deve ser montada uma comporta ensecadeira a jusante, se necessário.
- e) Um orifício de descarga de areia deve ficar localizado o mais próximo possível das áreas que requerem descarga de areia, como a entrada de água para geração de energia ou irrigação, ou para o cabeçote da comporta para navios. Normalmente, a secção de entrada do orifício de descarga de areia deve estar equipada com uma comporta de entrada. Dependendo das condições específicas de uma comporta de descarga de areia, uma pistola de água de alta pressão pode ser montada, se necessário.

**5.7.2** O tipo de comporta de serviço de óxido de ferro fundido pode ser determinado de acordo com os seguintes requisitos:

- a) Comporta radial: uma comporta radial pode ser seleccionada preferencialmente como equipamento de controlo de drenagem de orifício profundo. Se o tamanho do orifício da comporta for relativamente grande e a altura de água operacional for superior a 50 m, ou se as condições hidráulicas de uma comporta de serviço de orifícios profundos forem melhoradas e for necessária que a comporta esteja parcialmente aberta, deve ser seleccionada uma comporta radial.

- b) Comporta plana: a comporta plana pode ser utilizada quando a disposição de saída da via de drenagem da barragem em arco é melhorada ou quando a comporta de entrada de água não está parcialmente aberta e a ranhura da comporta está devidamente projetada.
- c) Válvula cónica: quando as condições de disposição podem resolver adequadamente os efeitos adversos dos jactos livres no edifício a jusante e no equipamento da central eléctrica, uma válvula cónica pode ser adoptada como comporta de serviço de orifícios profundos.

**5.7.3** A comporta de serviço e o equipamento de elevação devem ser concebidos de acordo com os seguintes requisitos:

- a) A comporta de serviço deve ser instalada na extremidade de uma conduta de pressão, e a secção de caudal sem pressão deve ser ligada atrás da comporta. A secção de pressão em frente da comporta deve manter uma certa taxa de contracção, e a relação entre a área de entrada e de saída pode ser de 1,5 para 1,7.
- b) A secção de caudal livre sem pressão de uma comporta de descarga profunda deve ser recta. Se existirem curvas na conduta de descarga, a comporta de serviço deve ficar localizada na secção recta a jusante da última curva, onde a água flui suavemente.
- c) Quando a comporta de serviço é instalada na secção intermédia de um canal de drenagem profundo, a pressão no interior da comporta de descarga pode ser aumentada e a condição de distribuição da pressão na entrada e perto da ranhura da porta pode ser melhorada seleccionando uma placa de contracção de saída apropriada e uma linha de inclinação de pressão para a comporta de descarga. Durante a abertura/fecho de uma comporta, deve evitar-se a ocorrência alternativa de caudal sob pressão e caudal sem pressão. Quando a comporta de serviço e o guincho são instalados na saída de um orifício de pressão, uma comporta radial pode ser adoptada, mas deve prestar-se atenção para lidar com a estrutura de suporte da transferência de pressão da porta radial. Se uma comporta plana for seleccionada para a saída, a ranhura do portão de jacto de super cavitação pode ser usado para melhorar as condições hidráulicas.

## **5.8 Disposição da estrutura hidromecânica para sistemas de desvio de água e geração de energia**

**5.8.1** O suporte do lixo, o removedor de lixo e o equipamento de elevação nos trabalhos da entrada devem ser concebidos de acordo com os seguintes requisitos:

- a) O suporte do lixo deve ser concebido e instalado com base na importância da central eléctrica e na natureza e quantidade esperada do lixo. No traçado da disposição, devem ser utilizadas condições como o sentido do caudal de água e uma localização topográfica favorável, de modo a evitar ou reduzir a acumulação de lixo em frente ao suporte do lixo. O projecto também deve procurar assegurar que o caudal de água de entrada seja suave, a perda de resistência seja minimizada, os suportes sejam fáceis de limpar, e fáceis de instalar, manter e substituir. A disposição dos suportes do lixo deve cumprir os requisitos da entrada de água da central de energia hidroeléctrica.



- b) A carga de projecto do suporte do lixo será decidida de acordo com a natureza, quantidade e medidas de limpeza de águas residuais do rio. A barreira de águas residuais do sistema de geração de energia de desvio de água deve ser projectada com 2 m a 4 m, e os casos especiais devem ser analisados e determinados. Para rios com grande quantidade de águas residuais e más condições de descontaminação, a altura de concepção deve ser levantada adequadamente.
- c) A remoção de lixo dos suportes pode incluir o modo manual, o modo mecânico e o modo de elevação dos suportes.

**5.8.2** A comporta ensecadeira e o equipamento de elevação na entrada de água devem ser concebidos de acordo com os seguintes requisitos:

- a) A comporta ensecadeira deve ser instalada na entrada de água. Quanto ao tipo de comporta ensecadeira, pode ser seleccionado uma comporta deslizante plana.
- b) Se as horas de utilização da unidade do gerador de turbina numa estação de energia são relativamente pequenas, o tempo de paragem é relativamente longo, os requisitos de manutenção de uma comporta de emergência ou uma comporta de fecho rápido podem ser satisfeitos, e as medidas de segurança apropriadas são aplicadas às peças embutidas, tais como ranhuras de comportas para garantir a qualidade da construção, a água na comporta ensecadeira pode ser omitida.
- c) Quando a comporta ensecadeira de entrada de água de uma central eléctrica com várias unidades de geradores de turbina é operada por um guincho móvel / guindaste de pórtico, vários orifícios podem partilhar uma comporta. O número de comportas deve ser determinado com base em factores, como o número de orifícios, a importância do projecto e as condições de aplicação e manutenção das comportas de emergência ou de fecho rápido. Em geral, uma comporta ensecadeira de entrada pode ser montada para três a seis unidades de geradores de turbina; se existirem mais de seis unidades de geradores de turbina, um guincho adicional pode ser montada para cada quatro a seis unidades de geradores de turbina adicionais.
- d) A comporta ensecadeira e o suporte do lixo podem ter o mesmo espaço. A disposição da ranhura da comporta e das suas partes embutidas deve cumprir os requisitos de abertura/fecho da comporta e do suporte do lixo, e a resistência estrutural também deve ser concebida de acordo com a comporta ensecadeira.

**5.8.3** A comporta de emergência e o equipamento de elevação na entrada devem ser concebidos de acordo com os seguintes requisitos:

- a) Quando as unidades ou condutas forçadas requerem protecção contra acidentes da comporta, devem ser instaladas comportas de fecho rápido e comportas ensecadeiras na entrada da central de energia no pé da barragem. Para uma estação de energia de desvio, a porta de fecho rápido deve ser instalada na extremidade superior da conduta forçada subterrânea sem uma válvula de entrada de água na parte da frente da conduta forçada aberta e da turbina; e a comporta de emergência deve ser instalada na entrada do canal de desvio longo. Para centrais de energia hidroeléctricas no leito do rio, quando a unidade tem um dispositivo anti-escoamento fiável, a sua entrada deve estar equipada com uma comporta de emergência e uma comporta ensecadeira. Após a demonstração, se a comporta de emergência tiver condições de manutenção, não é necessário instalar a comporta ensecadeira.

Para uma estação eléctrica de turbina tubular, deve ser instalada um suporte de lixo e uma comporta ensecadeira (ou comporta de emergência) na entrada, e uma comporta de emergência (ou comporta ensecadeira) na saída de água a jusante.

- b) A comporta de emergência deve ser instalada com base nos requisitos de protecção de emergência das unidades de geradores de turbinas ou condutas forçadas. Quando a unidade tiver um acidente e o mecanismo de desvio não fechar, ou quando a conduta forçada tiver um acidente, a comporta de emergência deverá ser capaz de fechar a comporta. Se a conduta de desvio ou a unidade de gerador da turbina estiver em manutenção, a comporta de emergência pode ser usada para reter água e utilizada como comporta ensecadeira.
- c) Para centrais eléctricas do tipo desvio, a conduta ou comporta de emergência deve ser instalada na entrada do conduta de desvio. A comporta de fecho rápido ou comporta de emergência deve ser instalada na entrada da conduta forçada, no local do veio de descarga no interior da conduta de desvio longa.
- d) Se a comporta de fecho rápido ou comporta de emergência de uma central de energia hidroeléctrica estiver localizada no veio de compensação e muitas vezes permanecer na ranhura da comporta, o impacto adverso de um evento de compensação no veio de compensação, quando a comporta pára ou desce, deve ser considerado.
- e) O tempo de fecho de uma comporta de fecho rápido deve cumprir os requisitos de prevenção de escoamento da unidade de gerador de turbina e da protecção da conduta forçada. A sua velocidade de descida quando se aproximar da soleira não deve ser superior a 5 m/min.
- f) O equipamento de elevação de uma comporta de fecho rápido deve ter tanto um sistema operacional local, como um sistema operacional remoto, e deve estar equipado com uma fonte de energia fiável.
- g) A comporta de emergência (fecho rápido) e a comporta ensecadeira na entrada de água de uma central eléctrica devem ser abertas em água estática. Instalações fiáveis de medição de pressão deve ser instaladas na entrada de água da central eléctrica.

**5.8.4** A comporta de águas a jusante e o equipamento de elevação devem ser concebidos de acordo com os seguintes requisitos:

- a) A comporta ensecadeira da água a jusante deve ser aberta/fechada em água estática. Para uma central eléctrica de turbina tubular com comportas ensecadeiras na entrada, a comporta de emergência deve ser instalada na saída de águas a jusante.
- b) Em geral, uma comporta deslizante plana deve ser adoptada como comporta ensecadeira de águas a jusante. Duas comportas ensecadeiras de água a jusante podem ser montadas para três a seis unidades de geradores de turbina; se existirem mais de seis unidades de geradores de turbina, um guincho adicional pode ser montada para cada quatro a seis unidades de geradores de turbina adicionais. Um guincho móvel deve ser instalado quando os furos da comporta são partilhados.
- c) Para equalizar a pressão na comporta da água a jusante, a água deve ser desviada da água a jusante para o tubo de aspiração.

## 6 Concepção e cálculo hidráulicos

### 6.1 Cálculo de carga numa comporta

6.1.1 A pressão estática da água aplicada a uma comporta pode ser calculada com as fórmulas da Tabela 1.

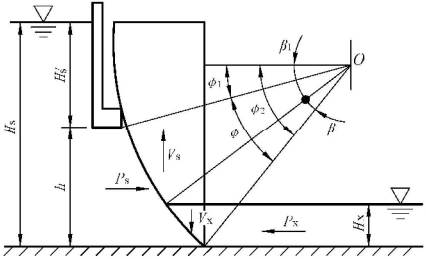
**Tabela 1 Cálculo da pressão estática da água**

Não.	Diagrama de pressão da água	Fórmula do cálculo
1		<p>Pressão total da água:</p> <p>Posição do ponto de acção da força <math>P: H_c = \frac{2}{3} H_s</math></p>
2		<p>Pressão total da água : <math>P = \frac{1}{2} \gamma (H_s^2 - H_x^2) B_{zs}</math></p> <p>Posição do ponto de acção da força <math>P: H_c = \frac{1}{3} \left( 2H_s - \frac{H_x^2}{H_s + H_x} \right)</math></p>
3		<p>Pressão total da água : <math>P = \frac{1}{2} \gamma (2H_s - h) h B_{zs}</math></p> <p>Posição do ponto de acção da força <math>P: H_c = H_s - \frac{h}{3} \cdot \frac{3H_s - 2h}{2H_s - h}</math></p>
4		<p>Pressão total da água: <math>P = \gamma (H_s - H_x) h B_{zs}</math></p> <p>Posição do ponto de acção da força <math>P: H_c = H_s - \frac{1}{2} h</math></p>
5		<p>Pressão total da água: <math>P = \frac{1}{2} \gamma [(2H_s - h) h - H_x^2] B_{zs}</math></p> <p>Posição do ponto de acção da força P:</p> $H_c = \frac{3H_s H_x^2 - H_x^3 - 6H_s^2 h + 6H_s h^2 - 2h^3}{3H_x^2 - 6H_s h + 3h^2}$

Tabela 1 (continuação)

N.º	Diagrama de pressão da água	Fórmula do cálculo
6		$P = \frac{1}{2} \gamma H_s^2 B_{zs}$ $V_s = \frac{1}{2} \gamma R^2 \left[ \frac{\pi \phi}{180} + 2 \sin \phi_1 \cos \phi_2 - \frac{1}{2} (\sin 2\phi_1 + \sin 2\phi_2) \right] B$ $P_x = \frac{1}{2} \gamma H_x^2 B$ $V_x = \frac{1}{2} \gamma R^2 \left[ \frac{\pi \beta}{180} + 2 \sin \beta_1 \cos \phi_2 - \frac{1}{2} (\sin 2\beta_1 + \sin 2\phi_2) \right] B$ <p>Pressão total da água:</p> $P = \sqrt{(P_s - P_x)^2 + (V_s - V_x)^2}$
7		$\phi_1 < \phi_2$ $P_s = \frac{1}{2} \gamma H_s^2 B$ $V_s = \frac{1}{2} \gamma R^2 \left[ \frac{\pi \phi}{180} - 2 \sin \phi_1 \cos \phi_2 - \frac{1}{2} (\sin 2\phi_2 - \sin 2\phi_1) \right] B$ $P_x = \frac{1}{2} \gamma H_x^2 B$ $V_x = \frac{1}{2} \gamma R^2 \left[ \frac{\pi \beta}{180} + 2 \sin \beta_1 \cos \phi_2 - \frac{1}{2} (\sin 2\beta_1 + \sin 2\phi_2) \right] B$ <p>Pressão total da água:</p> $P = \sqrt{(P_s - P_x)^2 + (V_s - V_x)^2}$
8		$\phi_1 > \phi_2$ $P_s = \frac{1}{2} \gamma H_s^2 B$ $V_s = \frac{1}{2} \gamma R^2 \left[ \frac{\pi \phi}{180} - \sin 2\phi_2 - \sin(\phi_1 - \phi_2) - 2 \sin \phi \sin^2 \left( \frac{\phi_1 - \phi_2}{2} \right) \right] B$ $P_x = \frac{1}{2} \gamma H_x^2 B$ $V_x = \frac{1}{2} \gamma R^2 \left[ \frac{\pi \phi}{180} + 2 \sin \beta_1 \cos \phi_2 - \frac{1}{2} (\sin 2\beta_1 + \sin 2\phi_2) \right] B$ <p>Pressão total da água: <math>P = \sqrt{(P_s - P_x)^2 + (V_s - V_x)^2}</math></p>

Tabela 1 (continuação)

Não.	Diagrama de pressão da água	Fórmula do cálculo
9		$P_s = \frac{1}{2} \gamma (H_s + H'_s) hB$ $V_s = \frac{1}{2} \gamma R^2 \left[ \frac{\pi \phi}{180} + 2 \sin \phi_1 \cos \phi_2 - \frac{1}{2} (\sin 2\phi_1 + \sin 2\phi_2) + \frac{2H'_s}{R} (\cos \phi_1 - \cos \phi_2) \right] B$ <p>As fórmulas de cálculo para <math>P_x</math>, <math>V_x</math> são iguais às fórmulas deste item 6 da Tabela</p> <p>Onde:</p> <p><math>P_s</math> —é a força da componente horizontal a montante, em kN;</p> <p><math>V_s</math> —é a força da componente vertical a montante, em kN;</p> <p><math>P_x</math> —é a força componente horizontal a jusante, em kN;</p> <p><math>V_x</math> —é a força do componente vertical a jusante, em kN;</p> <p><math>H_s</math> —é a cabeça de água a montante, em m;</p> <p><math>H_x</math> —é a cabeça de água a jusante, em m;</p> <p><math>R</math> —é o raio de curvatura da placa frontal da comporta radial, em m;</p> <p><math>\gamma</math> —é o peso da unidade de água (Em geral, 10 kN/m<sup>3</sup> podem ser utilizados para água doce);</p> <p><math>B_{zs}</math> —é o intervalo dos cordões de água de ambos os lados, em m;</p> <p><math>B</math> —é a largura do orifício, em m;</p> <p><math>H</math> —é a altura da comporta (a altura até ao cordão superior da água), em m.</p>

**6.1.2** A pressão dinâmica da água aplicada sobre a comporta pode ser calculada de acordo com as seguintes disposições:

- a) Para uma comporta de serviço que, muitas vezes, é operada em condições dinâmicas de água sob uma altura de água elevada, ou que muitas vezes é operada parcialmente aberta, as diferentes cargas dinâmicas realizadas pelos diferentes componentes da comporta devem ser consideradas no projecto, enquanto a carga estática nos diferentes componentes da comporta pode ser multiplicada por diferentes coeficientes dinâmicos de acordo com o tipo e as condições de caudal da comporta. O valor do coeficiente dinâmico deve estar entre 1,0 e 1,2. Quanto à viga principal e braço de suporte de uma porta radial emersa, o valor do coeficiente dinâmico deve estar entre 1,1 e 1,2. Os coeficientes dinâmicos de importantes portões de serviço com condições de caudal complicadas devem ser especialmente estudados. O coeficiente dinâmico não deve ser considerado no cálculo da rigidez da comporta.

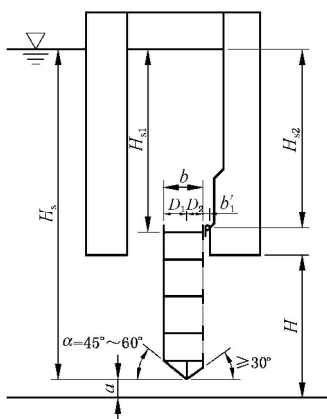


Figura 1—Diagrama esquemático da borda inferior da comporta

- b) Quando o tipo de borda inferior indicado na Figura 1 é adoptado, a força de elevação pode ser calculada com a Fórmula (1):

$$P_t = \gamma \beta_t H_s D_1 B_{zs} \dots\dots\dots ( 1 )$$

onde

$P_t$  é a força ascendente, em kN;

$H_s, D_1$  ver Figura 1, em metros;

$B_{zs}$  é o intervalo dos cordões de água de ambos os lados, em m;

$\gamma$  é o peso da unidade de água, em kN/m<sup>3</sup>;

$\beta_t$  é o coeficiente de força de elevação ascendente. No cálculo da força de fecho da comporta, deve considerar-se que a comporta está totalmente fechada, e = 1,0; no cálculo da força de retenção, pode ser considerada para diferentes posições de abertura da porta, e  $\beta_t$  indicados na Tabela 2 são aplicáveis ao estado de caudal livre por detrás da comporta, e para comporta de passagem,  $0 < a < 0,5 H$  (onde  $H$  é a altura do orifício  $\beta_t$  do canal de desvio); para comportas de descarga de uma central eléctrica,  $0 < a < a_k$  (onde  $a_k$  é a abertura crítica para a transição do caudal livre para o pressurizado por detrás da comporta quando a comporta de fecho rápido da central é fechada; isto pode ser calculado com base na experiência de projetos similares concluídos ou por referência aos relatórios de testes e estudos relevantes; pode ser determinado através de testes de modelo hidráulico, se necessário. Em circunstâncias normais, pode ser estimado temporariamente como  $a_k = 0,5 H$ ).

**Tabela 2 Coeficiente de força de elevação  $\beta_t$**

$\alpha$ (°)	$a/D_1$				
	2	4	8	12	16
60°	0,8	0,7	0,5	0,4	0,25
52,5°	0,7	0,5	0,3	0,15	—
45°	0,6	0,4	0,1	0,05	—

**Notas:**  $a$  — é a altura de abertura do portão, em m;  
 $D_1$  — é a distância desde a paragem inferior da água do portão até à placa frontal a montante, in m;  
 $\alpha$  — é a inclinação a montante da borda inferior da comporta (Ver Figura 1).

c) A aspiração descendente pode ser calculada com a Fórmula (2). Quando a disposição da borda inferior da comporta do descarregador de cheia, da comporta de descarga e da comporta do túnel de caudal livre na barragem satisfaz os requisitos da Figura 1, e o estado de caudal a jusante é bom e a ventilação é suficiente, o cálculo da aspiração descendente pode ser omitido:

$$P_s = \rho_s D_2 B_{zs} \dots\dots\dots ( 2 )$$

onde

$P_s$  é a aspiração descendente, em kN;

$D_2$  é a distância desde o cordão da água na borda inferior da comporta até à borda inferior da viga principal, em m;

$\rho_s$  é a aspiração descendente média na secção  $D_2$  na extremidade inferior da comporta, a calcular com base em 20 kN/m<sup>2</sup>. Quando o caudal está bom, a comporta está bem ventilada e os requisitos para a disposição da borda inferior da comporta na Figura 1 são cumpridos, a aspiração pode ser reduzida adequadamente.

**6.1.3** A pressão do lodo horizontal aplicado sobre uma comporta pode ser calculada com a Fórmula (3) e a Fórmula (4). Quando a face de retenção de água da comporta é inclinada, a pressão vertical do lodo deve ser calculada.

$$P_n = \frac{1}{2} \gamma_n h_n^2 \tan^2 \left( 45^\circ - \frac{\phi}{2} \right) B \dots\dots\dots ( 3 )$$

$$\gamma_n = \gamma_0 - (1 - n) \gamma_w \dots\dots\dots ( 4 )$$

onde

$P_n$  é a pressão do lodo, em kN;

$\gamma_n$  é o peso da unidade flutuante de lodo, em kN/m<sup>3</sup>;

$\gamma_0$  é o peso da unidade seca de lodo, em kN/m<sup>3</sup>;

$\gamma_w$  é o peso da unidade de água, em kN/m<sup>3</sup>;

$n$  é a porosidade do lodo;

$h_n$  é a espessura do lodo acumulado à frente do portão, em m;

$B$  é a largura do lodo acumulado à frente do portão, em m;

$\phi$  é o ângulo de fricção interna do lodo, em (°).

**6.1.4** A força de impacto dos materiais flutuantes pode ser calculada com a Fórmula (5):

$$P_z = \frac{W_p v}{gt} \dots\dots\dots ( 5 )$$

onde

$P_z$  é a força de impacto do material flutuante, em kN;

$W_p$  é o peso do material flutuante em kN, que deve ser determinado com base no levantamento real do material flutuante no rio;

$v$  é a velocidade do caudal, em m/s;

$g$  é a aceleração gravitacional;

$t$  é o tempo de impacto a ser estimado com base em dados reais, em s.

## 6.2 Cálculo da capacidade de elevação da comporta

**6.2.1** A capacidade de elevação de uma comporta vertical plana deve ser calculada de acordo com os seguintes métodos:

- a) O cálculo da capacidade de elevação da comporta em água dinâmica deve incluir o cálculo da força de fecho da porta, da força de retenção e da força de abertura da porta.
  - 1) A força de fecho da porta deve ser calculada de acordo com a Fórmula (6). Quando o resultado do cálculo for um valor positivo, deve ser adicionado o 'peso' (os elementos de 'peso' incluem o bloco de pesagem, a coluna de água ou a pressão mecânica descendente); quando o resultado do cálculo for um valor negativo, a comporta pode ser fechada em virtude do seu peso morto.



$$F_w = n_T (T_{zd} + T_{zs}) - n_G G + P_t \quad \dots\dots\dots ( 6 )$$

2) A força de retenção será calculada com a Fórmula (7):

$$F_T = n'_G G + G_j + W_s + P_x - P_t - (T_{zd} + T_{zs}) \quad \dots\dots\dots ( 7 )$$

3) A força de abertura da porta deve ser calculada com a Fórmula (8):

$$F_Q = n_T (T_{zd} + T_{zs}) + P_x + n'_G G + G_j + W_s \quad \dots\dots\dots ( 8 )$$

4) A resistência à fricção do rolo no rolamento deslizante deve ser calculada com a Fórmula (9):

$$T_{zd} = \frac{P}{R} (f_1 r + f) \quad \dots\dots\dots ( 9 )$$

5) A resistência ao atrito do rolo no rolamento deve ser calculada com a Fórmula (10):

$$T_{zd} = \frac{Pf}{R} \left( \frac{R_1}{d} + 1 \right) \quad \dots\dots\dots ( 10 )$$

6) A resistência ao atrito do suporte deslizante deve ser calculada com a Fórmula (11):

$$T_{zd} = f_2 P \quad \dots\dots\dots ( 11 )$$

7) A resistência de fricção da paragem da água deve ser calculada com a Fórmula (12):

$$T_{zs} = f_3 P_{zs} \quad \dots\dots\dots ( 12 )$$

onde

$F_w$ ,  $F_T$ ,  $F_Q$  é a força de fecho, força de retenção e força de abertura da comporta, respectivamente, em kN;

$n_T$  é o coeficiente de segurança de resistência de fricção, que deve ser de 1,2;

$n_G$	é o coeficiente de correção do peso morto da comporta utilizado para o cálculo da força de fecho da comporta, que deve ser de 0,9 a 1,0;
$n'_G$	é o coeficiente de correção do peso morto da comporta utilizado para o cálculo da força de retenção e da força de abertura, que deve ser de 1,0 a 1,1;
$G$	é o peso morto da comporta, em kN (o peso do suspensor deve ser incluído, se houver); para o cálculo da força de fecho da comporta, o peso do suspensor não deve ser incluído, e o peso flutuante pode ser tomado como o peso da comporta;
$W_s$	é a carga de água na comporta, em kN;
$G_j$	é o peso do bloco de pesagem, em kN;
$P_t$	é a força de elevação, em kN; incluindo a força de elevação da borda inferior e a força de elevação do cordão da água. A força de elevação da borda inferior pode ser calculada com a Fórmula (1);
$P_x$	é a aspiração descendente, em kN, que pode ser calculada com a Fórmula (2);
$T_{zd}$	é a resistência friccional do suporte, em kN;
$P$	é a pressão total da água aplicada na comporta, em kN;
$r$	é o raio do veio do rolo, em mm;
$R_1$	é o raio médio do rolamento, em mm;
$R$	é o raio do rolo, em mm;
$d$	é o diâmetro do rolo ou esfera de rolamento, em mm;
$f$	é o braço de fricção rolante, em mm, a determinar de acordo com o Apêndice A;
$T_{zs}$	é a resistência friccional do cordão da água, em kN;
$P_{zs}$	é a pressão aplicada no cordão da água, em kN;

$f_1, f_2, f_3$  são os coeficientes de atrito deslizantes, a determinar de acordo com o Apêndice A (o valor mínimo é utilizado para o cálculo da força de retenção e o valor máximo é utilizado para o cálculo da força de abertura e de fecho da comporta).

- b) Para uma comporta aberta em água estática, o cálculo da sua capacidade de elevação deve incluir a resistência de fricção causada pela diferença de nível de água, o peso morto da comporta, assim como o peso do bloco de pesagem. Para comportas submersas e comportas de água a jusante, a diferença de nível de água não deve ser superior a 1 m; para comportas submersas, a diferença de nível de água de 1 m a 5 m deve ser adoptada. Em casos de sedimentação de lodo ou sujidade, a diferença permitida pode ser aumentada adequadamente com base em situações reais.

**6.2.2** A capacidade de elevação da comporta radial deve ser calculada de acordo com os seguintes métodos:

- a) A força de fecho será calculada de acordo com a Fórmula (13). Quando o resultado do cálculo for um valor positivo, o peso deve ser adicionado; quando o resultado do cálculo for um valor negativo, a comporta pode ser fechada com o seu próprio peso morto.

$$F_W = \frac{1}{R_1} [n_T (T_{zd} r_0 + T_{zs} r_1) + P_t r_3 - n_G Gr_2] \dots\dots\dots ( 13 )$$

- b) A força de abertura pode ser calculada de acordo com a Fórmula (14):

$$F_Q = \frac{1}{R_2} [n_T (T_{zd} r_0 + T_{zs} r_1) + n'_G Gr_2 + G_j R_1 + P_x r_4] \dots\dots\dots ( 14 )$$

onde:

$r_0, r_1, r_2, r_3, r_4$  é o braço de acção da resistência de fricção da dobradiça rotativa, resistência de fricção do cordão da água, peso morto da comporta, força de elevação e aspiração descendente em relação ao centro móvel da comporta radial, em m.

$R_1, R_2$  é o braço de acção do peso adicional (ou da força descendente) e da força de abertura da comporta em relação ao centro móvel da comporta radial, em m.

$T_{zs}$  é a resistência friccional do cordão da água, a calcular de acordo com a Fórmula (12).

Os significados de outros símbolos são iguais aos anteriores.

- c) Durante a abertura/fecho de uma comporta radial, o ponto de actuação, a direcção e o braço de força alteram-se à medida que a comporta se move. Portanto, se necessário, a curva da força de abertura/fecho pode ser traçada para determinar o valor máximo.

**6.2.3** A força de elevação do suporte do lixo deve ser calculada de acordo com os seguintes métodos:

a) Em água estática, a força de elevação pode ser calculada de acordo com a Fórmula (15):

$$F_Q \geq n'_G G + n_m m \quad \dots\dots\dots ( 15 )$$

onde

$F_Q$  é a força de elevação do suporte do lixo, em kN;

$n_m$  é o coeficiente de excesso de peso do lixo, que deve ser de 1,2;

$m$  é o peso do lixo, em kN, a determinar com o pressuposto de que as grelhas estão parcialmente bloqueadas, pelo que a área de bloqueio deve ser decidida em relação à quantidade de lixo;

$G$  é o peso morto do suporte do lixo, em kN;

$N_G$  é o coeficiente de correcção de peso morto, que deve ser entre 1,0 e 1,1.

b) Quando a elevação é feita em água dinâmica, a força de elevação deve ser calculada de acordo com a Fórmula (15), e o impacto da diferença do nível de água causada pelo bloqueio parcial do suporte do lixo também deve ser considerado, e a diferença do nível de água seleccionada não deve ser superior a 2 m.

**6.3 Cálculo da área da abertura de ventilação**

**6.3.1** Para uma comporta de serviço ou comporta de emergência instalada numa conduta de comporta de descarga, a área do furo de ventilação por detrás da comporta pode ser calculada de acordo com a Fórmula empírica (16) e a Fórmula (17), ou pode ser calculada de acordo com a Fórmula semi-teórica e semi-empírica (18) , Fórmula (19) e Fórmula (16):

$$A_a \geq \frac{Q_a}{[v_a]} \quad \dots\dots\dots ( 16 )$$

$$Q_a = 0.09 v_w A \quad \dots\dots\dots ( 17 )$$

$$\beta = \frac{Q_a}{Q_w} = K (F_r - 1)^{[\ln(F_r - 1) + b]} - 1 \quad \dots\dots\dots ( 18 )$$

$$F_r = \frac{v}{\sqrt{9.81e}} \dots\dots\dots ( 19 )$$

onde

$A_a$  é a área seccional do furo de ventilação, em m<sup>2</sup>;

$Q_a$  é a capacidade total de ventilação do furo de ventilação, em m<sup>3</sup>/s;

$[v_a]$  é a velocidade admissível do ar do furo de ventilação, em m/s, que deve ser definida como 40 m/s (ou 50 m/s para uma comporta pequena);

$v_w$  é a velocidade do caudal no orifício da comporta, em m/s;

$A$  é a área da conduta por detrás da comporta, em m<sup>2</sup>;

$\beta$  é a relação ar-água, ou seja, a relação entre o caudal de ar e o caudal de água descarregada ;

$Q_w$  é o caudal quando a comporta está a uma determinada altura de abertura, em m<sup>3</sup>/s;

$F_r$  é o número de Froude da secção transversal do orifício da comporta;

$v$  é a velocidade média do caudal na secção transversal do orifício da comporta, em m/s;

$e$  é a altura de abertura da comporta, em metros;

$K_a, b$  é o coeficiente para cada secção. Ver Apêndice B.

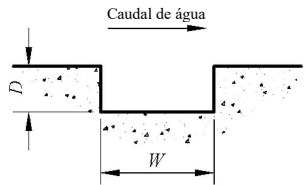
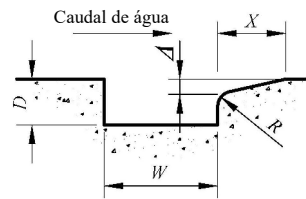
**6.3.2** A área do furo de ventilação por detrás de uma comporta de corte rápido num desvio de água e uma conduta de geração de energia pode ser seleccionada de acordo com 4% a 7% da área da conduta de geração de energia; e a área do furo de ventilação de uma comporta de emergência pode ser reduzida conforme apropriado.

**6.3.3** A área do furo de ventilação por detrás de uma comporta ensecadeira pode ser seleccionada com base na situação específica, e não deve ser inferior à área da conduta de carregamento.

#### **6.4 Selecção do tipo e cálculo da ranhura de uma comporta plana**

**6.4.1** Para o tipo de ranhura de uma comporta plana num sistema de descarga de água, podem ser seleccionadas as ranhuras de comporta do Tipo I e Tipo III. A sua aplicabilidade e parâmetros de forma estão detalhados na Tabela 3.

**Tabela 3 Tipos, parâmetros de forma e aplicabilidade de ranhuras de comporta plana**

Tipo	Diagrama	Parâmetros de forma geométrica das ranhuras da comporta	Aplicabilidade
I		<ul style="list-style-type: none"> <li>① Muito boa relação largura/profundidade <math>W/D = 1,6</math> a <math>1,8</math>;</li> <li>② Relação largura-profundidade <math>W/D</math> apropriada = <math>1,4</math> a <math>2,5</math>;</li> <li>③ A fórmula empírica para o número de cavitação inicial da abertura da comporta é: <math>K_i = 0,38 (W/D)</math> (esta fórmula é aplicável a <math>W/D</math> que é de <math>1,4</math> a <math>3,5</math>)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>① Ranhura de uma comporta de emergência numa comporta de descarga, e a ranhura de uma comporta ensecadeira.</li> <li>② Ranhura de uma comporta de serviço por cima de uma barragem de transbordo, cuja altura de água é inferior a <math>12</math> m.</li> <li>③ Ranhura de uma comporta de emergência ou comporta de corte rápido na entrada de água de uma central eléctrica.</li> <li>④ Ranhura de uma comporta de serviço numa comporta de descarga, onde o número de cavitação de caudal, <math>K</math>, é superior a <math>1,0</math> (aproximadamente equivalente à situação em que a altura de água é inferior a <math>30</math> m ou a velocidade do caudal é inferior a <math>20</math> m/s).</li> </ul>
II		<ul style="list-style-type: none"> <li>① Relação largura-profundidade <math>W/D</math> apropriada = <math>1,5</math> a <math>2,0</math>.</li> <li>② Muito boa relação de desvio <math>\Delta/W = 0,05</math> a <math>0,08</math>.</li> <li>③ Muito boa relação de inclinação <math>\Delta/W = 1/10</math> a <math>1/12</math>.</li> <li>④ Raio de reforço de canto muito bom <math>R = 30</math> mm a <math>50</math> mm ou relação de cantos arredondados <math>R/D = 0,10</math>.</li> <li>⑤ O número inicial de cavitação da ranhura da comporta é <math>K_i = 0,4</math> a <math>0,6</math> (a seleccionar com base nos resultados de pesquisa existentes e na experiência com projectos semelhantes).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>① Ranhura de comporta de uma comporta de serviço numa comporta de descarga, onde o número de cavitação de caudal, <math>K</math>, é superior a <math>0,6</math> (aproximadamente equivalente à situação em que a altura de água é de <math>30</math> m a <math>50</math> m, ou a velocidade de caudal é de <math>20</math> m/s a <math>25</math> m/s).</li> <li>② Ranhura de uma comporta de emergência com altura de água alta e conduta curta, cujo número de cavitação de caudal, <math>K</math>, é superior a <math>0,4</math> e inferior a <math>1,0</math>.</li> <li>③ Ranhura de uma comporta de serviço que deve ser aberta parcialmente com frequência e cujo número de cavitação de caudal, <math>K</math>, é superior a <math>0,8</math>.</li> <li>④ Ranhura de uma comporta de serviço por cima de uma barragem de transbordo, cuja altura de água é inferior a <math>12</math> m e o número de cavitação de caudal, <math>K</math>, é superior a <math>0,8</math>.</li> </ul>

**6.4.2** Se a estrutura próxima da ranhura da comporta tiver um formato especial, ou se o estado do caudal for complicado, ou se for necessário abrir parcialmente a comporta de serviço com frequência e os dois tipos de ranhuras acima mencionados não puderem satisfazer às necessidades, um tipo apropriado de ranhura de comporta pode ser seleccionado com referência à experiência operacional de projectos concluídos e através de testes de modelos hidráulicos; isto permite determinar as medidas ou métodos razoáveis para aumentar o número de cavitação de caudal,  $K$ , na ranhura da comporta.

**6.4.3** Quando o número de cavitação de caudal,  $K$ , for inferior a 0,6 (aproximadamente equivalente a uma situação em que a altura de água é superior a 60 m ou a velocidade do caudal é superior a 30 m/s), deve ser seleccionada a ranhura de comporta do Tipo II ou outro tipo especial de ranhura. Com base nas condições específicas do projecto, o revestimento deve ser feito de chapa de aço ou betão de baixa relação água-cimento de alta resistência ou outros materiais resistentes à corrosão; estes devem ser aplicados em áreas a montante e a jusante do vão da comporta. Durante a construção, a forma deve ser mantida com precisão e a superfície deve ser plana.

**6.4.4** O número de cavitação de caudal,  $K$ , pode ser calculado com a Fórmula (20):

$$K = \frac{(P_1 + P_a - P_v) / \gamma}{\frac{v^2}{(2g)}} \dots\dots\dots (20)$$

onde

$P_1$  é a pressão média na secção transversal imediatamente adjacente ao lado a montante da ranhura da comporta, em kPa;

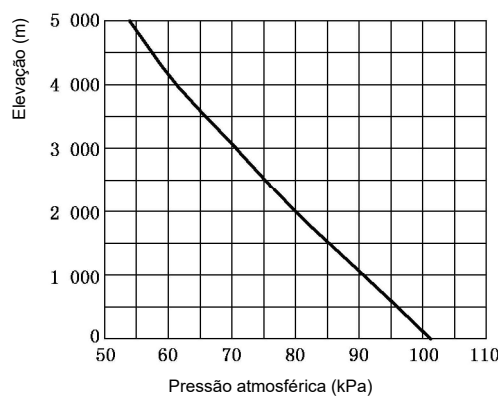
$P_a$  é a pressão atmosférica, em kPa. Veja a Figura 2;

$P_v$  é a pressão de vapor saturada da água, em kPa. Veja a Figura 3;

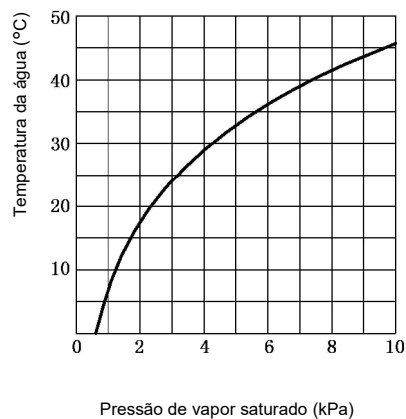
$\gamma$  é o peso da unidade de água, em kN/m<sup>3</sup>;

$v$  é a velocidade do caudal vertical na secção transversal imediatamente adjacente ao lado a montante da ranhura da comporta, em m/s;

$g$  é a aceleração gravitacional, em m/s<sup>2</sup>.



**Figura 2 — Curva para a relação entre a pressão atmosférica e a elevação**



**Figura 3—Curva de relação entre a pressão de vapor saturado da água e a temperatura**

**6.4.5** Com base no número de cavitação de caudal,  $K$ , perto da ranhura da comporta, o tipo apropriado de ranhura da comporta pode ser seleccionado. Se  $K_i < K$ , então este tipo de ranhura da comporta geralmente não causará cavitação. Para uma folga de segurança para  $K > K_i$ , o coeficiente de segurança  $n = 1,2$  a  $1,5$  pode ser seleccionado com base na importância e condições de operação do portão, de modo a garantir que  $K \geq nK_i$ .

## 7 Anti-corrosão de estruturas hidromecânicas

### 7.1 Requisitos gerais

**7.1.1** Durante a concepção da estrutura hidromecânica, as medidas anti-corrosão devem ser seleccionadas após a realização de comparações técnicas e económicas que considerem factores, como ambiente operacional, condições de funcionamento, manutenção e condições de gestão das estruturas.

**7.1.2** As três medidas seguintes podem ser adoptadas como medidas de anti-corrosão para estruturas hidromecânicas:

- a) Revestimento anti-corrosão;
- b) Revestimento anti-corrosão em metal pulverizado;
- c) Protecção anti-corrosão catódica do ânodo sacrificial.

**7.1.3** A superfície das estruturas hidromecânicas deve ser pré-tratada antes do revestimento.

**7.1.4** O documento de concepção deve especificar a limpeza da superfície e o nível de rugosidade da superfície e as normas de avaliação da qualidade.



## **7.2 Protecção do revestimento**

**7.2.1** O revestimento anti-corrosão deve ser composto por um elemento primário, tinta intermédia e camada de acabamento. O elemento primário deve ter uma boa força de aderência e resistência à ferrugem, a tinta intermédia deve ter um bom nível de protecção e combinar correctamente com o elemento primário e a camada de acabamento, e a camada de acabamento deve ter resistência às intempéries e à água.

**7.2.2** O sistema de revestimento deve ser seleccionado com base no ambiente próximo.

## **7.3 Revestimento anti-corrosão em metal pulverizado**

**7.3.1** O sistema de revestimento anti-corrosão de metal pulverizado pode incluir revestimento de metal pulverizado e camada de revestimento vedante. O metal pulverizado termicamente e o sistema de protecção do revestimento devem ser aplicados com tinta intermédia e revestimento de acabamento após o revestimento ser vedado.

**7.3.2** Os fios metálicos utilizados para projecção térmica devem estar limpos e sem de ferrugem, óleo ou marcas de dobras, e o diâmetro do fio deve ser inferior a 3,0 mm.

**7.3.3** No sistema de protecção do revestimento metálico pulverizado, a espessura do revestimento metálico pode ser determinada com base nos factores ambientais.

**7.3.4** O revestimento vedante deve ser compatível com um revestimento metálico pulverizado, com viscosidade relativamente baixa e alguma resistência à corrosão.

## **7.4 Protecção de anti-corrosão catódica do ânodo sacrificial**

**7.4.1** Antes da concepção da protecção anti-corrosão catódica do ânodo sacrificial, os seguintes dados devem ser recolhidos e, se necessário, deve ser efectuado um levantamento no local:

- a) Dados sobre a concepção e construção das estruturas hidromecânicas;
- b) Tipos, condições e vida útil do revestimento na superfície das estruturas hidromecânicas;
- c) Continuidade eléctrica das estruturas hidromecânicas, e isolamento eléctrico das outras estruturas hidromecânicas debaixo de água;
- d) Composição química, valor de PH, taxa de resistência, grau de contaminação do meio e variações de temperatura, velocidade de caudal e nível de água.

**7.4.2** A protecção de anti-corrosão catódica do ânodo sacrificial deve ser utilizada juntamente com a protecção do revestimento.

**7.4.3** As estruturas hidro-mecânicas aplicadas com protecção catódica do ânodo sacrificial devem ser isoladas das outras estruturas hidromecânicas na água.

**7.4.4** A vida útil real do sistema de protecção catódica do ânodo sacrificial deve ser determinada com base na vida útil do projecto ou no período de manutenção da estrutura metálica.

## **8 Carga de trabalho das estruturas hidromecânicas**

O resumo da carga de trabalho das estruturas hidromecânicas deve incluir:

- a) Nome, especificação, tipo, tamanho do orifício, altura de água do projecto e peso do suporte do lixo, ranhura do suporte do lixo, portão e ranhura da comporta;
- b) Nome, especificação, tipo e quantidade da máquina de limpeza do suporte do lixo e do equipamento de elevação, capacidade de elevação, altura de transporte para operações de elevação, distância dos pontos de elevação e potência e peso do motor correspondente.
- c) Para um guincho de pórtico ou guincho de plataforma, o vão, o carril, o modelo do carril e o comprimento do carril do guindaste também devem ser indicados.

**Apêndice A**  
**(Informativo)**  
**Coeficiente de fricção**

**Tabela A.1 Coeficiente de fricção**

Tipo	Material e condições de funcionamento		Valor do Coeficiente	
			Máximo	Mínimo
Coeficiente de fricção deslizante	Aço vs. aço (fricção seca)		0,5~0,6	0,15
	Aço vs. ferro fundido (fricção seca)		0,35	0,16
	Aço vs. madeira (com água)		0,65	0,3
	Guia de cobre à base de aço e material compósito plástico ou guia de chapa de polfluortetraetileno reforçado versus aço inoxidável, com a intensidade de pressão $q$ em água doce	Intensidade da pressão $q > 2,5$ kN/mm	0,09	0,04
		Intensidade da pressão $q = 2,5$ kN/mm a 2,0 kN/mm	0,09 ~ 0,11	0,05
		Intensidade da pressão $q = 2,0$ kN/mm a 1,5 kN/mm	0,11 ~ 0,13	0,05
Intensidade da pressão $q = 1,5$ kN/mm a 1,0 kN/mm		0,13 ~ 0,15	0,06	
	Intensidade da pressão $q < 1,0$ kN/mm	0,15	0,06	
Coeficiente de fricção do rolamento deslizante	Aço versus bronze (fricção a seco)		0,30	0,16
	Aço versus bronze (lubrificado)		0,25	0,12
	Material compósito de cobre e plástico à base de aço versus aço cromado (aço inoxidável)		0,12 ~ 0,14	0,05
Coeficiente de fricção em águas estagnadas	Borracha versus aço		0,70	0,35
	Borracha vs. aço inoxidável		0,50	0,20
	Vedante de água compósito de borracha e plástico vs. aço inoxidável		0,20	0,05
Braço actuante da força de fricção do rolamento	Aço vs. aço		1 mm	
	Aço vs. ferro fundido		1 mm	
<b>NOTA</b>	A rugosidade da face operacional do carril deve ser de, pelo menos, 1,6 $\mu\text{m}$ , e a rugosidade $R_a$ da face operacional deve ser de, pelo menos, 3,2 $\mu\text{m}$ .			

**Apêndice B**  
**(Informativo)**

**Coefficiente de fórmula semi-teórica e semi-empírica**

**Tabela B.1 Coeficiente de fórmula semi-teórica e semi-empírica**

Tipo de tubo	N.º Não.	Comprimento da conduta por detrás da comporta Altura líquida da conduta	Âmbito de aplicação de $F_r$	$\beta = K (F_r - 1)^{a \ln(F_r - 1) + b} - 1$		
				$K$	$a$	$b$
Conduta de pressão equipada com comporta plana	I	6,10 ~ 10,66	3,96 ~ 20,30	1,158	0,112	- 0,242
			3,87 ~ 3,960	1,0154	0	0
	n	10,66 ~ 27,40	1,94 ~ 6,290	1,0150	0,035	0,004
			1,61 ~ 1,940	1,0152	0	0
	III	27,40 ~ 35,78	1,91 ~ 17,190	1,042	0,039	0,008
			1,38 ~ 1,910	1,0413	0	0
	IV	35,78 ~ 77,00	1,08 ~ 15,670	1,1300	0,028	0,144
	Conduta sem pressão equipada com comporta radial	V	6,10 ~ 10,66	4,57 ~ 32,590	1,342	0,173
3,49 ~ 4,570				1,0153	0	0
VI		10,66 ~ 27,40	1,70 ~ 18,06	1,0540	0,019	0,013
			1,56 ~ 1,70	1,0515	0	0
w		27,40 ~ 35,78	2,45 ~ 10,81	1,073	0,053	0,070
w		35,78-77,00	2,33 ~ 8,310	1,170	0,182	-0,019