



ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS
PARA O DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL



Directrizes Técnicas para o
Desenvolvimento de Pequenas Centrais
Hidroeléctricas
CONSTRUÇÃO

**Parte 4: Obras de engenharia
civil e estruturas
hidromecânicas**

SHP/TG 004-1: 2019



DECLARAÇÃO DE EXONERAÇÃO DE RESPONSABILIDADE

O presente documento foi produzido sem edição formal das Nações Unidas. As designações e a apresentação do material do presente documento não reflectem qualquer opinião do Secretariado da Organização das Nações Unidas para o Desenvolvimento Industrial (UNIDO) sobre o estatuto jurídico de qualquer país, território, cidade ou zona das suas autoridades, ou sobre as respectivas fronteiras ou limites, sistema económico ou grau de desenvolvimento. Designações como "desenvolvido", "industrializado" e "em desenvolvimento" são utilizadas para fins estatísticos e não reflectem necessariamente uma opinião sobre o estágio alcançado por um determinado país ou zona no processo de desenvolvimento. A menção de nomes de empresas ou produtos comerciais não constitui uma aprovação por parte da UNIDO. Apesar do extremo cuidado na manutenção da 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. O presente documento pode ser citado ou reimpresso livremente, mediante indicação da fonte.

© 2019 UNIDO / INSHP- Todos os direitos reservados

Directrizes Técnicas para o
Desenvolvimento de Pequenas Centrais Hidroeléctricas
CONSTRUÇÃO

**Parte 1: Obras de engenharia civil e
estruturas hidromecânicas**

SHP/TG 004-1: 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 Hidroeléctricas (INSHP). Cerca de 80 peritos internacionais e 40 agências internacionais estiveram envolvidos na preparação do documento e na sua revisão pelos pares, e forneceram sugestões e opiniões concretas para tornar as directrizes técnicas profissionais e aplicáveis.

A UNIDO e a INSHP estão extremamente gratas pelas contribuições recebidas durante a elaboração 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), nomeadamente o Centro de Energia Renovável e Eficiência Energética da CEDEAO (ECREEE), o Centro de Energia Renovável e Eficiência Energética da África Oriental (EACREEE), o Centro de Energia Renovável e Eficiência Energética do Pacífico (PCREEE) e o Centro de Energia Renovável e Eficiência Energética das Caraíbas (CCREEE).

O Governo chinês facilitou a finalização destas directrizes e teve grande importância na sua conclusão.

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

Seria muito bem-vinda a formulação de recomendações e sugestões adicionais para a actualização.

Índice

Prefácio	III
Introdução	IV
1 Âmbito	1
2 Referências normativas	1
3 Termos e definições	1
4 Levantamento da construção	1
4.1 Requisitos básicos	1
4.2 Levantamentos do controlo planimétrico	2
4.3 Levantamento do controlo altimétrico	7
4.4 Levantamento da construção e da montagem	9
5 Desvio da construção	11
6 Normas básicas de construção civil	14
6.1 Escavação e enchimento de terras e rochas	14
6.2 Escavação de cavernas	24
6.3 Tratamento das fundações	33
6.4 Tratamento anti-infiltração	34
6.5 Trabalhos de betão	45
6.6 Trabalhos de alvenaria de pedra	78
6.7 Pré-moldagem e montagem dos componentes em betão	87
7 Construção de estruturas hidráulicas.....	93
7.1 Barragens de terra-rocha compactadas	93
7.2 Barragens de alvenaria	110
7.3 Barragens de betão	113
7.4 Entradas, canais abertos e câmaras de carga	127
7.5 Túneis.....	134
7.6 Aquedutos	143
7.7 Veios de compensação	145
7.8 Construção civil de condutas forçadas	148
7.9 Central eléctrica	151
8 Instalação de estruturas hidromecânicas	158
8.1 Requisitos básicos	158
8.2 Comportas de descarga e partes incorporadas.....	160
8.3 Cabeçote e equipamento de elevação	171
8.4 Instalação de condutas forçadas	189

9	Protecção ambiental.....	202
9.1	Disposições básicas	202
9.2	Prevenção e controlo da poluição	202
9.3	Protecção ecológica	205
9.4	Gestão e supervisão ambiental	207
9.5	Protecção da saúde no trabalho	208
Anexo A (Informativo)	Parâmetros de rebentamento por pré-fendilhamento da escavação da fundação rochosa	209
Anexo B (Informativo)	Quadro de classificação geológica das rochas circundantes na engenharia de energia hidroeléctrica subterrânea	211
Anexo C (Informativo)	Parâmetros de rebentamento por parede lisa e por pré-fendilhamento na escavação de túneis	214
Anexo D (Informativo)	Combinação entre fixação e gunitagem de túneis	215
Anexo E (Informativo)	Carga calculada das armações e dos suportes comuns.....	219
Anexo F (Informativo)	Métodos de cálculo da resistência média do betão $m_{f_{cu}}$, desvio padrão $S_{f_{cu}}$ e taxa de garantia da resistência P	221

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 irão enquadrar os esforços 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 internacionais 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 os benefícios 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 de cultura locais e ao desenvolvimento económico.

A UNIDO e a INSHP colaboram no Relatório Mundial de Desenvolvimento de Pequenas Centrais de Energia Hidroeléctrica desde 2010. Com base nos relatórios, o desenvolvimento de PCH não responde à procura. Um dos obstáculos ao seu desenvolvimento na maioria dos países é a falta de tecnologias. A UNIDO, em colaboração com a INSHP, através da cooperação de peritos a nível mundial e com base em experiências de desenvolvimento bem-sucedidas, decidiu desenvolver as directrizes técnicas das PCH para satisfazer a procura dos Estados membros.

Estas directrizes técnicas foram elaboradas de acordo com as regras editoriais das Directivas ISO/IEC, Parte 2 (consultar 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 autor. A UNIDO e a INSHP não podem ser responsabilizadas pela identificação desses direitos de autor.

Introdução

As Pequenas Centrais Hidroeléctricas (PCH) são cada vez mais reconhecidas como uma importante solução de energia renovável para a electrificação de zonas 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 PCH.

As presentes Directrizes Técnicas para o Desenvolvimento de Pequenas Centrais Hidroeléctricas (TG) vão abordar as actuais limitações das regulamentações aplicáveis às directrizes técnicas para PCH, aplicando 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 capacidades institucionais e técnicas limitadas poderão melhorar a sua base de conhecimentos no que respeita ao desenvolvimento de PCH, atraindo assim mais investimentos para projectos de PCH, encorajando políticas favoráveis e, conseqüentemente, contribuindo para o 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 presentes nas directrizes técnicas especificam os termos e definições técnicas profissionais normalmente utilizados para PCH.
- As Directrizes de Concepção fornecem directrizes para os requisitos básicos, metodologia e procedimentos em termos de selecção do local, hidrologia, geologia, plano do projecto, configurações, cálculos de energia, hidráulica, selecção de equipamentos electromecânicos, construção, estimativas de custo, avaliação económica, financiamento, avaliações sociais e ambientais do projecto - com o objectivo último de obter as melhores soluções de concepção.
- As Directrizes das Unidades especificam os requisitos técnicos para turbinas, geradores, sistemas de regulação de turbinas hidráulicas, sistemas de excitação e válvulas principais, bem como para sistemas de vigilância, controlo, protecção e alimentação de corrente contínua, de PCH.
- 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 Hidroelétricas - Construção

Parte 1: Obras de engenharia civil e estruturas hidromecânicas

1 Âmbito

Esta parte das Directrizes de Construção estabelece os princípios gerais, condições de construção, métodos da operação, procedimentos de trabalho, requisitos tecnológicos e normas de qualidade das obras de engenharia civil e das estruturas hidromecânicas de acordo com as características de construção de pequenas centrais de energia hidroelétrica (PCH).

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 hidroelétricas - Termos e definições*

3 Termos e definições

Para efeitos do presente documento, são aplicáveis os termos e definições apresentados no SHP/TG 001.

4 Levantamento da construção

4.1 Requisitos básicos

4.1.1 O levantamento da construção para projectos de PCH deve cumprir os seguintes requisitos:

- a) Na fase preparatória da construção e no processo de construção, devem ser realizados os seguintes levantamentos:
 - 1) verificação dos dados de levantamento, especialmente alguns parâmetros importantes, como os pilares axiais das estruturas hidráulicas principais (barragem ou comporta de descarga), pilares da linha central (linha central das unidades de geração) e pilares das estações de triangulação. Se a precisão do levantamento não cumprir os requisitos ou se for encontrado algum problema, deve ser realizado um levantamento de calibração ou intensivo ou o levantamento deve ser refeito, se necessário,

- 2) durante o processo de construção, a posição e a elevação das estruturas hidráulicas devem ser medidas em diferentes fases da construção. Procedimentos como a escavação, a montagem da cofragem, o enchimento e a montagem de estruturas hidromecânicas e equipamentos electromecânicos devem ser executados após a verificação dos dados do levantamento,
- 3) para um túnel hidráulico de comprimento superior a 1 km, deve ser executada a concepção técnica especializada de levantamentos de controlo planimétrico e topográfico.

4.1.2 O plano de construção e o sistema da rede de controlo de elevação devem corresponder às coordenadas e ao sistema de elevação definidos na fase de planeamento e concepção. Se necessário, pode ser estabelecido um sistema de coordenadas e de elevação, que é convertido a partir das definidas na fase de planeamento e concepção. O levantamento do plano de construção e da rede de controlo de elevação deve ser realizado em conjunto com os pontos de controlo adjacentes, e a precisão de levantamento conjunta não deve ser inferior aos requisitos de controlo da engenharia de primeira classe.

4.1.3 Antes da realização do levantamento da construção, a unidade de serviço deve recolher os documentos de concepção e os desenhos da construção e apresentar o esquema de levantamento da construção.

4.1.4 Todos os tipos de instrumentos e equipamentos utilizados no levantamento da construção devem ser calibrados por uma organização de medição legal e utilizados dentro do período de validade da calibração.

4.2 Levantamentos do controlo planimétrico

4.2.1 As redes de controlo planimétrico podem ser estabelecidas por posicionamento via satélite (Sistema de Posicionamento Global ou GPS), levantamentos poligonais ou triangulares.

4.2.2 Os principais requisitos técnicos dos levantamentos de posicionamento via satélite são os seguintes:

- a) A rede GPS para a construção de PCH deve coincidir com a precisão dos pontos adjacentes, como indicado no Quadro 1.

Quadro 1 Classificação da precisão da rede GPS

Ponto	Erro fixo (a) /mm	Factor da taxa de erro (b) /(mm/ km)	Erro médio relativo do lado mais fraco
Requisitos técnicos	≤10	≤20	≤1/20 000
	≤10	≤40	≤1/10 000

- b) Os erros fixos e os erros proporcionais devem ser utilizados no levantamento da linha de base da rede GPS. O comprimento médio real do lado deve ser utilizado e os erros quadráticos médios no comprimento da linha de base devem ser calculados por meio da fórmula (1).

$$\sigma = \sqrt{a^2 + (bD)^2} \dots\dots\dots(1)$$

em que

σ é o erro quadrado no comprimento da linha de base, em mm;

a é o erro fixo, em mm;

b é o factor da taxa de erro, em mm/km;

D é o comprimento médio do lado, em km;

c) Os requisitos técnicos para a medição por GPS devem corresponder aos requisitos do Quadro 2.

Quadro 2 Requisitos técnicos da medição por GPS

Ponto	Requisitos técnicos
Tipo de receptor GPS	Dupla frequência ou frequência única
Número de receptores de observação síncrona	≥2
Ângulo de elevação do satélite/C)	≥15
Número de satélites efectivos observados ao mesmo tempo	≥4
Número do período de observação	≥1
Tempo de observação/minuto	≥30
Intervalo entre duas observações de dados/s	10-30
Factor de intensidade da figura geométrica do ponto ou diluição da posição de precisão (PDOP)	≤8
NOTA O número de períodos de observação (≥1,6) diz respeito a pelo menos um período de observação por estação quando o modo de observação de rede é adoptado, e o número de estações secundárias não é inferior a 60% do número total de pontos da rede GPS.	

4.2.3 A configuração da rede triangular deve cumprir os seguintes requisitos técnicos:

a) A correspondência exacta da medição do ângulo e da medição da aresta deve cumprir os requisitos da fórmula (2) :

$$\frac{m_{\beta}}{\sqrt{2} p} = \frac{m_s}{s \times 10^3} \dots\dots\dots(2)$$

em que

m_β é o erro quadrático médio do ângulo na rede de controlo, em (");

m_s é o erro quadrático médio da distância, em mm;

S é o comprimento da margem de medição, em m;

$P = 206\,265''$;

- b) Os indicadores técnicos devem corresponder aos requisitos do Quadro 3;
- c) A altura do instrumento e a altura do prisma (altura-alvo) são recolhidas com uma precisão de 1 mm;
- d) A medição da distância unidireccional com diferentes intervalos de tempo pode ser utilizada para substituir a medição da poligonal fechada.

Quadro 3 Requisitos técnicos da rede de triangulação

Elemento	Comprimento médio do lado /m	Erro quadrático médio do ângulo /(")	Diferença máxima do encerramento da triangulação /O	Erro relativo do comprimento médio do lado	Número de ciclos de medição						
					Comprimento do lado	Ângulo horizontal			Ângulo Zenith		
						Classe 0,5"	Classe 1"	Classe 2"	Classe 0,5"	Classe 1"	Classe 2"
Requisitos técnicos	100-500	±5	15	1: 50.000	2 (para a frente e para trás)	1	2	4	1	1	2

NOTA Um ciclo de medição da distância electro-óptica diz respeito à realização da colimação uma vez e à obtenção de quatro leituras

4.2.4 Os indicadores técnicos da medição da distância electro-óptica devem corresponder aos dados do Quadro 4.

Quadro 4 Requisitos técnicos da medição dos fios da medição da distância electro-óptica

Elemento	Comprimento total do fio /km	Comprimento médio do lado /m	Diferença de encerramento de azimuth /(")	Erro quadrático médio da distância /(")	Erro quadrático médio da distância /mm	Erro relativo de encerramento do lado mais longo	Número de ciclos de medição						
							Comprimento do lado	Ângulo horizontal			Ângulo Zenith		
								Classe 0,5"	Classe 1"	Classe 2"	Classe 0,5"	Classe 1"	Classe 2"
Requisitos técnicos	2,0 2,4 3,0	200 300 500	± 10√n	±5,0	±10 ±10 ±7	1: 18 000 1: 20 000 1: 25 000	2 (para a frente e para trás)	1	2	4	1	1	2

4.2.5 As observações do ângulo horizontal devem cumprir os seguintes requisitos:

- a) As observações das direcções devem ser utilizadas para ângulos horizontais. Os principais requisitos técnicos para observações de direcções devem cumprir os requisitos do Quadro 5.

Quadro 5 Principais requisitos técnicos para observações de direcções de ângulos horizontais

Elemento	Tipo de instrumento	Dois erros de leitura aleatórios do micrómetro óptico /C)	Duas diferenças de leitura de colimação /C)	Erro de encerramento do ciclo num ciclo de semi-medição /O	Intervalo de um ciclo de medição 2C /O	Desvio mútuo de valores entre ciclos de medição na mesma direcção /O
Requisitos técnicos	Classe 1"	1	4	6	9	6
	Classe 2"	3	6	8	13	9
	Classe 6"	—	12	18	—	24

NOTA: Quando o ângulo perpendicular da direcção de observação excede ±3', o intervalo de um ciclo de medição 2C nesta direcção comparativamente com os valores na mesma direcção nos ciclos de medição adjacentes, a diferença ainda está em conformidade com o disposto nesta tabela;

- b) Após observação do ângulo horizontal, o erro quadrático médio do ângulo deve ser calculado de acordo com as fórmulas (3), (4) e (5).

1) Erro quadrático médio do ângulo na rede triangular:

$$m_{\beta} = \pm \sqrt{\frac{[WW]}{3n}} \dots\dots\dots (3)$$

2) Os cálculos dos erros quadráticos médios do ângulo na rede de poligonação incluem:

- O cálculo baseado no erro de encerramento dos ângulos esquerdo e direito:

$$m_{\beta} = \pm \sqrt{\frac{\Delta\Delta}{2n}} \dots\dots\dots (4)$$

- O cálculo baseado no erro de encerramento de azimute do fio:

$$m_{\beta} = \pm \sqrt{\frac{1}{N} \left[\frac{f_{\beta}^2}{n} \right]} \dots\dots\dots (5)$$

em que

W é o erro de encerramento do triângulo, em (");

Δ é a diferença entre a soma dos ângulos esquerdo e direito e 360° , em ("");

f_β é o encerramento do azimute de ligações de poligonais (ou poligonais fechadas), em ("");

n é o número de triângulos ou o número de estações para o cálculo de f_β ;

N é o número de ligações de poligonais ou poligonais fechadas.

4.2.6 A medição da distância electro-óptica (EDM) deve cumprir os seguintes requisitos:

- a) Os requisitos técnicos de EDM devem estar em conformidade com os requisitos do Quadro 6.

Quadro 6 Requisitos técnicos de medição de distâncias electro-ópticas

Elemento	Medição de dados meteorológicos				Intervalo de leitura de um ciclo de medição /mm	Intervalo entre medições /mm	Intervalo de ida e volta ou da secção óptica /mm
	Leitura da temperatura mínima /°C	Leitura da pressão mínima do ar /Pa	Intervalo de tempo da medição	Recolha de dados			
Requisitos técnicos	1,0	100	Medido uma vez para cada lado	Valor observado no terminal da estação	5	7	2(a + bD)

NOTA 1: Calcular a distância do talude no mesmo plano de elevação e, depois, comparar com o intervalo de ida e volta.
 NOTE 2: a - erro fixo, mm; b - coeficiente proporcional de erro, mm/km; D - gama de comprimentos, km;

- b) A precisão da distância de medição deve ser calculada de acordo com as fórmulas (6) e (7);

1) Erro no valor de observação numa medida;

$$m_D = \pm \sqrt{\frac{[Pdd]}{2n}} \dots\dots\dots (6)$$

Erro quadrático médio no valor médio das observações recíprocas;

$$m_{\bar{D}} = \pm \frac{1}{2} \sqrt{\frac{[Pdd]}{2n}} \dots\dots\dots (7)$$

em que

d é o intervalo da distância horizontal para medições de ida e volta em cada lado, em mm;

n é o número de lados a medir;

P é o factor da ponderação anterior da medição da distância em cada lado. Se $P = \frac{1}{m^2D}$, m_D pode ser calculado de acordo com a precisão nominal do telémetro;

c) O erro quadrático médio de distância em cada lado deve ser calculado de acordo com a fórmula (S):

$$m_{si} = \pm m_D \sqrt{\frac{1}{P_{Di}}} \dots\dots\dots (8)$$

em que

P_{Di} é o factor de ponderação anterior da medição do comprimento no lado i_h

4.3 Levantamento do controlo altimétrico

4.3.1 O nivelamento, o nivelamento trigonométrico da EDM ou a elevação do GPS podem ser utilizados no levantamento da rede de controlo altimétrico.

4.3.2 A precisão do levantamento de controlo altimétrico deve cumprir os seguintes requisitos: o erro quadrático médio de elevação entre o último ponto de controlo da elevação e o primeiro ponto de controlo da elevação não deve ser superior a ± 10 mm para estruturas de betão, nem superior a ± 20 mm para estruturas de terra-enrocamento.

4.3.3 O nivelamento deve cumprir os seguintes requisitos:

a) Os principais requisitos técnicos de nivelamento devem cumprir os requisitos indicados no Quadro 7.

Quadro 7 Principais requisitos técnicos de nivelamento

Elemento		Requisitos técnicos
Erro quadrático médio aleatório M_i /mm		± 10
Erro quadrático médio total M_w /mm		± 20
Modelo do instrumento		DS3
Equipamento de nivelamento		Régua de duas faces
Método de observação		Numeração abstracta
Observação de nivelamento		Unidireccional
Ordem de observação		À frente e atrás
Erro de encerramento da rota e intervalo de medição de ida e volta/mm	Planalto (zona montanhosa)	$\pm 30\sqrt{L}$
	Região montanhosa	$\pm 10\sqrt{n}$
NOTA n é o número de estações unidireccionais no trajecto de nivelamento, sendo o erro de encerramento calculado como na zona montanhosa quando o número de estações é superior a 16 por quilómetro. L é o comprimento do trajecto fechado ou associado, km;		

- b) Os requisitos técnicos das estações de nivelamento devem cumprir os requisitos do Quadro 8.

Quadro 8 Requisitos técnicos das estações de nivelamento

Elemento	Requisitos técnicos
Modelo do instrumento	DS3
Comprimento da faixa de visão/m	≤150
Diferença entre a distância de visão à frente e atrás/m	Praticamente a mesma
Diferença entre a distância de visão à frente e atrás/m	≤10
Altura mais baixa até ao chão/m	Leitura de três fios
Quantidade de medições repetidas de nível digital/tempo	≥1
Intervalo de leitura da divisão (preta, vermelha) básica e auxiliar/mm	3,0
Intervalo de sobre-elevação da divisão (preta, vermelha) básica e auxiliar/mm	5,0
<p>NOTA O número de medições repetidas do nível digital baseado no método de fase pode ser representado pela dedução de 1 unidade ao valor do quadro. Quando as vibrações no chão são fortes, todos os níveis digitais devem interromper a medição até que as vibrações parem. O número de medições repetidas deve aumentar em qualquer momento quando as vibrações são inevitáveis;</p>	

- c) Quando os trajectos de nivelamento atravessam rios, lagos, depressões, vales e outras barreiras e o comprimento da linha de visão da estação de observação excede os requisitos do Quadro 8, devem ser cumpridos os requisitos do Quadro 9.

Quadro 9 Requisitos técnicos de estações de transporte do nivelamento para lá do rio

Elemento	Modelo do instrumento	Comprimento da linha de visão /m	Frequência das alterações de altura do instrumento /tempo	Intervalo de diferença entre duas altitudes /mm
Requisitos técnicos	DS3	≤200	1	≤7

- 4.3.4 Os requisitos técnicos do nivelamento trigonométrico da EDM (medição de distância electro-óptica) devem cumprir os requisitos indicados no Quadro 10.

Quadro 10 Requisitos técnicos de medição do nivelamento trigonométrico da EDM

Elemento	Comprimento máximo do lado /m			Número de medidas da distância oblíqua	Observação da distância zenital			Medição da precisão da altura instrumental e da altura do prisma /mm	Faixa de elevação da observação recíproca /mm	O dobro da diferença de altura à vista de todas as outras estações do local /mm	Erro de encerramento da ligação de poligonais ou do cabo com laço /mm		
	Tipo de	Unidireccional	Direcção oposta		Montagem de estações em todos os outros locais	Número de ciclos de medição						Alcance da diferença de índice /C)	Diferença de medição /O
						Fio central	Três fios						
Requisitos técnicos	DJ3	1000	800	500	2	2	1	10	10	±2	±70D	± 20 \sqrt{D}	± 30 \sqrt{L}

NOTA D é a distância horizontal, km; L é o comprimento total da linha, km; um ciclo de medição de distância do talude está a realizar a colimação uma vez, a medir a distância 4 vezes e os dados meteorológicos são lidos ao mesmo tempo.

4.3.5 O levantamento do ajustamento da elevação via GPS deve ser realizado em conjunto com o levantamento do controlo planimétrico e pode ser executado em planícies ou montes. Os principais requisitos técnicos devem cumprir as seguintes especificações:

- Os pontos GPS do levantamento da ligação devem ser distribuídos à volta e no centro da área do levantamento. Para uma área de levantamento por zonas, os pontos GPS devem ser distribuídos pelas duas extremidades e pelo centro da área;
- Os pontos do levantamento da ligação devem ser mais de 1,5 vezes o número de parâmetros desconhecidos do modelo de cálculo seleccionado. A distância entre os pontos deve ser inferior a 10 km;
- Numa área com grandes diferenças de altura, os pontos do levantamento da ligação devem ser aumentados;
- Em áreas de topografia diversificada, deve ser aplicado o método de ajustamento sub-regional.

4.4 Levantamento da construção e da montagem

4.4.1 A precisão da medição durante a fase de escavação deve cumprir os requisitos do Quadro 11.

Quadro 11 Erro quadrático médio da localização dos pontos de nível da escavação

Projectos	Erro quadrático médio da localização do ponto (mm)		Nota
	Planimétrico	Altimétrico	
Pontos de curva de nível básicos e pontos de posicionamento dos orifícios de rebentamento por pré-fendilhamento dos projectos principais	±50- ±100	±100	Diz respeito apenas a elementos com vigas de reforço densas. Erro quadrático médio do local do ponto em comparação com os pontos de controlo adjacentes ou pontos da estação de observação e pontos axiais com um erro de ±50 mm
Pontos superiores, pontos médios dos projectos principais, pontos de curva de nível básicos dos projectos não principais	±100	±100	
Pontos de curva de nível da escavação da sobrecarga de solo, areia e rocha	±200	±200	

4.4.2 A precisão de medição durante as fases de montagem, lingotamento e enchimento da cofragem deve cumprir os requisitos do Quadro 12.

Quadro 12 Erro quadrático médio da localização dos pontos da curva de nível da montagem e enchimento da cofragem

Material	Estruturas	Erro quadrático médio da localização do ponto (mm)		Distribuição dos erros de posição planimétrica (mm)	
		Planimétrico	Altimétrico	Pontos axiais (pontos das estações de observação)	Medição do detalhe
Betão	Veios, chaminés de equilíbrio das estruturas hidráulicas principais (barragens, comportas de descarga, unidades), eclusas de navios e estruturas de descarga	±20	±20	±17	±10
	Outros orifícios nos muros-guia, revestimento de poços e túneis, barragens	±25	±20	±23	±10
	Outras estruturas (barragens auxiliares, ensecadeiras, cortinas espessas, aventais, revestimentos, muros de suporte)	±30	±30	±25	±17
Materiais de terra-enrocamento	Linhas laterais a montante e a jusante de barragens compactadas por cilindros. Orifícios de observação de barragens com cortinas espessas na superfície e barragens de terra-enrocamento	±40	±30	±30	±25
	Pontos de posicionamento do equipamento na barragem e linha divisória do enchimento	±50	±30	±30	±40

4.4.3 O desvio de medição vertical da colocação do betão e a montagem dos componentes pré-fabricados em edifícios altos devem cumprir os requisitos do Quadro 13.

Quadro 13 Limites do desvio do levantamento altimétrico

Projectos	Desvio das linhas centrais contíguas de duas camadas adjacentes (mm)	Desvio relativo da linha central da base (mm)	Desvio cumulativo (mm)	Nota
Estrutura e colunas de suporte das centrais eléctricas e das subestações de exterior	±3	H/2000	±20	H é a altura total
Paredes laterais de pilares, pilares de cavalete, eclusas de navios, centrais eléctricas	±5	H/1000	±30	

4.4.4 Após a montagem, a cofragem dos edifícios deve ser verificada pelos pontos de curva de nível e o desvio deve cumprir os requisitos do Quadro 18.

5 Desvio da construção

5.1 O desvio da construção deve cumprir os seguintes requisitos:

- a) O sistema de desvio deve resolver adequadamente os problemas de retenção e libertação de águas desde o início até ao fim, bem como qualquer conflito entre as cheias e a construção;
- b) As normas de concepção do sistema de desvio devem ser decididas de acordo com os documentos de concepção aprovados. Quando é difícil construir o sistema de desvio em conformidade com a norma, com base na explicação e aprovação completas dos serviços responsáveis, a norma pode ser devidamente simplificada. Contudo, as previsões fluviais e meteorológicas devem ser reforçadas. Antes da época das cheias, o projecto deve cumprir as normas de segurança referentes à passagem das águas;
- c) Problemas como a navegação, a passagem de toros, o abastecimento de água a jusante e a descarga de gelo devem ser resolvidos durante todo o processo de construção, em conformidade com as disposições de concepção aprovadas pelos serviços responsáveis;
- d) O plano de emergência para o momento em que o influxo natural do rio exceder a norma de concepção para as cheias deve ser elaborado e enviado para os serviços competentes para aprovação.

5.2 A construção da ensecadeira deve cumprir os seguintes requisitos:

- a) O cronograma de construção e remoção da ensecadeira deve estar em conformidade com o cronograma total da construção. A construção das estruturas de desvio e descarga deve ser realizada ao mesmo tempo que a construção do corpo da ensecadeira e do corpo anti-infiltração, devendo a ensecadeira alcançar a elevação de concepção antes da época das cheias;

- b) O planeamento dos materiais de construção, do depósito e do enchimento de estradas deve ser bem elaborado, enquanto o uso dos materiais deve ser otimizado. Os materiais provenientes da escavação dos alicerces de edifícios permanentes devem ser totalmente utilizados. O volume de enchimento previsto do corpo do açude não deve ser inferior a 150% da quantidade prevista. A ensecadeira deve ser articulada com edifícios permanentes;
- c) É necessário ter em consideração o tratamento da prevenção de infiltrações nas fundações da barragem. O tratamento contra a infiltração na camada de cobertura das fundações da ensecadeira deve ser seguro, fiável, simples e exequível;
- d) A remoção da ensecadeira deve cumprir os requisitos de concepção. As rochas e as diversas matérias utilizadas para construir a ensecadeira devem ser limpas. O alcance e a secção da remoção (largura e altura) devem cumprir os requisitos de funcionamento das estruturas permanentes. A remoção da ensecadeira de primeiro nível deve cumprir os requisitos de desvio e descarga da ensecadeira de segundo nível;
- e) Deve ser considerada a possibilidade de inundação na cava de fundação.

5.3 A construção do encerramento do rio deve cumprir os seguintes requisitos:

- a) Antes do encerramento do rio, deve ser determinada a norma de concepção do encerramento e proceder-se à sua concepção cuidada. A previsão fluvial deve ser realizada de forma adequada e devem ser devidamente preparados os recursos humanos, materiais e técnicos;
- b) O tempo de encerramento do rio deve ser determinado com base numa análise geral da hidrologia, da meteorologia, da utilização do canal do rio, do cronograma real dos projectos preparatórios e da resistência da ensecadeira e da cava de fundação antes da época das cheias;
- c) O método de encerramento vertical deve ser aplicado no encerramento do rio;
- d) Para leitos do rio onde a fundação não é rochosa, deve ser colocada uma protecção de enrocamento no fundo em toda a fenda do rio e nas secções críticas. O comprimento do talude de protecção a jusante do dique de encerramento deve ser 2 a 4 vezes superior à profundidade média da água na fenda e o valor a montante deve ser 1 a 2 vezes superior à profundidade máxima da água. As rochas de ligação em série e as rochas de ancoragem podem ser utilizadas para a fenda. O volume total de materiais de preparação do encerramento deve ser previsto em conformidade com os factores gerais das condições de armazenagem e transporte, da quantidade de perdas possíveis e do assentamento do dique de encerramento. O volume de preparação real pode ser aumentado, com um coeficiente de aumento entre 0,2 e 0,3;
- e) Durante o processo de encerramento, as características hidráulicas devem ser medidas regularmente para modificar os tipos de rocha a utilizar e a força de lançamento e para melhorar os métodos de colocação;
- f) Os materiais utilizados na vedação do encerramento devem ser preparados de forma a garantir a qualidade da vedação do encerramento. Quando são utilizadas pedras para vedar, os materiais de vedação devem ser preenchidos de acordo com o princípio de enchimento da camada filtrante

invertida no talude a montante. As camadas indiferentes dos materiais de enchimento devem ser dispostas de forma estável e uniforme. Antes da vedação do encerramento, também podem ser utilizados tecidos de filtração de óleo, lonas e geossintéticos. Para rios com uma elevada carga de lodo, a acumulação de lodos manual ou por colmatação (obstrução por retenção) pode ser escolhida como método de vedação.

5.4 As medidas anti-cheias devem cumprir os seguintes requisitos:

- a) Quando a cota de enchimento da barragem excede a cota da ensecadeira, deve ser determinada a norma de concepção de controlo de cheias provisória, em conformidade com o tipo de barragem e com a capacidade de armazenamento em frente à barragem;
- b) Antes da época das cheias, as estruturas afectadas pelas cheias devem cumprir os requisitos de concepção relativos à elevação e ao perfil de passagem das águas;
- c) Com excepção das barragens de enrocamento com cortina de montante de betão, as ensecadeiras a montante das barragens de terra e de enrocamento devem fazer parte do corpo da barragem tanto quanto possível, para que o corpo da barragem alcance a primeira passagem de águas;
- d) Para barragens de enrocamento com cortina de montante de betão, quando o painel de betão não está completamente formado, o talude da barragem a montante deve ser reforçado com laminagem de argamassa ou injeção de argamassa de cimento ou com uma parede lateral para extrusão de betão. Assim, o corpo da barragem consegue resistir às inundações durante as épocas das cheias. Se o corpo da barragem transbordar, a superfície da barragem e o talude da barragem a jusante devem ser reforçados com pedras de grandes dimensões ou com gaiolas de pedras reforçadas;
- e) Para barragens de betão e barragens de alvenaria, quer seja adoptada uma ensecadeira completa ou uma ensecadeira faseada, o desvio do rio pode ser executado mediante uma secção provisória do corpo da barragem, furos e fendas do fundo ou em combinação com outras estruturas de descarga;
- f) A central eléctrica pode utilizar a ensecadeira ou a secção provisória do corpo da barragem para criar uma pequena cava de fundação para a passagem das águas. Quando a estrutura da central eléctrica for utilizada para conter as águas das cheias, deve ser verificada a estabilidade e a tensão do edifício da central, e a entrada de água e a saída do tubo de aspiração devem estar devidamente tapadas;
- g) Antes da remoção da ensecadeira, a área protegida pela ensecadeira deve ser limpa.

5.5 A construção do tamponamento das estruturas de desvio deve cumprir os seguintes requisitos:

- a) O encerramento das estruturas de desvio não deve ser realizado até que o perfil estrutural tenha alcançado a norma de concepção do encerramento, estejam disponíveis medidas de descarga e de controlo de cheias fiáveis, os requisitos de utilização ecológica da água em cursos inferiores possam ser cumpridos, e o projecto tenha sido inspeccionado e aceite para armazenamento de água pela autoridade competente;
- b) O tamponamento das comportas de descarga a jusante deve ser terminado durante a época seca. Devem ser escolhidos o tempo e o caudal de concepção adequados para o encerramento da

comporta, de forma a haver tempo suficiente para fechar as comportas e garantir a segurança da operação e da evacuação;

- c) As medidas de tamponamento podem incluir o tamponamento da comporta de descarga ou o tamponamento da ensecadeira. A medida adoptada pode ser determinada pelos requisitos de construção e pelas condições do projecto;
- d) A construção do tamponamento deve cumprir os requisitos de concepção e garantir a qualidade e o cronograma da construção. O tampão deve cumprir os requisitos de estabilidade, resistência a fendas, combinação com as rochas circundantes ou com o betão antigo e impermeabilidade. O tampão deve ser construído por secções, e o comprimento de cada secção deve ter entre 10 m e 15 m. Os tubos de gunitagem e os tubos refrigerados por água devem ser integrados no tampão e devem ser montadas, se necessário, galerias de gunitagem e refrigeração. Também pode ser utilizado cimento artificial de baixo calor de hidratação de baixa expansão ou betão de magnésia misturado externamente. A espessura da camada de lingotamento deve ser de 1,5 m. Se a temperatura atingir a temperatura média anual, deve ser aplicada a gunitagem por contacto. Antes de vedar o tampão, a rocha do dique na secção superior do tampão deve ser tratada de acordo com o projecto.

5.6 A drenagem da cava de fundação deve cumprir os seguintes requisitos:

- a) A drenagem da cava de fundação é dividida em drenagem inicial e drenagem regular e deve cumprir os seguintes requisitos:
 - 1) De forma a manter a estabilidade da ensecadeira e das fundações, a taxa de queda do nível de água na cava de fundação deve ser mantida entre 0,5 m/dia e 1,0 m/dia durante a fase de drenagem inicial. A capacidade do equipamento de drenagem da cava de fundação pode ser determinada por ensaio.
 - 2) Antes do início da escavação, o sistema de drenagem deve ser cuidadosamente disposto e o equipamento de drenagem deve ser devidamente seleccionado. O sistema de drenagem deve ser concebido de modo a poder ser utilizado durante a escavação das fundações e a construção da estrutura principal;
- b) Se as fundações do edifício forem colocadas sobre solo macio permeável ou camadas de areia fina, durante a escavação das fundações, deve ser aplicado o método de diminuição manual do lençol freático.

6 Normas básicas de construção civil

6.1 Escavação e enchimento de terras e rochas

6.1.1 Antes dos trabalhos de terraplanagem, devem ser elaborados esquemas de construção especiais para trabalhos em terra e rocha que envolvam riscos para além de uma determinada escala e os peritos devem ser consultados para avaliar e sugerir esquemas de construção especiais para esses trabalhos em terra e rocha.

6.1.2 A escavação de fundações brandas deve cumprir os seguintes requisitos:

- a) O esquema de escavação de fundações brandas deve ser otimizado com medidas de descarga e drenagem correctas, por meio do cálculo do equilíbrio entre escavação-enchimento e afectação adequada de recursos;
- b) O talude do poço deve ser determinado após a verificação da estabilidade, em conformidade com as condições geológicas e hidrogeológicas de engenharia, medidas de descarga e condições do local. Também devem ser elaboradas medidas de protecção da estabilidade do talude, bem como um plano de contingência prático e eficaz;
- c) Antes da escavação, o nível de água subterrânea deve ser diminuído para 0,5 m abaixo do nível de escavação;
- d) A cava de fundação deve ser escavada de cima para baixo, através de procedimentos por camadas, segmentos e zonas numa ordem adequada. Os canais de drenagem devem ser colocados por camadas e escavados camada a camada;
- e) Deve ser deixada uma camada de protecção entre 0,3 m e 0,5 m no fundo da cava de fundação, em conformidade com as condições do solo, meteorológicas e do equipamento de construção. Antes de iniciar as obras de construção no fundo, a escavação deve ser executada bloco a bloco;
- f) A mineração hidráulica (escavação hidráulica) é aplicável a siltitos, areias finas, solos franco-arenosos, solos meio e pouco limosos, lodos e solos resistentes propensos à desintegração;
- g) Para temperaturas negativas, devem ser implementadas medidas anti-congelamento fiáveis imediatamente após a escavação da camada protectora;
- h) Se as condições geológicas não estiverem em conformidade com as condições de concepção, devem ser consideradas medidas de tratamento em conjunto com as instituições relevantes. No caso de existirem monumentos culturais e locais históricos, fósseis, instalações subterrâneas ou marcadores permanentes criados por serviços de levantamento, geologia, sismologia, comunicação, estes devem ser adequadamente protegidos e em tempo útil sinalizados aos serviços competentes para que possam ser tomadas novas medidas;
- i) O entulho não deve dificultar a escavação de poços e outras obras, nem afectar a estabilidade das paredes dos poços. Deve ser evitado entulho secundário. As áreas de eliminação de resíduos devem ser distribuídas de forma criteriosa, em conformidade com as condições locais. Não devem agravar as condições do caudal ou ocasionar depósitos a jusante. Nenhuma terra cultivada, ou o mínimo possível, deve ser ocupada. Se o cronograma de construção o permitir, a eliminação do entulho deve ser conjugada com a recuperação de terras, de forma a ajudar os cultivos agrícolas. A eliminação de solos deve ser conjugada com outras obras de construção, e é necessário ter em consideração a protecção e recuperação ambiental;
- j) A escavação de fundações brandas deve ser concluída antes da época das cheias ou do congelamento do solo, se possível. As medidas técnicas para garantir a qualidade da engenharia durante a construção na época das cheias devem ser explicitadas no planeamento da construção.

Antes da época das cheias, o sistema de drenagem do estaleiro deve ser dragado, reforçado ou construído de acordo com a topografia local, de forma a garantir a desobstrução do caudal e evitar acumulações. As águas superficiais das áreas próximas devem ser impedidas de entrar no local;

- k) A escavação, o armazenamento, a protecção e a reabilitação do solo lavrado devem cumprir os requisitos de concepção.

6.1.3 A escavação de fundações rochosas deve cumprir os seguintes requisitos:

- a) As fundações devem ser escavadas camada a camada, de cima para baixo. Se a construção no fundo do talude da margem e do leito do rio ocorrer ao mesmo tempo, deve ser garantida a segurança. Caso contrário, o talude da margem deve ser escavado previamente. O procedimento de escavação de baixo para cima não deve ser executado se as técnicas de segurança não tiverem sido discutidas ou comprovadas ou aprovadas pelo serviço responsável;
- b) Os diferentes métodos de escavação de fundações rochosas devem ser escolhidos de acordo com as diferentes fases:
- 1) Para a escavação do contorno do talude projectado, deve ser dada preferência ao método de rebentamento por pré-fendilhamento ou por parede lisa.
 - 2) Para a escavação de rochas das fundações, deve ser aplicado o método de rebentamento por furos escalonados superficiais, camada a camada.
 - 3) A escavação próxima da superfície das fundações horizontais deve utilizar a camada protectora de massa rochosa reservada e aplicar o método de escavação de rebentamento por camadas e camada de amortecimento flexível, ou o rebentamento pré-tensionado horizontal;
- c) O desvio da escavação na superfície das fundações deve estar de acordo com os seguintes requisitos:
- 1) Para massas rochosas duras ou semi-duras nas quais a diáclase não está desenvolvida, está relativamente desenvolvida ou desenvolvida, o desvio da escavação de elevação da superfície das fundações horizontais não deve ser superior a ± 200 mm. O desvio da escavação da superfície do contorno do talude de concepção não deve estar acima de $\pm 2\%$ da altura da escavação quando a profundidade dos furos de sondagem é executada de uma só vez. Para a escavação de furos escalonados, tanto o desvio no local do sopé do talude de furo inclinado no fundo, como o desvio do talude médio de todo o talude lateral devem cumprir os requisitos de concepção.
 - 2) Para massas rochosas com diáclase extremamente desenvolvida, massas rochosas brandas, massas rochosas em zonas geológicas desfavoráveis, locais em aberturas das fundações e outros elementos com requisitos especiais, o desvio da escavação deve cumprir os requisitos de concepção.
 - 3) Para rochas fracturadas, extremamente fracturadas, relativamente brandas, brandas, extremamente brandas, rochas em secções geológicas desfavoráveis e outros elementos com requisitos de concepção especiais, o desvio da escavação deve cumprir os requisitos de concepção;

- d) O transporte de entulho deve cumprir os requisitos do planeamento da construção e os requisitos do ponto 6.1.2.
- e) A escavação próxima do nível de concepção das fundações da estrutura, do talude projectado, das estruturas e dos elementos protegidos deve executar o rebentamento por furos escalonados com furos de dimensões pequenas a médias;
- f) A qualidade da perfuração deve cumprir os seguintes requisitos:
- 1) A posição do furo deve ser determinada de acordo com o projecto do rebentamento. O desvio da posição de perfuração não deve afectar ou alterar a estrutura de rebentamento.
 - 2) O ângulo e a profundidade de perfuração devem cumprir os requisitos do projecto de rebentamento. O desvio do ângulo do furo de sondagem não deve ser superior a 2° para furos de sonda, nem superior a Γ para furos de rebentamento por pré-fendilhamento e por parede lisa, e o desvio admissível da profundidade dos furos deve estar entre 0 e +200 mm para furos de sonda comuns e na faixa de ± 50 mm para furos de rebentamento por pré-fendilhamento e por parede lisa.
 - 3) Os detritos de furação (fragmentos de materiais sólidos) nos furos já executados devem ser removidos antes do carregamento. Os orifícios devem ser devidamente protegidos. O trabalho de carregamento pode ser executado após os furos passarem na inspecção;
- g) O rebentamento por pré-fendilhamento e por parede lisa deve cumprir os seguintes requisitos:
- 1) Para efeitos de rebentamento, deve ser respeitado o desvio de escavação indicado na alínea c) deste parágrafo, bem como os seguintes requisitos:
- Os vestígios residuais de furos de sonda devem ser distribuídos uniformemente na superfície da escavação.
 - A taxa de preservação dos vestígios residuais de furos de sonda deve ser superior a 80% para massas rochosas com diáclase não desenvolvida, 50% a 80% para massas rochosas com diáclase relativamente desenvolvida e desenvolvida e 10% a 50% para massas rochosas com diáclase extremamente desenvolvida.
 - O desnível da superfície rochosa entre dois furos de sonda adjacentes não deve ser superior a 200 mm.
 - O muro do furo de sonda não deve apresentar fissuras de rebentamento visíveis.
 - 2) Os parâmetros de rebentamento por pré-fendilhamento para superfícies de fundações inclinadas e verticais podem ser determinados com referência ao Apêndice B de acordo com a prática da engenharia e ser verificados e ajustados nos ensaios de campo, de forma a garantir a eficácia do pré-fendilhamento. Os parâmetros de rebentamento por parede lisa também devem ser determinados mediante ensaio, em conformidade com as condições geológicas ou mediante a consulta de dados empíricos de projectos semelhantes.

- 3) Para o rebentamento por pré-fendilhamento na superfície das fundações de concepção das principais estruturas hidráulicas, o alcance do pré-fendilhamento deve exceder a área de rebentamento por degraus.
- Se os furos executados por pré-fendilhamento forem paralelos aos furos executados por rebentamento por degraus, a distância entre ambos deve estar entre 50% e 70% da distância da linha entre os furos de rebentamento por degraus. Se os furos executados por pré-fendilhamento não são paralelos aos furos de rebentamento por degraus, a distância entre ambos no local de carregamento no fundo de cada furo não deve ser inferior a $10D$ a $30D$ (D é o diâmetro do furo executado por pré-fendilhamento).
 - Se a distância do fundo do furo for entre $10D$ e $30D$ e se a distância entre furos for muito grande, devem ser criados furos auxiliares, de forma a proteger a fractura da rocha superior, e a distância entre o fundo dos furos auxiliares e os furos executados por pré-fendilhamento não deve ser inferior a 1,0 m.
 - A profundidade da fenda de pré-fendilhamento deve ser igual à profundidade da falha vertical do fundo do furo executado por degrau e pode ser determinada de acordo com o Quadro 14. O prolongamento das duas secções finais da fenda de pré-fendilhamento deve estar entre $100d$ e $200d$ (d é o diâmetro de carga no furo de sonda). A largura da fenda de pré-fendilhamento deve cumprir os seguintes requisitos: para rochas duras, a largura deve ser de 5 mm; para rochas semi-duras e brandas, a largura não deve ser inferior a 10 mm e deve ser determinada de acordo com os ensaios de rebentamento.
- 4) Se os furos de rebentamento por pré-fendilhamento e por degraus se encontrarem na mesma rede no momento da detonação, o rebentamento dos furos por pré-fendilhamento deve ser executado a uma velocidade não inferior a 75 m/s a 100 m/s antes do rebentamento dos furos adjacentes no mesmo degrau.
- 5) Tanto o rebentamento por pré-fendilhamento, como o rebentamento por parede lisa devem utilizar a formação do trabalho de carga desengatada e os orifícios de amortecimento podem utilizar o trabalho de carga desengatado por períodos. Tanto o carregamento do rebentamento por pré-fendilhamento como por parede lisa devem ser executados de acordo com os requisitos de concepção;
- h) O rebentamento por degraus deve cumprir os seguintes requisitos:
- 1) O efeito do rebentamento por degraus deve cumprir os seguintes requisitos:
 - A granulometria do balastro de pedra e das estacas de rebentamento deve ser adequada à operação com escavadoras mecânicas.
 - Se for necessária a utilização do balastro de pedra, a granulometria ou gradação deve cumprir os requisitos aplicáveis.

- A extensão dos danos provocados pelo rebentamento da massa rochosa adjacente deve ser pequena e deve haver poucos vestígios de rebentamento no fundo da área de rebentamento.
 - Deve haver o mínimo de vibrações, ondas de choque (ou ruídos) no ar e projecções possível.
- 2) Para a linha de furos de sonda por degrau adjacentes ao talude de projecto, a distância do furo e da linha e a quantidade de carga de cada furo devem ser inferiores às dos demais furos de sonda por degrau. O rebentamento próximo de uma vala, poço, vala de fundações e talude permanente deve aplicar o método de rebentamento por pré-fendilhamento ou por parede lisa e os furos de amortecimento devem ser dispostos entre os furos de rebentamento primários e os furos por pré-fendilhamento (furos lisos).
- 3) No caso de ser aplicado o método de escavação da camada protectora numa massa rochosa reservada para a parte superior da camada protectora, o furo de sonda não deve perfurar o degrau da camada protectora.
- 4) A carga seccional inicial máxima de rebentamento por degraus não deve ser superior a 300 kg. Por sua vez, na área próxima da superfície e do talude das fundações de projecto, a carga seccional máxima não deve ser superior a 100 kg. Para o rebentamento próximo de estruturas ou elementos protegidos, nos elementos do poço e da vala em ambiente subaquático ou em condições com requisitos especiais, a carga seccional máxima deve ser determinada por ensaios de rebentamento;
- i) O rebentamento adjacente à superfície das fundações horizontais deve cumprir os seguintes requisitos:
- 1) A espessura da camada protectora da massa rochosa próxima da superfície das fundações horizontais deve ser determinada por ensaios de rebentamento, que devem ser executados sem restrições. O Quadro 14 pode servir de referência.
- 2) A camada protectora adjacente à superfície das fundações horizontais deve ser escavada mediante o seguinte método de rebentamento único:
- O rebentamento por pré-fendilhamento horizontal é executado na superfície da fundação rochosa e o método de rebentamento por furos escalonados horizontais ou por furos escalonados superficiais na parte superior. O rebentamento por parede lisa horizontal é executado na superfície das fundações e na parte superior é aplicado o método de rebentamento por furos escalonados superficiais.
 - Quando não houver água no fundo do furo, pode ser aplicado o método de rebentamento por furo escalonado superficial vertical (ou inclinado) e flexível ou por amortecimento do material composto no fundo do furo.
 - A viabilidade de qualquer um dos métodos de rebentamento mencionados deve ser testada e comprovada antes da implementação.

- 3) Se a viabilidade for comprovada, na superfície das fundações horizontais também pode ser aplicado o método de rebentamento único por furo escalonado em profundidade. O método deve adoptar as seguintes medidas:
- Na superfície das fundações horizontais, deve ser aplicado o método de rebentamento por pré-fendilhamento horizontal.
 - O fundo do furo de rebentamento por furo escalonado deve estar a uma distância adequada da superfície de pré-fendilhamento horizontal.
- 4) O rebentamento em camadas também pode ser aplicado à camada protectora adjacente à superfície das fundações horizontais.

Quadro 14 Espessura da camada protectora da rocha

Propriedade da massa rochosa	Diáclase não desenvolvida e rocha dura	Diáclase relativamente desenvolvida e desenvolvida e rocha semi-dura	Diáclase extremamente desenvolvida e rocha branda
Espessura da camada protectora	25 <i>d</i>	30 <i>d</i>	40 <i>d</i>
NOTA <i>d</i> é o diâmetro da carga do furo de sonda.			

- j) O rebentamento de aberturas deve adoptar as seguintes medidas:
- 1) É aconselhável escavar mediante rebentamento em camadas com um furo de diâmetro pequeno, devendo ser aplicado o método de rebentamento por pré-fendilhamento ou por parede lisa à volta da área.
 - 2) Para uma abertura de largura inferior a 4 m, o diâmetro do furo de rebentamento deve ser inferior a 50 mm e a profundidade deve ser inferior a 1,5 m.
 - 3) O rebentamento por pré-fendilhamento não deve ser executado em simultâneo em ambos os lados da abertura. Se o rebentamento por pré-fendilhamento em ambos os lados for executado na mesma rede, um dos lados deve ter um atraso de pelo menos 100 m/s;
- k) Para taludes laterais altos em áreas geológicas desfavoráveis, devem ser cumpridos os seguintes requisitos durante a escavação:
- 1) As soluções correspondentes devem ser propostas durante a escavação:
 - Pode ser utilizada gunite de ancoragem com rede metálica para fortalecer o talude rochoso.
 - Os taludes de solo e altamente desgastados podem utilizar uma rede de betão ou de alvenaria com alvenaria entrecruzada ou enchimento de solo com hastes ou cabos de ancoragem construídos nos pontos da rede.

- Os métodos de tratamento de muros de suporte gravitacionais, pesos do sopé do talude, estacas anti-deslizantes, hastes ou cabos de ancoragem pré-tensionados e caixões abertos também podem ser aplicados de acordo com os requisitos de concepção.
- 2) É necessário ter em consideração os seguintes tópicos:
- Deve ser escolhido um procedimento de escavação criterioso.
 - Deve ser escolhida uma altura de escavação por degraus criteriosa.
 - Devem ser utilizadas medidas de resistência à vibração, como o pré-fendilhamento.
 - Os parâmetros de rebentamento devem ser determinados de forma criteriosa. A quantidade máxima de dinamite de carga isolada e a quantidade de carga única do rebentamento inicial devem ser rigorosamente controladas.
 - Para massas rochosas muito cortadas e parcialmente afectadas pela estrutura, devem ser considerados e aplicados métodos de escavação e tratamento de reforço adequados.
 - Para reforço dos taludes escavados, devem ser tomadas medidas criteriosas e eficazes.
 - A drenagem superficial e subterrânea deve ser intensificada para reduzir a pressão externa da água;
- l) Ao executar o rebentamento nas proximidades do edifício ou do betão recém-vertido, a velocidade de vibração das partículas na superfície das fundações do edifício ou no betão recém-vertido não deve ser superior à norma de segurança admissível das vibrações de rebentamento, que deve ser determinada mediante ensaios de rebentamento, e a velocidade de vibração das partículas deve ser prevista e controlada na estrutura de perfuração. Caso seja necessário próximo da nova área de gunitagem, ancoragem pré-tensionada e suporte de ancoragem de gunitagem (ou gunitagem), o rebentamento deve ser executado mediante ensaios e demonstrações. Em casos especiais, pode ser determinado após demonstração, por analogia com exemplos existentes da engenharia.

6.1.4 O enchimento de terra-enrocamento deve cumprir os seguintes requisitos:

- a) O tratamento de enchimento da base das fundações deve cumprir os requisitos de concepção. Após a escavação alcançar a base das fundações de concepção, os detritos e as águas acumuladas devem ser removidos e o enchimento não pode ser realizado até que o tratamento das fundações e as obras ocultas sejam aceites;
- b) O tipo, gradação, teor de água, tamanho e partículas sobredimensionadas da mistura de enchimento de terra-enrocamento devem cumprir os requisitos de concepção;
- c) O teor de água no enchimento de solos resistentes deve ser rigorosamente controlado.
 - 1) Se o teor de água natural do material de terra for superior ao limite superior do teor de água controlado da construção,

- na área de empréstimo, devem ser criados canais de interceptação à volta dos canais da área de empréstimo e da estrutura de cruzamento do curso de água.
 - o material de terra deve ser espalhado por agrupamento em camadas ou escarificação mecânica.
 - também podem ser feitos ajustamentos misturando material de terra com menor teor de água com material de terra com maior teor de água.
- 2) Se o teor de água natural do material de terra for inferior ao limite inferior do teor de água controlado da construção, o teor de água deve ser regulado adicionando água à área de empréstimo ou aspergindo-a na superfície da barragem. O material de terra inadequado não deve ser transportado para a superfície de enchimento;
- d) Antes do enchimento de cada camada, devem ser definidas as dimensões da estrutura e dos taludes do lado exterior de cada elemento a encher com material, de forma a garantir que as dimensões por secção estão de acordo com os requisitos de concepção;
- e) Antes da construção, os equipamentos de compactação devem ser escolhidos de forma criteriosa, de acordo com as características da engenharia, o tipo de enchimento, o coeficiente de compactação de concepção e as condições de construção. Deve ser determinada a margem de controlo do teor de água do material de terra. Também devem ser realizados ensaios paramétricos à espessura de espalhamento do solo e aos tempos de compactação. Se as condições não permitirem ensaios, os parâmetros devem ser escolhidos tendo em conta o Quadro 15;
- f) É recomendado um tambor de vibração suave para o enchimento com material feito de balastro de pedra, detritos e calhaus. Quando na compactação for utilizado um tambor de vibração suave com uma carga de ruptura entre 80 kN e 130 kN, a espessura de espalhamento do solo deve estar entre 0,6 m e 1,0 m, as dimensões máximas dos grãos não devem ser superiores a 2/3 da espessura da camada de espalhamento e a água deve ser aspergida de acordo com a qualidade do material e o carácter rochoso. Para a execução da laminagem, a laminagem estática deve ser executada em primeiro lugar, seguida da laminagem vibratória, devendo o número de vezes que a laminagem é executada ser determinado por ensaios no local (entre 4 a 6 vezes). Em solos resistentes, deve ser executada a laminagem estática;
- g) Para a laminagem mecânica, a velocidade de marcha deve ser controlada de acordo com os seguintes requisitos: não superior a 2 km/h para cilindros suaves e vibratórios e não superior a 3 km/h para cilindros compressores.

Quadro 15 Espessura de espalhamento do solo e número de compactações para cada camada de enchimento

Equipamento de compactação	Espessura de espalhamento do solo para cada camada de enchimento (mm)	Número de compactações para cada camada de enchimento (vezes)
Tambor suave (0~130 kN)	200~300	6~8 (10~12 para escória)
Cilindro compressor (75~160 kN)	200~350	8~16
Compactador tipo sapo (2 kN)	200~250	3~4
Compactação manual	Não superior a 200	10~12
Cilindro vibratório (80~150 kN)	600~1 300	6~8
Placa vibradora	150~250	—

NOTA: Para a compactação manual, as dimensões dos grãos dos maciços de solo não devem ser superiores a 50 mm;

- h) Os parâmetros de compactação devem ser controlados de forma rigorosa durante a construção. O material novo não pode ser colocado numa camada superior até que a compactação esteja concluída de acordo com a norma. Para o enchimento por secções, as linhas de laminagem de duas zonas de ligação adjacentes devem sobrepor-se. A largura de sobreposição da zona de ligação perpendicular à direcção de laminagem não deve ser inferior a 0,3 m a 0,5 m e a largura de sobreposição da zona de ligação paralela à direcção de laminagem deve ser entre 1 m e 1,5 m. As secções entre as camadas superior e inferior devem ser escalonadas e a distância entre as juntas escalonadas adjacentes não deve ser inferior a 1 m. Duas camadas adjacentes de enchimento de material de terra devem ser devidamente combinadas. Excepto no caso da compactação por cilindros com espigões ou cilindros de impressão, o material novo não deve ser colocado até que o tratamento de escarificação e aspersão de água estejam concluídos;
- i) O enchimento de material de terra impermeável deve cumprir os seguintes requisitos:
- 1) O material de terra impermeável deve ser em tempo útil colocado na direcção do eixo da barragem. Deve ser executado um procedimento de medição de ponto fixo para controlar de forma rigorosa a espessura do espalhamento, de forma a evitar uma espessura excessiva. Além disso, deve ser executado um procedimento de alisamento com uma motoniveladora nas estruturas de material de terra impermeável.
 - 2) Em primeiro lugar, o material de terra de corpos anti-infiltração deve ser descarregado e os veículos motorizados não devem percorrer as superfícies de material de terra compactado.
 - 3) O material de terra de corpos anti-infiltração deve ser compactado com cilindros de impressão vibratórios e a laminagem deve ser realizada na direcção do eixo da barragem. Para partes especiais nas quais a laminagem só pode ser executada perpendicularmente ao eixo da barragem, durante a moldagem, espalhamento e laminagem, a equipa de inspecção da qualidade deve supervisionar a construção no local. Não deve ocorrer excesso de espessura na moldagem, omissão de compactação ou compactação insuficiente.
 - 4) Se o corpo anti-infiltração for laminado secção a secção e as linhas de laminagem de duas zonas de ligação adjacentes se sobreuserem: a largura de sobreposição da zona de ligação perpendicular à direcção de laminagem não deve ser inferior a 0,3 m a 0,5 m e a largura de

sobreposição da zona de ligação paralela à direcção de laminagem deve ser entre 1 m e 1,5 m;

- j) Durante o enchimento, deve ser mantida uma folga suficiente no talude lateral em cada camada, de acordo com as normas, e o talude deve ser cortado em conformidade com os requisitos de concepção, após o enchimento até à cota de concepção. Deve ser mantida uma folga entre 300 mm e 500 mm de largura de sobre-enchimento em cada camada;
- k) Deve ser criada uma folga para afundamento adicional do enchimento, de acordo com os requisitos de concepção. Se não houver qualquer requisito específico de concepção, o afundamento adicional pode ser determinado aquando da concepção, em conformidade com a natureza do projecto de engenharia, a altura de enchimento, o tipo de enchimento, o coeficiente de compactação e as condições das fundações;
- l) O controlo de qualidade e a inspecção devem ser realizados durante todo o procedimento de enchimento. A inspecção do material de enchimento, a detecção da variação do teor de água, a espessura de espalhamento no solo, os tempos de laminagem, as juntas entre camadas adjacentes, o tratamento das juntas, a baridade seca após a compactação e as dimensões do talude devem cumprir os requisitos de concepção.

6.2 Escavação de cavernas

6.2.1 Os levantamentos de construção de cavernas subterrâneas devem cumprir os requisitos indicados na Secção 4.

6.2.2 O empreiteiro deve elaborar um plano de construção antes da escavação de cavernas e informar o supervisor. A escavação não pode ser realizada até que o supervisor aprove o plano. O plano deve incluir pelo menos os seguintes elementos:

- a) A situação da engenharia;
- b) O esquema da construção e instalações auxiliares;
- c) Os métodos de construção;
- d) O cronograma da construção;
- e) A afectação de recursos para a construção do projecto;
- f) As medidas de segurança e de controlo da qualidade;
- g) A supervisão e protecção da segurança da construção;
- h) As medidas de protecção ambiental, conservação do solo e da água.

6.2.3 A escavação de cavernas deve cumprir os seguintes requisitos:

- a) O método de escavação de cavernas subterrâneas deve ser escolhido de acordo com as condições geológicas, a escala do projecto, os procedimentos de suporte, os requisitos do período de construção, a afectação de recursos para a construção do projecto e as condições da construção. É aconselhável aplicar o método de construção "NATM". A classificação das rochas circundantes consta do Apêndice C;

- b) As cavernas subterrâneas não devem ser escavadas com áreas insuficientes ou partidas. O raio médio de sobre-escavação radial não deve ser superior a 200 mm para galerias de acesso e não deve ser superior a 250 mm para veios inclinados ou verticais. Em más condições geológicas, o valor deve ser determinado conjuntamente pelo proprietário, o projectista, o supervisor e o construtor;
- c) Durante a construção, devem ser executadas medidas de suporte eficazes de forma a garantir a segurança da construção, em conformidade com as práticas de engenharia, condições geológicas e características da construção;
- d) De acordo com as dimensões da escavação e da secção, a escala da caverna subterrânea deve ser classificada em 5 tipos:
 - 1) Secção extra-pequena, para a qual a área de escavação de projecto é inferior a 10 m² ou o vão é inferior a 3,0 m;
 - 2) Secção pequena, para a qual a área de escavação de projecto varia entre 10 m² e 30 m² ou o vão varia entre 3,0 m e 5,5 m;
 - 3) Secção média, para a qual a área de escavação de projecto varia entre 30 m² e 60 m² ou o vão varia entre 5,5 m e 7,5 m;
 - 4) Secção grande, para a qual a área de escavação de projecto varia entre 60 m² e 120 m² ou o vão varia entre 7,5 m e 12,0 m;
 - 5) Secção extra-grande, para a qual a área de escavação de projecto é superior a 120 m² ou o vão é superior a 12,0 m.

6.2.4 A escavação da entrada das cavernas deve cumprir os seguintes requisitos:

- a) Antes da escavação subterrânea, deve ser analisada a estabilidade da massa rochosa à entrada da caverna subterrânea, de forma a determinar o método de escavação, as medidas de suporte e o esquema de reforço do talude da entrada da caverna;
- b) O corte do talude da entrada da caverna deve ser realizado camada a camada, de cima para baixo, e os trabalhos verticais devem ser evitados. As rochas instáveis dos taludes laterais da entrada da caverna devem ser eliminadas e as instalações de drenagem devem ser desobstruídas;
- c) Antes de entrar na caverna, a massa rochosa à entrada do túnel deve ser identificada por todos os serviços envolvidos na construção. Só é permitida a entrada na caverna após a confirmação da estabilidade da mesma;
- d) O procedimento para entrar na caverna e verificar se são necessários suportes é determinado pelas dimensões da secção de entrada e pelas condições geológicas;

- e) Devem ser montados elementos de segurança, como coberturas de protecção, na entrada da caverna. Para rochas circundantes instáveis ou altamente instáveis de classe IV ou V, uma certa margem do corpo da montanha adjacente pode ser reforçada ou pode ser feito um arco aberto antes da escavação, sendo posteriormente escavada a entrada da caverna.

6.2.5 A escavação da galeria de acesso deve cumprir os seguintes requisitos:

- a) No caso de rochas circundantes das classes I a III, se o diâmetro de escavação do túnel for inferior a 10 m, deve ser aplicado o método de escavação de superfície completa. Caso contrário, deve ser aplicado o método de furos escalonados;
- b) No caso de rochas circundantes da classe IV, se a secção de escavação tiver dimensões superiores às médias, deve ser aplicado o método de escavação por secção. Uma vez concluída a escavação, devem ser colocados suportes provisórios;
- c) Para rochas circundantes de classe V, a galeria de acesso deve ser escavada em conformidade com os requisitos do ponto 6.2.13.

6.2.6 A escavação do veio vertical e inclinado deve cumprir os seguintes requisitos:

- a) Para a escavação de veios inclinados com um ângulo de inclinação inferior a 30°, pode ser executada uma secção completa de cima para baixo. Para veios inclinados com um ângulo de inclinação variável entre 30° e 45°, pode ser executada uma secção completa de cima para baixo ou uma escavação de baixo para cima; se for executada a escavação de baixo para cima, devem ser implementadas medidas de escumação e deslize de escórias. Para veios inclinados e verticais com um ângulo de inclinação superior a 45°, pode ser aplicado o método de escavação de um veio-piloto de baixo para cima antes de alargar a escavação de cima para baixo ou o método de escavação de superfície completa;
- b) Se um veio vertical ou inclinado for escavado pelo método de cima para baixo, a boca do poço deve estar bem bloqueada para garantir a sua estabilidade e evitar a queda de matérias estranhas. Devem ser atempadamente colocados suportes, caso sejam enfrentadas condições geológicas adversas;
- c) Se a escavação for alargada de cima para baixo após ligação do veio-piloto, os requisitos mencionados acima devem ser cumpridos. Por outro lado, devem ser implementadas medidas eficazes para evitar o bloqueio do veio-piloto e a queda accidental de pessoas;
- d) Para a escavação de um veio vertical de secção pequena na rocha envolvente das classes I e II, a escavação de superfície completa pode ser executada de baixo para cima, aplicando o método de subida ou escalada em gaiola ou o método inverso de perfuração de poços;
- e) Para rochas circundantes das classes I e II, a escavação de veios verticais com secções de dimensões superiores às dimensões médias pode aplicar o método de alargamento da escavação de cima para baixo após a escavação de um veio-piloto e a secção do veio-piloto deve variar entre 4 m² e 5 m².

6.2.7 A escavação em locais especiais, incluindo vigas de guindaste de uma central eléctrica subterrânea em bancada rochosa, vigas de guindaste de bancada na rocha, uniões de derivação de pressão alta, estribos de canto e paredes laterais adjacentes, tampões de rocha, e a escavação da entrada da caverna em paredes altas formadas previamente devem cumprir os seguintes requisitos:

- a) As escavações em locais especiais devem ser especialmente concebidas;
- b) As escavações em locais especiais devem utilizar tecnologia de rebentamento controlado, escavando bloco a bloco de forma criteriosa. Antes da escavação, os requisitos dos parâmetros de rebentamento de concepção devem ser determinados mediante ensaios de rebentamento;
- c) Para a escavação de vigas de guindaste numa bancada rochosa, o desnivelamento da superfície rochosa da escavação deve ser rigorosamente controlado. Se o desnivelamento não cumprir os requisitos de concepção, devem ser executadas as medidas necessárias para melhorar as condições de tensão na superfície das juntas;
- d) A espessura da camada protectora da escavação em locais especiais não deve ser inferior a 2 m;
- e) Para a escavação em camadas, a distância entre o fundo das vigas de guindaste na bancada rochosa e a elevação da superfície da camada de escavação correspondente deve permanecer acima dos 2 m. A escavação deve aplicar o método de rebentamento por parede lisa.

6.2.8 A construção de galerias de acesso deve cumprir os seguintes requisitos:

- a) As características da galeria de acesso devem ser determinadas de acordo com as comparações técnicas e económicas do esquema da estrutura subterrânea, do volume de trabalho, do cronograma principal, da topografia, das condições geológicas, do método de construção, do plano de estradas e das máquinas de construção. Além disso, devem cumprir os seguintes requisitos:
 - 1) Se for aplicado o método de escavação por perfuração e rebentamento, a distância entre duas galerias de acesso adjacentes deve ser inferior a 3 km. A diferença de elevação entre os veios vertical e inclinado deve ser inferior a 200 m;
 - 2) Se for necessária a escavação de dentro para fora ou o revestimento da entrada da caverna, as galerias de acesso devem ser construídas próximo da entrada da caverna.
 - 3) Para a escavação em camadas de centrais eléctricas subterrâneas, deve ser executado um túnel permanente como galeria de acesso, ou a galeria de acesso deve ser criada como um ramal do interior do túnel permanente. Se necessário, devem ser criadas galerias de acesso adicionais ou, se uma galeria de acesso for construída a partir da bifurcação de um túnel permanente, também deve ser adicionada uma galeria de acesso de construção;
- b) O esquema da galeria de acesso deve seguir os seguintes requisitos: as condições geológicas na linha do túnel devem ser favoráveis; o túnel deve ser curto; o volume de obras de engenharia no trajecto de transporte em direcção à entrada dos ramais da caverna deve ser pequeno; a carga de trabalho para cada galeria de acesso deve ser praticamente a mesma; deve haver uma área de eliminação de resíduos viável na parte exterior da caverna; a elevação da entrada da caverna deve estar em conformidade com as normas de controlo de cheias correspondentes;

- c) As dimensões da secção da galeria de acesso devem cumprir os requisitos de transporte, de suporte, dos vários esquemas de tubagem e de segurança de passageiros. Se for utilizada uma única faixa, devem ser colocadas plataformas de passagem a cada 200 m;
- d) A linha do túnel da galeria de acesso deve ser ortogonal em relação ao túnel principal e a intersecção deve cumprir os requisitos do raio de viragem mínimo do trajecto de transporte. Se possível, deve ser criado um talude exterior de cerca de 3% para a galeria de acesso. O canal de drenagem deve ser mantido desbloqueado e deve ser criado um poço de drenagem;
- e) Devem ser implementadas medidas de drenagem especiais quando existe um talude adverso no caso de condições restritas do terreno.

6.2.9 A perfuração e o rebentamento devem cumprir os seguintes requisitos:

- a) A escavação do contorno projectado das cavernas subterrâneas deve utilizar tecnologia de rebentamento por parede lisa ou por pré-fendilhamento;
- b) Antes da escavação, devem ser realizados ensaios para obter os parâmetros de rebentamento;
- c) Os empreiteiros devem conceber a perfuração e o rebentamento de acordo com os desenhos de projecto, condições geológicas, características do material de rebentamento e perfuradoras;
- d) Os trabalhos de perfuração e rebentamento devem ser executados de acordo com os desenhos de projecto de rebentamento aprovados;
- e) A qualidade da perfuração deve cumprir os seguintes requisitos:
 - 1) A posição de perfuração deve ser determinada de acordo com os esboços da linha média, linha da cintura e posição do furo definidos pelo levantamento;
 - 2) A margem de ajustamento dos furos perimetrais no esboço da secção e no desvio da posição do furo de corte não deve ser superior a ± 50 mm e o desvio das outras posições do furo de sondagem não deve ser superior a ± 100 mm;
 - 3) O fundo do furo de sondagem deve ficar no plano exigido pelos desenhos da metodologia de rebentamento;
 - 4) Todos os furos de sondagem devem ser executados na mesma direcção. Durante a perfuração, os furos devem ser inspeccionados regularmente e o ângulo de perfuração dos furos perimetrais e de rebentamento por pré-fendilhamento deve ser devidamente controlado;

- 5) O carregamento e o rebentamento não podem ser executados até que os furos de sondagem passem na inspecção;
- f) O carregamento, o bloqueio e a ligação da linha de detonação dos furos de sondagem devem ser executados pela equipa de serviço certificada em rebentamentos, em conformidade com os desenhos do rebentamento;
- g) Os principais parâmetros de rebentamento por parede lisa e por pré-fendilhamento devem ser determinados mediante ensaios e os parâmetros dos ensaios podem ser definidos pelo método de analogia de engenharia ou por referência ao Apêndice D;
- h) O efeito de rebentamento por parede lisa e por pré-fendilhamento deve ser inspecionado de acordo com os seguintes critérios:
 - 1) Os vestígios residuais de furos de sondagem devem estar uniformemente distribuídos pela superfície da curva de nível da escavação. A taxa de preservação dos vestígios de furos de sondagem não deve ser inferior a 80% para rochas integradas, a 50% para massas relativamente integradas e pouco integradas e a 20% para rochas fracturadas e relativamente fracturadas;
 - 2) A superfície rochosa dos furos adjacentes deve ser lisa, e não devem existir fissuras de rebentamento na parede do furo;
 - 3) A dimensão do furo escalonado entre dois rebentamentos adjacentes ou o valor oblíquo exterior máximo deve ser inferior a 200 mm;
 - 4) Após o rebentamento por pré-fendilhamento, devem formar-se fissuras de perfuração contínuas.

6.2.10 O entulho e o transporte devem cumprir os seguintes requisitos;

- a) O procedimento e o equipamento para o entulho e o transporte devem ser escolhidos de acordo com o método de construção confirmado;
- b) O empilhamento e a utilização de balastro de pedra devem ser considerados no seu conjunto. Não só devem ser cumpridos os requisitos de engenharia para garantir a segurança da engenharia, como devem ser cumpridos os requisitos de protecção ambiental e de conservação do solo e da água para reduzir os danos para o ambiente;
- c) O entulho de túneis medianos e pequenos deve aplicar métodos de transporte com pistas. Se for utilizada uma locomotiva, deve ser dada preferência a uma locomotiva movida a bateria;
- d) Se o entulho for carregado por um carregador de rochas, as pistas devem acompanhar a secção de escavação e as instalações de triagem também devem avançar no tempo devido;
- e) Para o transporte em cavernas, devem ser utilizadas pistas duplas. Se for utilizada uma única pista, devem ser criadas áreas de estacionamento, cujo comprimento efectivo deve cumprir os requisitos do comboio, cuja distância deve ser determinada de acordo com a intensidade do tráfego;

- f) Se a secção de escavação, condição de ventilação e distância de transporte assim o permitirem, é possível que para o entulho seja aplicado o procedimento que inclui camiões de carroçaria móvel e carregadores ou escavadoras. A inclinação longitudinal máxima da estrada deve ser determinada de acordo com o desempenho do veículo de transporte e as condições de serviço das instalações de entulho e deve ser de 9%. O comprimento máximo da inclinação longitudinal está limitado a 150 m e a margem de condução visível deve ser de 40 m. O talude longitudinal máximo localizado não deve ser superior a 14%;
- g) Se o transporte de entulho utilizar veios inclinados e verticais, o coeficiente de segurança do cabo de aço do equipamento de elevação deve cumprir os seguintes requisitos:
- 1) O coeficiente de segurança do cabo do elevador tripulado e do cesto de elevação não deve ser inferior a 14.
 - 2) O coeficiente de segurança do cabo enrolado e gripado que amarra cargas pesadas deve ser 8;
- h) Se for utilizado um guincho no transporte de entulho de veios inclinados, devem ser respeitadas as seguintes condições:
- 1) As medidas para evitar que as pistas escorreguem devem ser executadas se a inclinação da pista for superior a 15°.
 - 2) As secções inclinadas e planas da pista devem ser ligadas por curvas verticais e deve ser definido um talude adverso na ligação da curva vertical e da secção plana, bem como dispositivos controláveis de paragem de veículos em locais adequados.
 - 3) A corda de arrasto deve estar alinhada pela linha central da secção inclinada da via e deve ser colocado um suporte de polia inferior.
 - 4) A velocidade de marcha dos veículos não deve ser superior a 2 m/s.
 - 5) Devem ser montados passeios e peitoris nas secções do talude e a distância entre a aresta do passeio e a aresta exterior do veículo não deve ser inferior a 300 mm.
 - 6) Deve ser criado um nicho a cada 100 m em veios inclinados;
- i) Se for utilizada uma calha para deslizar escória num veio inclinado, a formação de calhas deve ser determinada de acordo com o ângulo de inclinação do veio inclinado e devem ser utilizadas instalações de segurança rigorosas;
- j) Se for aplicado o método de elevação vertical e horizontal por balde para transportar entulho num veio vertical, devem ser cumpridos os seguintes requisitos:

- 1) Se a profundidade do poço for superior a 40 m, deve ser montado um dispositivo de orientação para a elevação do balde.
 - 2) O peso do elevador por balde quando está cheio de escória não deve exceder o valor de concepção;
- k) Para o transporte em veios inclinados ou verticais, devem ser colocadas comunicações e sinalizações fiáveis, de forma a manter o contacto, e as sinalizações devem dispor de som e luz;
- l) Devem ser configurados sistemas de travagem e dispositivos de segurança fiáveis para evitar o rolamento excessivo, o excesso de velocidade, a sobre-intensidade e a queda de tensão do dispositivo de elevação, e o trabalho de manutenção e inspecção deve ser reforçado.

6.2.11 Os suportes provisórios devem cumprir os seguintes requisitos:

- a) Para áreas que necessitam de suporte após a escavação, deve ser determinado um esquema de suporte provisório, consistindo principalmente em âncora e gunita, de acordo com as condições rochosas circundantes, padrão de secção da caverna, dimensões da secção, método de escavação e tempo de auto-estabilização das rochas circundantes;
- b) O padrão de gunita-ancoragem deve ser determinado mediante analogia de engenharia ou resultados de supervisão de campo, de acordo com as características das rochas circundantes, dimensões da secção e método de construção;
- c) As escoras e a gunita-ancoragem devem ser utilizadas nas rochas circundantes das classes IV e V e devem ser determinadas através da execução do projecto.

6.2.12 Para a escavação de cavernas em condições geológicas desfavoráveis de secções com falhas e fracturas, bandas densas de articulados angulares ligeiramente inclinados, desenvolvimento de cársicos, águas subterrâneas abundantes e áreas de expansão de massas rochosas, devem ser cumpridos os seguintes requisitos:

- a) Para a escavação de cavernas em áreas geológicas desfavoráveis, deve ser elaborado um esquema de construção prático e exequível e deve ser utilizado um esquema de suporte prático e exequível. Os esquemas devem ser comunicados ao engenheiro supervisor para aprovação;
- b) Quando o corpo do túnel é escavado em áreas geológicas pobres, devem ser aplicados métodos de exploração avançados, como a escavação de um túnel-piloto na superfície da escavação ou a perfuração de furos horizontais ao longo da direcção de escavação com aparelhos de perfuração de furos grandes na horizontal, para reforçar a previsão geológica. É necessário executar uma drenagem adequada, bloquear a entrada do túnel, realizar o revestimento o mais rapidamente possível, executar furos curtos, aplicar rebentamentos fracos e métodos de suporte fortes, realizar inspecções frequentes, realizar observações e feedback frequentes e implementar reforços atempados, entre outras medidas;
- c) De forma a evitar a instabilidade e o colapso de rochas à volta da abóbada durante a construção do túnel, o método de suporte avançado deve ser aplicado principalmente no reforço das rochas à volta da superfície de serviço, mais precisamente inserindo o parafuso de avanço, a cobertura dos tubos e a gunitagem avançada, entre outras medidas de reforço;

- d) Para rochas partidas e de argila fraca, as rochas à volta do túnel principal podem ser reforçadas através da galeria de acesso, podendo o túnel principal ser escavado posteriormente. O âmbito do reforço depende das condições de engenharia geológica. As medidas de reforço podem ser implementadas utilizando parafusos, lajes ou estacas perfuradas e devem ser determinadas de acordo com condições de engenharia específicas;
- e) De acordo com a geologia de engenharia e as circunstâncias hidrogeológicas da região geológica desfavorável, pode ser executada a gunitagem para reforçar as rochas circundantes, parar as águas ou para, simultaneamente, parar as águas e reforçar as rochas;
- f) Se a rocha à volta da caverna estiver dividida em maciços instáveis pela combinação de descontinuidades desfavoráveis, deve ser aplicado o método de construção por escavação e ancoragem simultaneamente;
- g) Em áreas com águas subterrâneas abundantes, devem ser determinadas as regras de regulação da actividade subterrânea, volume de influxo, lençol freático e fontes de abastecimento de águas subterrâneas e devem ser implementadas medidas técnicas, como drenagem, tamponamento, intercepção e desvio, de acordo com a situação real;
- h) Durante a escavação em áreas cársticas, devem ser previamente determinados os tipos de cársticos, padrões de corrosão, características de enchimento e acumulação, distribuição e condições das águas subterrâneas. Os métodos de escavação e as medidas de tratamento devem ser determinados de acordo com a escala e a estabilidade do cárstico. A estabilidade da caverna não deve ser comprometida. Para lidar com rochas instáveis em cavernas cársticas, devem ser aplicados métodos de tamponamento, isolamento, remoção ou suporte. Para canais que apresentam fugas, podem ser utilizados materiais permeáveis à água fracos ou injeção de cimento, se necessário;
- i) Para a escavação de cavernas e o suporte de uma secção de caverna em condições geológicas desfavoráveis, a densidade das secções de supervisão deve ser aumentada. A frequência de observação deve aumentar e os resultados da mesma devem ser comunicados em tempo útil. Se ocorrer qualquer situação anormal, devem ser imediatamente tomadas medidas de reforço;
- j) Após o colapso, deve ser averiguada a causa do colapso, a sua escala e a norma e devem ser estipuladas medidas para lidar com ele, de forma a evitar a extensão e a expansão do alcance do colapso. Para pequenos deslizamentos de terra provocados pela expansão da fenda, deve ser aplicado o método de aplicação de gunitagem, o método de elevação de vigas e o método de suporte por substituição. Para deslizamentos de terra estreitos e longos, deve ser aplicado o método de suporte de tectos e o método de elevação de vigas. Para deslizamentos de terra médios, deve ser aplicado o método de gunitagem-ancoragem, o método de reforço por estacas, o método de protecção de tectos e o método de enquadramento de tecto-tubo de aço. Para deslizamentos de terra grandes, deve ser aplicado o método de gunitagem, o método de construção de túneis-piloto anulares e o método de vigas longitudinais de betão. Deve ser realizado o controlo de águas antes da prevenção do colapso quando as condições das águas subterrâneas são intensas.

6.2.13 Os dados de segurança a supervisionar durante a escavação da caverna e as suas quantidades devem ser determinados de acordo com as condições reais da topografia da engenharia, geomorfologia, estado das rochas circundantes e método de construção e o equipamento de supervisão deve ser escolhido em conformidade. A recolha, organização e análise dos dados de supervisão de segurança devem ser devidamente implementadas. Na ocorrência de uma deformação anormal, as medidas de tratamento devem ser implementadas oportunamente.

6.2.14 Para a construção de cavernas subterrâneas, devem ser executadas as obras de ventilação e de prevenção contra gases e poeiras nocivos.

6.2.15 Durante a escavação de cavernas subterrâneas, o volume de oxigénio nas cavernas não deve ser inferior a 20% e o teor de gases e poeiras nocivos deve estar em conformidade com as normas de saúde.

6.2.16 O modo de ventilação deve ser determinado de forma geral, de acordo com o esquema da caverna subterrânea, escala e dimensões da caverna, procedimento de construção, método de construção, teor de gases e poeiras nocivos na superfície de serviço e nível de perigo, entre outros factores.

6.3 Tratamento das fundações

6.3.1 A limpeza e o tratamento da superfície das fundações devem cumprir os seguintes requisitos:

- a) Se as fundações forem escavadas até à superfície de base, a superfície deve ser limpa e devidamente tratada;
- b) Ao limpar as fundações do solo macio das estruturas, os resíduos no chão, como ervas, bambus, árvores, raízes, enrocamentos, lodos, húmus, turfas, sepulcros e todo o tipo de edifícios, devem ser totalmente limpos. Os depósitos residuais da inclinação e a massa de deslizamentos de terra devem ser limpos de acordo com os requisitos de concepção;
- c) O tratamento das rupturas na superfície da fundação rochosa deve cumprir os requisitos do ponto 6.1.3.
- d) Se a superfície das fundações se inclinar na direcção do fluxo, deverá inclinar-se ligeiramente apenas a montante e o gradiente não deve ser superior a 1: 10. Se existir uma contra-encosta debaixo das fundações do talude da margem, ela deverá ser alterada para um talude positivo. Os ângulos internos devem ser alterados para ângulos obtusos. Para outras situações, devem ser implementadas medidas estruturais, como o enchimento e o nivelamento com detritos de gunita ou betão, para cumprir os requisitos acima mencionados;
- e) Após a escavação, a superfície das fundações deve cumprir os requisitos de concepção. Não há rochas soltas e partidas e a superfície está limpa e não apresenta sujidade ou poluição por óleo;
- f) Furos, galerias de acesso, veios, valas de ensaio que sobram da exploração geológica e dos ensaios devem ser enchidos e eliminados em conformidade com os requisitos de concepção;

- g) Problemas geológicos graves, como fendas, falhas, cavernas de cárscicos, grutas e intercalações fracas expostos pela escavação devem ser eliminados em tempo útil, em conformidade com os requisitos de concepção. Se não houver requisitos de concepção, é recomendável consultar as seguintes medidas:
- 1) Para juntas e fissuras comuns, deve ser aplicado o método de descarga de argamassa ou betão para vedar as fissuras. Para fissuras grandes, a argamassa de cimento ou betão deve ser inserida nas fissuras após a substância de enchimento ter sido limpa até uma determinada profundidade.
 - 2) Para zonas de fractura, dependendo das circunstâncias reais, quando as fracturas tiverem sido escavadas até uma determinada profundidade, devem ser primeiro vertidos painéis de betão ou tampões de betão, ou as falhas devem ser tapadas com alvenaria de cimento, e deve ser então executada a gunitagem de consolidação.
 - 3) Para cavernas e grutas cárscicas, é recomendável tapar as cavernas com tampões de betão e, em seguida, aplicar gunita na caverna para enchimento e consolidação.
 - 4) Para intercalações fracas, as superficiais devem ser totalmente removidas. Por sua vez, as profundas devem ser removidas até uma determinada profundidade e, posteriormente, vedadas por betumação;
- h) A água de jacto ou de infiltração na superfície das fundações deve ser devidamente tapada e drenada. A qualidade de limpeza, betumação ou lingotamento das fundações, bem como as suas condições geológicas, não devem piorar devido a infiltrações nas fundações;
- i) Quando não houver obras de construção nas estruturas superiores, as superfícies fracas das fundações que são facilmente desgastadas, amolecidas e rachadas pelo congelamento devem ser vedadas em tempo útil com argamassa ou betão ou devem ser tratadas de acordo com os requisitos de concepção;
- j) Quando o tratamento das fundações tiver sido concluído, a sua inspecção e aceitação devem ser realizadas em tempo útil. Quando o tratamento das fundações tiver sido aprovado, os empreiteiros ou peritos devem elaborar o mapa geológico final das fundações. Os empreiteiros não devem passar para as fases seguintes, como a execução da betumação ou do lingotamento, até que o tratamento das fundações tenha sido aceite.

6.3.2 O tratamento de solos macios inclui a substituição, o reforço, o pré-carregamento, os pilares de compactação e furados, os pilares pré-fabricados e outros métodos.

6.3.3 A ancoragem pré-tensionada é utilizada principalmente na construção da ancoragem das fundações, da ancoragem do muro de suporte, da ancoragem da montanha com talude alto e da ancoragem de rochas da caverna subterrânea.

6.4 Tratamento anti-infiltração

6.4.1 O âmbito do controlo da infiltração inclui o corpo da barragem, as fundações da barragem e o encontro. Para o controlo da infiltração no corpo da barragem de terra-enrocamento, deve ser adoptada a gunitagem de fendilhamento, de argila (pasta de argila cimentada) e do veio do invólucro. Por sua vez, para o controlo da infiltração nas fundações da barragem e no encontro, deve ser adoptada a gunitagem de cortinas e um muro corta-águas.

6.4.2 O tratamento anti-infiltração do poço da barragem de terra-enrocamento deve cumprir os seguintes requisitos:

- a) O exame da área de empréstimo para poços de alívio anti-infiltração das barragens de terra-enrocamento deve cumprir os seguintes requisitos:
 - 1) Os empreiteiros devem rever a área de empréstimo do solo antes da construção dos poços de alívio. Os conteúdos do exame incluem a qualidade e a quantidade de reservas de solo.
 - 2) Os índices de qualidade do solo, que devem incluir o tipo de solo, dimensões dos maciços, teor de argila, teor de água, coeficientes de permeabilidade, baridade seca máxima, entre outros, devem cumprir os requisitos de concepção.
 - 3) As reservas do solo devem ser praticamente as mesmas dos dados apresentados no Relatório de Exploração Geológica e não devem ser inferiores a 2,5 vezes a quantidade dos aterros de concepção;
- b) A escavação de poços de alívio deve cumprir os seguintes requisitos:
 - 1) Elaborar os desenhos da construção para determinar o eixo da escavação dos poços de alívio. A linha central dos poços de alívio deve estar situada no corpo de anti-infiltração original, ligeiramente a montante do eixo da barragem. A linha central pode ser ligeiramente ajustada se a condição geológica for fraca, mas a espessura das juntas sobrepostas não deve ser reduzida. Os pilares fixos das fundações devem ser colocados nas duas extremidades do eixo alargado dos poços de alívio. As posições dos pontos centrais dos poços de alívio devem ser novamente verificadas antes da escavação.
 - 2) O equipamento utilizado na escavação de poços sobrepostos deve cumprir os requisitos de concepção relativos ao diâmetro e perpendicularidade dos furos.
 - 3) O veio do invólucro deve ser construído rigorosamente entre o veio principal e o veio auxiliar.
 - 4) A profundidade de escavação dos poços de alívio ou as condições geológicas no fundo dos poços devem cumprir os requisitos de concepção;
- c) Antes do enchimento dos poços de alívio, não devem existir matérias estranhas ou alagamento no fundo dos poços. Quando os poços de alívio tiverem sido escavados, a aceitação das obras ocultas deve ser registada em tempo útil, incluindo o número do furo, a hora, a elevação do fundo, a taxa de desvio do furo, a espessura de sobreposição, as condições geológicas no fundo e a situação excepcional da perfuração. Os poços de alívio devem ser preenchidos de acordo com os parâmetros da construção determinados pelos ensaios;

- d) O tratamento de infiltração e colapso nos poços deve cumprir os seguintes requisitos:
- 1) Se existir alguma infiltração, encher primeiro o furo com argila e, em seguida, tapar o solo preenchido para reforçar a parede do buraco. Por fim, voltar a escavar os poços. Para as fundações permeáveis, o solo de cimento na razão de 1: 4 a 1: 5 deve ser preenchido a uma altura de 1 m do fundo do veio.
 - 2) Se algumas partes dos poços tiverem colapsado, podem ser colocadas mangas nos poços de forma a suportar os furos.
 - 3) Podem ser perfurados veios auxiliares a montante para reforçar os poços abatidos. Drenar os alagamentos nos veios e, em seguida, escavar ao longo da secção do veio dos poços de alívio.
 - 4) A organização do projecto deve emitir uma notificação de modificação do projecto para qualquer ajustamento no eixo dos poços de alívio por razões geológicas especiais;
- e) O enchimento dos poços de alívio deve cumprir os seguintes requisitos:
- 1) O solo preenchido deve cumprir os requisitos de concepção e dos documentos relevantes.
 - 2) Os ensaios de tamponamento devem ser cuidadosamente realizados antes do enchimento dos poços de alívio. Os parâmetros da construção, como a espessura da camada do solo, o peso e a altura da queda do martelo e os tempos de tamponamento, devem ser determinados de acordo com os resultados do ensaio. Quando o aterro estiver a menos de 2 m do coroamento da barragem, o martelo deve estar a uma altura inferior a 2 m.
 - 3) Quando a construção dos poços de alívio estiver concluída, uma camada de solo com uma espessura entre 200 mm e 300 mm deve ser removida da parte superior dos poços de alívio e, em seguida, deve ser feito o enchimento com uma camada protectora de argila arenosa;
- f) A qualidade de construção dos poços de alívio deve cumprir os seguintes requisitos:
- 1) Devem ser realizados ensaios a amostras de terra de enchimento, incluindo a análise de partículas, da baridade seca máxima, do teor de água óptimo e do coeficiente de permeabilidade. O teor de argila no solo de enchimento deve variar entre 15% e 50%. O índice de plasticidade não deve ser superior a 20. O coeficiente de permeabilidade não deve ser superior a 1×10^{-4} mm/s. O teor de água no solo de enchimento deve estar em torno do teor de água óptimo e o desvio não deve ser superior a $\pm 2\%$ - $\pm 3\%$. O solo deve parecer solto e sem depósitos.
 - 2) O desvio dos pontos centrais dos poços de escavação não deve ser superior a ± 30 mm e a taxa de desvio dos furos não deve ser superior a 0,4%. A elevação do fundo do furo deve cumprir os requisitos de concepção e alcançar o limite inferior das camadas extremamente desgastadas ou relativamente impermeáveis.

- 3) O grau de compactação do solo de enchimento não deve ser inferior a 96% e o grau de compactação do solo de enchimento não aprovado não deve ser inferior a 98% do valor de concepção. Por outro lado, a distribuição das amostras não aprovadas não deve estar concentrada.
 - 4) A baridade seca (compactação) do solo preenchido deve ser medida no fundo, no meio e no topo de cada veio do invólucro. Dez furos devem ser considerados uma unidade, e devem ser realizados alguns ensaios ao coeficiente de permeabilidade do solo compactado;
- g) A segurança da construção dos poços de alívio deve cumprir os seguintes requisitos:
- 1) A segurança da construção dos poços de alívio inclui principalmente a segurança do pessoal, a segurança do equipamento e a segurança eléctrica. Os operadores do equipamento devem ser formados e certificados. O equipamento de construção deve ser fiável. O cabo deve estar intacto e impecável, e as partes rotativas devem dispor de dispositivos de protecção.
 - 2) No estaleiro, não devem estar presentes pessoas estranhas quando os poços de alívio estiverem a ser construídos. Durante os períodos de descanso, as aberturas dos poços de alívio devem estar cobertas e devem ser colocados painéis de aviso à volta das aberturas.
 - 3) Na amostragem do solo de enchimento dos poços de alívio, deve ser utilizado equipamento especial.

6.4.3 A gunitagem de cortinas das fundações da barragem deve cumprir os seguintes requisitos:

- a) Materiais e pasta de gunitagem:
- 1) O tipo de cimento utilizado no processo de gunitagem deve ser determinado na concepção, em conformidade com a finalidade da gunitagem e o efeito de erosão das águas ambientais.
 - 2) O cimento utilizado na gunitagem deve cumprir as normas de qualidade e não deve ser utilizado cimento húmido e aglomerado. A água de gunitagem deve cumprir os requisitos do betão hidráulico de mistura.
 - 3) A injeção de cimento em estruturas hidráulicas utiliza geralmente pasta de cimento puro. Em condições geológicas especiais ou por exigências especiais, isto deve ser demonstrado por ensaios de gunitagem no local.
 - 4) De acordo com as necessidades de gunitagem, a pasta de cimento pode ser misturada com os seguintes aditivos:
 - Areia: deve ser areia natural dura ou artificial, a dimensão das partículas não deve ser superior a 2,5 mm, o módulo de finura não deve ser superior a 2,0, o teor de SO₃ deve ser inferior a 1%, o teor de lama não deve ser superior a 3% e o teor de matéria orgânica não deve ser superior a 3%.

- Solo resistente: o índice de plasticidade não deve ser inferior a 14, o teor de argila (dimensões inferiores a 0,005 mm) não deve ser inferior a 25%, o teor de areia não deve ser superior a 5%, o teor de matéria orgânica não deve ser superior a 3%;
 - Cinzas volantes: devem ser cinzas volantes seleccionadas, não devem ser mais espessas do que o cimento utilizado simultaneamente, a perda de ignição deve ser inferior a 8%, o teor de SO₃ deve ser inferior a 3%;
 - Vidro solúvel: o módulo deve estar entre 2,4 e 3,0, a concentração deve estar entre 30 e 45 graus Baumé;
 - Outro aditivo.
- 5) De acordo com as necessidades de gunitagem, os aditivos, como um acelerador, um agente reductor de água e um estabilizador, podem ser adicionados à pasta de cimento.
- 6) Os tipos e volumes de todos os tipos de aditivos e misturas devem ser determinados através de ensaios laboratoriais e de gunitagem em campo;

b) Leitança

- 1) Os materiais de leitança devem ser pesados, e o erro de pesagem deve ser inferior a 5%. O cimento e outros materiais em fase sólida devem aplicar o método de pesagem.
- 2) Todos os tipos de pastas devem ser mexidos uniformemente e a densidade da pasta deve ser medida.
- 3) O tempo de mistura da pasta de cimento puro não deve ser inferior a 3 minutos quando se utiliza um misturador comum e não deve ser inferior a 30 s quando se utiliza um misturador de alta velocidade. A pasta deve ser peneirada antes da utilização e o tempo entre a preparação e a utilização deve ser inferior a 4 horas.
- 4) À mistura da pasta de cimento fino com a pasta estabilizadora deve ser agregado um agente reductor de água e deve ser utilizado um misturador de alta velocidade. A velocidade do misturador de alta velocidade deve ser superior a 1200 rpm. O tempo de agitação deve ser determinado mediante ensaios. O tempo entre a preparação e a utilização da pasta de cimento fino deve ser inferior a 2 horas.
- 5) A pasta de cimento puro com uma relação água-cimento de 0,5: 1 deve ser preparada numa estação de leitança centralizada. O volume de aplicação da pasta deve estar entre 1,4 m/s e 2,0 m/s. A densidade da gunitagem deve ser medida e misturada em cada local de gunitagem.
- 6) Na estação fria, a sala das máquinas e a tubagem de gunitagem devem estar bem protegidas, de forma a evitar o frio e manter o calor. Durante a estação quente, devem ser implementadas medidas para evitar o calor e a insolação. A temperatura da pasta deve ser mantida entre 5 °C e 40 °C. Se a leitança for preparada com água quente, a temperatura da água não deve exceder 40 °C.

c) Equipamentos e ferramentas de gunitagem

- 1) A velocidade e a capacidade de mistura do misturador devem corresponder ao tipo de pasta de mistura e ao volume de descarga da bomba de gunitagem, respectivamente, e devem assegurar a mistura uniforme e contínua da pasta.
- 2) O desempenho da bomba de injeção deve estar em conformidade com o tipo e concentração da calda de injeção. A pressão de serviço admissível deve ser 1,5 vezes a pressão de gunitagem máxima e deve dispor de uma descarga suficiente e um desempenho de serviço estável. Na gunitagem de pasta de cimento puro, devem ser utilizadas bombas de injeção com êmbolo multi-cilindros.
- 3) A tubagem de gunitagem deve garantir o fluxo suave da calda de injeção e a capacidade de suportar a pressão de gunitagem máxima em 1,5 vezes.
- 4) Os manómetros devem ser montados na bomba de injeção e no orifício de aplicação da gunitagem. A pressão deve estar entre 1/4 e 3/4 do valor máximo do manómetro. Os manómetros devem ser verificados com frequência, sendo rigorosamente proibidos manómetros não aprovados e danificados. Deve haver um dispositivo de separação de pasta entre o manómetro e a tubagem.
- 5) O tampão de gunitagem deve ser compatível com o método de gunitagem, a pressão de gunitagem e as condições geológicas. O tampão de borracha (esfera) deve ter boa expansão e resistência à pressão, fechar com segurança a secção do orifício de aplicação da gunitagem à pressão de gunitagem máxima e ser fácil de montar e remover.
- 6) Quando a pressão de gunitagem for superior a 3 MPa, devem ser preparados e utilizados os seguintes equipamentos e ferramentas de gunitagem: bomba de injeção de alta pressão, cuja margem de oscilação de pressão não seja 20% superior à pressão de gunitagem; válvula de injeção resistente à corrosão; mangueira de borracha de fios entrançados; manómetro de grande alcance, cujo valor máximo deve estar entre 2,0 e 2,5 vezes a pressão de gunitagem máxima; vedante do orifício ou tampão de gunitagem especial de alta pressão;

d) Disposições gerais para a aplicação de gunitagem:

- 1) Antes do represamento, deve ser concluída a gunitagem de cortinas, a respectiva inspeção de qualidade e os trabalhos de aceitação abaixo do nível de água mínimo do reservatório na fase inicial do represamento. Após o represamento, deve ser realizada a gunitagem de cortinas quando o nível de água do reservatório for inferior à elevação do orifício.
- 2) A gunitagem da rocha-mãe na mesma secção deve ser executada seguindo a sequência da gunitagem de consolidação, seguida da gunitagem de cortinas.

- 3) A gunitagem de cortinas deve ser executada de acordo com o princípio do aumento da compactação em sequência. Para cortinas compostas por três linhas de furos, a gunitagem dos furos laterais deve ser executada em primeiro lugar e a gunitagem dos furos médios deve ser executada logo depois. A execução dos furos laterais deve ser dividida em três sequências e a execução dos furos médios deve ser dividida em duas ou três sequências. Para cortinas compostas por duas linhas de furos, é aconselhável aplicar gunitagem nos furos a jusante em primeiro lugar e aplicar gunitagem nos furos a montante logo em seguida. A execução de cada linha de furos deve ser dividida em três sequências. A execução de furos de gunitagem de cortinas numa linha individual deve ser dividida em três sequências.
- 4) Quando a gunitagem de cortinas aplica o método de gunitagem por secção de cima para baixo, numa secção da barragem ou num projecto unitário, a primeira sequência de furos numa linha sequencial posterior deve ser perfurada após a última sequência de furos na linha sequencial anterior ter sido preenchida ao longo de 15 m na rocha.

A diferença de altura de gunitagem do furo na rocha entre dois furos sequenciais adjacentes um ao outro na mesma linha e entre a primeira sequência de furos na linha sequencial posterior e a última sequência de furos na linha sequencial anterior correspondente não deve ser inferior a 15 m.

- 5) O furo de drenagem principal e o furo de observação da pressão de elevação atrás da cortina devem passar na inspecção de gunitagem das cortinas na parte correspondente antes da perfuração.
- 6) Os ensaios de gunitagem que podem provocar consequências adversas não devem ser realizados na linha da cortina durante a execução;

e) Perfuração

- 1) Os furos de gunitagem das cortinas devem ser perfurados com uma perfuradora rotativa e com uma coroa de diamantes ou uma perfuradora com ponta de carboneto.
- 2) O desvio entre a posição dos furos e a posição de concepção da gunitagem das cortinas não deve ser superior a 100 mm. É necessário obter autorização a nível de concepção quando se altera a posição do furo por qualquer motivo. A posição efectiva do furo deve ser registada. A profundidade do furo deve cumprir os requisitos de concepção.
- 3) Deve ser utilizado o diâmetro menor do furo de gunitagem das cortinas e a parede do furo deve ser recta e estar completa.
- 4) O furo de gunitagem das cortinas deve garantir uma orientação precisa. A montagem do aparelho de perfuração deve ser recta e estável. Os furos devem ser enterrados com o tubo com orifício. O eixo vertical do aparelho de perfuração e o tubo com orifício devem coincidir com a direcção do furo concebido. A perfuração deve utilizar a perfuradora de diâmetro longo e espesso e controlar devidamente a pressão de perfuração.
- 5) Deve ser medida a inclinação do furo de gunitagem das cortinas. Se o desvio exceder os requisitos, deve ser rapidamente corrigido ou devem ser tomadas medidas correctivas.

- 6) Para furos de gunitagem das cortinas com um ângulo vertical ou de vértice inferior a 5° , o desvio do fundo do furo não deve exceder 0,25 m (profundidade do furo 20 m), 0,50 m (profundidade do furo 30 m), 0,80 m (profundidade do furo 40 m).
 - 7) Para o furo inclinado com um ângulo de vértice superior a 5° , o valor máximo do desvio admissível do fundo do furo pode ser atenuado de acordo com a situação real e o valor do desvio de azimute não deve ser superior a 5° .
 - 8) Na perfuração de furos de gunitagem, a formação rochosa, a litologia e as várias condições dos furos devem ser detalhadamente registadas.
 - 9) Quando a perfuração for difícil, como é o caso das cavernas, dos furos abatidos ou das quedas de rochas, o furo pode ser injectado primeiro e perfurado logo depois. Caso se descubra que existem fugas de água concentradas, deve ser identificada a localização, a quantidade e a causa das fugas de água. Após o tratamento, a perfuração deve ser realizada novamente;
- f) Lavagem da perfuração e das fendas e ensaios de pressão da água:
- 1) Os furos (secções) de gunitagem devem ser lavados antes da gunitagem e a espessura do depósito dos furos não deve exceder 200 mm.
 - 2) A fenda nos furos (secções) de gunitagem das cortinas deve ser lavada com água de pressão antes da gunitagem até que a água de retorno esteja limpa. A pressão de lavagem pode ser 80% da pressão de gunitagem e, se o valor for superior a 1 MPa, o valor a adoptar deve ser 1 MPa.
 - 3) Em áreas com condições geológicas complexas, como cársico, falhas e fissuras grandes, deve determinar-se, por ensaios de gunitagem no local ou por projecto, se os furos de gunitagem das cortinas (segmentos) precisam de ser lavados e como devem ser lavados.
 - 4) Quando a gunitagem das cortinas adopta o método de secção de cima para baixo, o furo-piloto deve ser submetido ao ensaio de pressão da água de cima para baixo e a secção de gunitagem de cada furo de gunitagem sequencial deve ser submetida à pressão de água simples antes da gunitagem.
 - 5) Quando a gunitagem das cortinas aplica o método de gunitagem por secção de baixo para cima, o furo-piloto deve igualmente ser submetido ao ensaio de pressão da água de cima para baixo. Cada sequência de furos de gunitagem deve ser submetida a lavagem e a lavagem de fendas antes da gunitagem. Com excepção da secção inferior do furo, nenhuma secção de gunitagem deve ser submetida a lavagem de fendas e a pressão de água simples antes da gunitagem;
- g) Método de gunitagem e estilo de gunitagem:
- 1) Quando o comprimento da rocha-mãe do furo de gunitagem for inferior a 6 m, pode ser aplicado o método de gunitagem único de furo completo. Quando for superior a 6 m, pode ser aplicado o método de gunitagem por secção de cima para baixo, o método de gunitagem por secção de baixo para cima, o método de gunitagem geral ou o método de gunitagem de encerramento de furos.

- 2) Na gunitagem das cortinas, deve dar-se preferência ao método de gunitagem circular e a distância entre o tubo de gunitagem e o fundo do furo não deve ser superior a 500 mm.
 - 3) O comprimento da secção de gunitagem das cortinas deve ser entre 5 m e 6 m, que pode ser reduzido ou aumentado em circunstâncias especiais, mas não deve ser superior a 10 m.
 - 4) Quando é executada a gunitagem das cortinas, a secção de contacto do betão e da rocha-mãe da barragem deve ser injectada separadamente em primeiro lugar e deve ser solidificada, e o comprimento da secção de contacto na rocha não deve exceder 2 m.
 - 5) Ao aplicar o método de gunitagem por secção de cima para baixo: o tampão de gunitagem deve ser colocado 0,5 m acima da secção injectada, de forma a evitar fugas de gunitagem. Na secção sem jacto de água no orifício, não é necessária qualquer solidificação após a gunitagem. No entanto, em áreas complexas com condições geológicas complexas, como falhas e zonas de fractura, é preferível deixar solidificar. O tempo de solidificação deve ser determinado de acordo com as condições geológicas e os requisitos da engenharia.
 - 6) Se o comprimento da secção de gunitagem exceder 10 m, devem ser tomadas medidas correctivas quando for aplicado o método de gunitagem por secção de baixo para cima;
- h) Pressão de gunitagem e transformação da pasta:
- 1) A pressão de gunitagem deve ser determinada mediante ensaios de gunitagem ou pode ser calculada por fórmula ou de acordo com a experiência e depois ajustada durante a execução da gunitagem.
 - 2) Quando for executada a gunitagem circular, o manómetro deve ser montado na tubagem de retorno do orifício. Quando for executada a gunitagem por pressão pura, o manómetro deve ser montado no tubo de entrada do orifício. A leitura da pressão deve ser o valor médio do valor de oscilação do ponteiro do manómetro. Quando a pressão de gunitagem é 5 MPa ou superior, também o valor máximo pode ser lido. O intervalo de oscilação do ponteiro do manómetro deve ser inferior a 20% da pressão de gunitagem e a amplitude de oscilação deve ser registada.
 - 3) A gunitagem deve alcançar a pressão de concepção o mais cedo possível, mas, quando a taxa de injeção for elevada, deve ser escalonada para aumentar a pressão.
 - 4) A concentração de pasta deve ser de fina para espessa e mudar passo a passo. A relação água-cimento da pasta de gunitagem das cortinas pode adoptar sete relações, que são 5:1, 3:1, 2:1, 1:1, 0.8:1, 0.6:1, 0.5:1. A relação água-cimento no início da gunitagem pode ser 5:1.
 - 5) Transformação da pasta de gunitagem das cortinas: quando a pressão de gunitagem permanece inalterada, a taxa de injeção continua a diminuir, ou quando a taxa de injeção é constante e a pressão continua a aumentar, a relação água-cimento não deve ser alterada. Quando o volume de injeção de determinada pasta está acima de 300 l ou o tempo de injeção alcançou 1 hora e a pressão de gunitagem e a taxa de injeção se mantêm inalteradas ou a alteração não é significativa, deve ser alterada para um nível mais espesso. Quando a taxa de injeção for superior a 30 l/min, deve ser engrossada de acordo com a situação específica;

- i) Norma de finalização da gunitagem e método de vedação:
- 1) Quando a gunitagem das cortinas aplica o método de gunitagem por secção de cima para baixo, à pressão especificada, quando a taxa de injeção não for superior a 0,4 l/min/min, a gunitagem pode continuar durante 60 minutos. Ou quando não for superior a 1 l/min, a gunitagem pode continuar durante 90 minutos e ser concluída. Quando for aplicado o método de gunitagem por secção de baixo para cima, o tempo de gunitagem contínua pode ser reduzido, correspondentemente, para 30 minutos e 60 minutos e a gunitagem pode ser concluída.
 - 2) Quando a gunitagem das cortinas aplica o método de gunitagem por secção de cima para baixo, o furo de gunitagem deve ser vedado mediante o "método de vedação por gunitagem por pressão do segmento". Quando for adoptada a gunitagem por secção de baixo para cima, deve ser aplicado o "método de vedação por gunitagem por pressão e substituição" ou o "método de vedação por gunitagem por pressão";
- j) Tratamento de casos especiais:
- 1) Durante o processo de gunitagem, o transbordo e fugas de pasta devem ser tratados mediante métodos, como calafetagem, vedação superficial, pressão baixa, pasta espessa, limitação de corrente, limitação de volume, gunitagem intermitente, de acordo com as condições específicas.
 - 2) Quando a pasta for misturada durante o processo de gunitagem das cortinas, se o furo de mistura de pasta estiver em condições de gunitagem, esta deve ser executada ao mesmo tempo e a gunitagem de um furo deve ser realizada por uma bomba. Caso contrário, o orifício de mistura de pasta deve ser tapado. Após a conclusão da gunitagem, o furo com pasta deve ser varrido, lavado e, em seguida, perfurado e injectado.
 - 3) O trabalho de gunitagem deve ser executado continuamente. Se for interrompido por qualquer motivo, pode ser tratado de acordo com os seguintes princípios: a gunitagem deve continuar o mais rapidamente possível. Caso contrário, o furo deve ser imediatamente lavado e, logo depois, a gunitagem deve ser retomada. Se não puder ser lavado ou a lavagem for inválida, o furo deve ser varrido e, só então, a gunitagem é retomada. Quando for retomada, a gunitagem deve ser executada com a pasta de cimento do início da gunitagem. Se a taxa de injeção for semelhante à anterior à interrupção, a calda de injeção pode ser substituída pela pasta de cimento de antes da interrupção. Se a taxa de injeção diminuir mais do que antes da interrupção, a pasta deve ser engrossada passo a passo e depois continuar a ser injectada. Após a retoma da gunitagem, se a taxa de injeção for muito inferior à anterior à interrupção e a sucção for interrompida em pouco tempo, devem ser tomadas medidas correctivas.

- 4) Para a secção do furo de gunitagem com jacto de água no orifício, a pressão e volume do jacto de água devem ser medidos e registados antes da gunitagem. De acordo com a situação do jacto de água, podem ser tomadas as seguintes medidas para a execução do tratamento geral: gunitagem por secção de cima para baixo, aumento do comprimento da secção, gunitagem por alta pressão, fim da pasta espessa, peneiramento da pasta, encerramento da pasta, gunitagem por pressão pura, solidificação rápida da pasta a solidificar, gunitagem por pressão e vedação do furo.
 - 5) Quando a secção de gunitagem é injectada numa grande quantidade e é difícil terminar a gunitagem, podem ser executadas as seguintes medidas: pressão baixa, pasta espessa, limitação de corrente, limitação de volume, gunitagem intermitente, adição de coagulante acelerado na pasta, injeção de pasta estável ou pasta misturada. Após a secção ter sido tratada, o furo ainda deve ser varrido e a gunitagem deve ser executada de acordo com os requisitos técnicos até ao fim.
 - 6) Se a pasta de retorno se tornar mais espessa durante o processo de gunitagem, a nova pasta com a mesma relação água-cimento deve ser substituída para a aplicação de gunitagem. Se o efeito não estiver visível, a gunitagem pode ser interrompida após 30 minutos de gunitagem contínua;
- k) Inspeção de qualidade da engenharia:
- 1) A inspeção da qualidade da gunitagem das cortinas deve ser baseada nos resultados dos ensaios de pressão da água no furo, em conjunto com a análise dos dados de conclusão e nos resultados do ensaio, bem como na realização de uma avaliação geral.
 - 2) O furo de inspeção da gunitagem das cortinas deve ser feito nas seguintes partes:
 - na linha central da cortina;
 - nas partes com condições geológicas complicadas, como uma fractura, falha e macroporo de rocha;
 - próximo do furo com maior volume de injeção;
 - nas partes com desvio excessivo do furo, condições de gunitagem anormais e nas partes que afectam a qualidade da gunitagem das cortinas de acordo com os dados da análise.
 - 3) O número de furos de inspeção de gunitagem das cortinas deve ser 10% do número total de furos de gunitagem. Pelo menos um furo de inspeção deve ser colocado numa secção da barragem ou num projecto unitário.
 - 4) O ensaio de pressão da água do furo de inspeção de gunitagem das cortinas deve ser realizado 14 dias após o fim da gunitagem nesta parte.
 - 5) O furo de inspeção da gunitagem das cortinas deve ser submetido ao ensaio de pressão da água de cima para baixo com a secção tapada. O ensaio aplica o método dos cinco pontos ou o método do ponto único.

- 6) O furo de inspecção de gunitagem das cortinas deve adoptar o núcleo, calcular a taxa de aquisição e descrevê-la.
- 7) O ensaio de qualidade da pressão da água de gunitagem das cortinas, a taxa de aprovação do betão da barragem e a secção de contacto da rocha-mãe e a secção seguinte devem ser 100%. A taxa de aprovação das secções seguintes deve ser acima de 90%, o valor de permeabilidade da secção não aprovada não deve exceder 100% do valor de concepção estipulado, que não está concentrado, e a qualidade de gunitagem pode considerar-se aprovada.
- 8) Devem ser colhidas amostras da qualidade do furo de vedação de gunitagem das cortinas.

6.5 Trabalhos de betão

6.5.1 Cofragem

6.5.1.1 A selecção do tipo de cofragem deve cumprir os seguintes requisitos:

- a) O tipo de cofragem deve ser compatível com as características das estruturas e o método de construção;
- b) Para o betão maciço com estrutura simples, como barragens de gravidade e barragens de gravidade em arco, deve ser adoptada a cofragem combinada grande, especialmente a cofragem em consola. Para estruturas tipo placa, tipo viga e tipo coluna, deve ser adoptada a cofragem combinada;
- c) Para estruturas com secções curvas, cujas superfícies devem ser lisas, como pilares, barragens em arco fino, superfícies de barragens de transbordo e veios de poços, a primeira escolha deverá ser a cofragem de aço deslizante;
- d) Para estruturas longas com as mesmas secções, como túneis e coroas de centrais eléctricas, deve ser adoptada a cofragem móvel, como transportadores de moldes de aço;
- e) Para estruturas não uniformizadas, como superfícies deformadas de entradas de água, volutas e curvas em cotovelo, pode ser utilizada a cofragem de madeira quando a cofragem combinada de aço não puder ser adoptada nestas estruturas;
- f) A cofragem de betão armado pré-fabricado pode ser adoptada em partes com exigências especiais, como partes anti-decapagem de superfícies de passagem de fluxo de pilares, partes com requisitos estéticos e partes de suporte de cargas de galerias no corpo da barragem;
- g) Em algumas partes com condições adequadas, pode ser utilizado solo para construir anéis em arco ou placas de cobertura.

O grau de compactação do solo de enchimento deve ser superior a 90%. Deve haver uma camada protectora na superfície do solo e essa camada deve ser fácil de descolar do molde e ser suficientemente resistente e lisa. Devem ser tomadas medidas para proteger o solo da erosão hídrica.

6.5.1.2 A cofragem e os suportes devem cumprir os seguintes requisitos:

- a) Devem ser suficientemente resistentes, rígidos e estáveis;
- b) Garantir que a forma, as dimensões e a posição relativa das estruturas cumprem os requisitos de concepção aquando do lingotamento do betão. Todos os erros devem estar dentro dos limites admissíveis;
- c) A superfície de cofragem deve estar limpa e lisa, e as costuras devem estar bem unidas;
- d) A cofragem deve ser económica, duradoura e fácil de executar, montar e desmontar. Tentar serializar e uniformizar a produção da cofragem;
- e) O aço, especialmente o aço carbono estrutural, a madeira e outros materiais novos devem ser utilizados para produzir a cofragem e os suportes. Deve ser utilizado o mínimo de madeira possível. O aço carbono estrutural pode ser utilizado para material de aço. O grau da madeira não deve ser inferior a III. Madeira decadente, seriamente torcida ou escovada não deve ser utilizada para produzir a cofragem.

6.5.1.3 A concepção da cofragem e dos suportes deve cumprir os seguintes requisitos:

- a) A cofragem para estruturas importantes e alguns tipos especiais de cofragem, como a cofragem de suporte de cargas, móvel, deslizante e permanente, devem ser especialmente estruturadas e os requisitos de material, produção, montagem, utilização e processo de desmontagem também devem ser indicados;
- b) Para a concepção da cofragem e dos suportes, devem ser consideradas as cargas seguintes. Para o cálculo das cargas, consultar o Apêndice E.
 - 1) Peso morto da cofragem e dos suportes.
 - 2) Peso das barras de aço e das peças incorporadas.
 - 3) Peso do betão fresco.
 - 4) Cargas de pessoas, equipamentos de lingotamento e máquinas de transporte.
 - 5) Cargas dinâmicas de betão vibratório.
 - 6) Pressão lateral do betão fresco sobre a cofragem.

- 7) Pressão de elevação do betão fresco sobre a cofragem.
- 8) Cargas dinâmicas do lingotamento de betão.
- 9) Cargas devidas ao vento.
- 10) Outras cargas;
- c) No cálculo da resistência e da rigidez da cofragem e dos suportes, a combinação de carga para os piores cenários indicada no Quadro 16 deve ser escolhida de acordo com o tipo de cofragem utilizada;

Quadro 16 Combinações de carga frequentemente utilizadas na cofragem

N.º	Tipo de cofragem	Combinação de carga (Os números dizem respeito aos indicados no ponto 6.5.1.3 b))	
		Cálculo da resistência	Cálculo da rigidez
1	Cofragem da parte inferior das placas e da estrutura	1) +2) +3) +4)	1) +2) +3) +4)
2	Cofragem da parte inferior das placas espessas, vigas e arcos	1) + 2) + 3) +4) +5)	1) + 2) + 3) + 4) + 5)
3	Cofragem vertical lateral de vigas, arcos, colunas (comprimento lateral ≤ 300 mm), paredes (espessura ≤ 400 mm)	5) +6)	6)
4	Cofragem vertical lateral para estruturas de grandes dimensões, placas espessas, colunas (comprimento lateral > 300 mm), paredes (espessura > 400 mm)	6) +8)	6) +8)
5	Cofragem em consola	1) + 2) + 3) + 4) +5) + 8)	1) +2) +3) +4) +5) +8)
6	Carrinho de cofragem para revestimento de túneis	1) +2) +3) +4) +5) +6) +7)	1) +2) +3) +4) +5) +7)
NOTA	A carga 8) deve ser considerada quando a carga dinâmica de lingotamento de betão tem uma grande influência na capacidade de carga e na deformação da cofragem.		

- d) Ao verificar a estabilidade da resistência à capotagem da cofragem e suportes de carga, deve ser inspeccionado o momento da perda de controlo, o momento de estabilização e o coeficiente de estabilidade da resistência à capotagem. As cargas devidas ao vento, as forças horizontais máximas possíveis e os momentos de perda de controlo provocados por forças horizontais de 1,5 kN/m que actuam na aresta da cofragem de suporte de cargas devem ser calculados, de forma a determinar o valor máximo entre eles. Ao calcular o momento de estabilização, o peso morto da cofragem e dos suportes deve ser multiplicado por 0,8 e o peso das barras de aço deve ser incluído, se estas tiverem sido montadas. O coeficiente de estabilidade de resistência à capotagem deve ser superior a 1,4;
- e) Ao verificar a rigidez da cofragem e dos suportes, a distorção não deve ser superior aos seguintes valores:

- 1) Para a cofragem de superfícies expostas das estruturas, a distorção máxima é 1/400 do vão dos elementos da cofragem.
- 2) Para a cofragem de superfícies ocultas das estruturas, a distorção máxima é 1/250 do vão dos elementos da cofragem.
- 3) A distorção compressiva e a deformação flexível dos suportes não devem ser superiores a 1/1.000 do vão calculado das estruturas.

6.5.1.4 O erro admissível na produção da cofragem deve estar em conformidade com os requisitos de concepção da cofragem e não deve ser superior aos valores indicados no Quadro 17.

Quadro 17 Erro admissível na produção da cofragem

Unidade: mm

N.º	Elementos	Erro admissível
1	Cofragem de madeira	
	1) Comprimento e largura da cofragem;	±3
	2) Diferença de elevação entre as superfícies de duas placas adjacentes;	1
	3) Irregularidade da cofragem (verificada por réguas de 2 m);	5
	4) Largura das folgas entre placas	1
2	Cofragem em aço	
	1) Comprimento e largura da cofragem;	±2
	2) Irregularidade da cofragem (verificada por réguas de 2 m);	2
	3) Posição dos furos dos acessórios de ligação	±1
NOTA	Os erros admissíveis de algumas cofragens especiais, como a cofragem heteromórfica (volutas, tubos de aspiração), deslizante, móvel e permanente, devem estar em conformidade com os requisitos de concepção.	

6.5.1.5 A montagem da cofragem deve cumprir os seguintes requisitos:

- a) A cofragem deve ser montada de acordo com o definido nos desenhos de projecto. Devem ser criados mais pontos de controlo nas estruturas importantes;
- b) Os suportes da cofragem devem ser baseados em fundações sólidas ou betão antigo e dispor de uma área de suporte de carga suficiente. Devem ser tomadas medidas para evitar qualquer movimento deslizante das braçadeiras diagonais. Devem ser tomadas medidas de impermeabilização em zonas de loesse dobrável. Devem ser tomadas medidas anti-congelamento e descongelamento em áreas que dispõem de um solo com expansão induzida pela geada;
- c) Deve haver barras fixas resistentes entre as colunas de suporte dos suportes e dos andaimes;
- d) As escoras de aço da cofragem não devem ser dobradas e o diâmetro deve ser superior a 8 mm. As escoras devem ser fixadas aos anéis de ancoragem de modo resistente. Os elementos de ancoragem, como parafusos e anéis de barras de aço, devem ser suficientemente resistentes quando suportam cargas;

- e) Os pilares dos suportes multi-camadas devem ser verticais, os pilares em diferentes camadas devem estar na mesma linha central, a madeira de fundo transversal dos suportes deve ser uniforme e devem ser implementadas medidas estruturais eficazes para garantir a estabilidade;
- f) Se o vão de uma viga ou placa de betão armado moldado no local não for inferior a 4 m, a cofragem deve apresentar uma curvatura em arco. Se não existir qualquer norma específica de concepção, a altura da curvatura em arco deve estar na faixa entre 2/1000 e 3/1000 do comprimento do vão.
- g) As juntas da cofragem devem estar apertadas e não devem apresentar fugas. Deve ser espalhado um produto anti-aderente na superfície entre a cofragem e o betão. As manchas de lama, cimento e óleo na cofragem reutilizável devem ser limpas;
- h) Durante o lingotamento, a cofragem deve ser inspeccionada pelos supervisores em qualquer altura. No caso de ocorrer algum problema, como distorções ou fugas, devem ser tomadas medidas atempadas;
- i) Caso não sejam indicados requisitos nos documentos de concepção, o erro admissível de montagem da cofragem deve cumprir os requisitos do Quadro 18.

Quadro 18 Erro admissível de montagem da cofragem

Unidade: mm

N.º	Elementos		Superfície exterior	Superfície exterior
1	Regularidade da Cofragem	Diferença de elevação entre as superfícies de duas placas adjacentes	2	5
		Regularidade da superfície (verificação por réguas de 2 m)	5	10
2	Betão maciço Estruturas	Erro entre a linha limite real e a linha limite de concepção	10	15
		Dimensões internas da secção horizontal	±20	
3	Estruturas de betão não maciço	Posição do eixo		5
		Dimensões internas da secção	Fundações	±10
			Pilar, parede, coluna, viga	±5
		Desvio vertical	Altura ±5 m	6
Altura >5 m	8			
4	Elevação da superfície da cofragem da parte inferior para suporte de cargas		±5	
5	Dimensões e posicionamento dos furos pré-formados		10	

6.5.1.6 O tempo de remoção da cofragem de betão moldado no local deve cumprir os requisitos de concepção. Se a concepção não estabelecer normas, o tempo de remoção deve cumprir os seguintes requisitos:

- a) A cofragem lateral de estruturas de suporte sem carga não deve ser removida até que a resistência do betão esteja superior a 2,5 MPa ou que a superfície e as arestas não sejam danificadas durante o processo de remoção;

- b) Para cofragens e suportes de carga, a resistência do betão deve cumprir os requisitos do Quadro 19;
- c) O tempo de remoção de alguns elementos cuja temperatura tem de ser controlada para evitar fendas deve ser decidido cuidadosamente.

Quadro 19 Resistência necessária do betão de estruturas moldadas no local para a remoção da cofragem

Tipo de estrutura	Vão da estrutura (m)	Percentagem do valor padrão da resistência projectada do betão (%)
Placa	≤ 2	50
	$>2, \leq 8$	75
	>8	100
Viga, arco, estrutura	≤ 8	75
	>8	100
Elemento em consola	≤ 2	75
	>2	100
NOTA	O valor padrão da resistência projectada do betão diz respeito à resistência do betão à compressão, correspondente ao grau projectado do betão.	

6.5.2 Barras de aço

6.5.2.1 As barras de aço devem cumprir os seguintes requisitos:

- a) Os graus e especificações das barras de aço utilizados nas estruturas de betão armado devem cumprir os requisitos dos documentos de concepção e as barras de aço laminadas a quente devem estar em conformidade com os requisitos;
- b) As barras de aço devem ter certificados de garantia de qualidade de fábrica. Antes de as barras serem utilizadas, devem ser realizados ensaios de resistência ao alongamento, de resistência à tracção, de alongamento pós-fractura e de flexão a baixas temperaturas, de acordo com as normas. Para barras de aço com "E" adicionado nos graus, os dados de ensaio de alongamento máximo total devem ser adicionados, e a relação entre a resistência à tracção e a resistência ao alongamento medida não deve ser inferior a 1,25. A relação entre a resistência ao alongamento medida e o valor característico da resistência ao alongamento não deve ser superior a 1,30. Por fim, o alongamento máximo total não deve ser inferior a 9%. As juntas soldadas para barras de aço a soldar devem ser inspeccionadas por amostragem. As barras de aço com graus desconhecidos ou características anormais em uso não devem ser utilizadas até passarem na inspecção, mas também não devem ser utilizadas em elementos importantes das estruturas de suporte de cargas;
- c) A substituição das barras de aço deve cumprir os requisitos das especificações de concepção actual relativamente a estruturas hidráulicas de betão armado e deve ser acordada pela organização da concepção.

6.5.2.2 O processamento de barras de aço deve cumprir os seguintes requisitos:

- a) A superfície das barras de aço deve estar limpa. As manchas e restos de óleo na superfície devem ser removidos antes do processamento das barras de aço. As barras de aço devem ser rectas e não apresentar dobras parciais. As cicatrizes aparentes nas barras de aço após o processamento não devem reduzir a área seccional de uma barra de aço em mais de 5%. O ângulo de curvatura, o raio e a forma das barras de aço devem cumprir os requisitos dos desenhos de concepção. Se a concepção não estabelecer normas, todas as extremidades das barras de aço em vara de tracção devem ser dobradas em ganchos semi-circulares, cujo diâmetro interior não deve ser 2,5 vezes inferior ao diâmetro da barra de aço e cujas partes rectas não devem ser 3 vezes inferiores ao diâmetro da barra de aço;
- b) O erro admissível no processamento de barras de aço deve cumprir os requisitos do Quadro 20.

Quadro 20 Erro admissível no processamento de barras de aço

Unidade: mm

N.º	Elementos	Erro admissível
1	Comprimento total das barras porta-cargas ao longo da direcção do comprimento	±10
2	Posição inicial dos ganchos nas extremidades das barras	±20
3	O comprimento de cada parte do estribo	±5

6.5.2.3 As juntas das barras de aço devem cumprir os seguintes requisitos:

- a) Quando existem requisitos especiais de concepção, as juntas das barras de aço devem ser construídas de acordo com os requisitos de concepção. As barras de aço tensionadas longitudinais devem ser colocadas onde os elementos estão menos tensionados e escalonados. O modo de ligação das juntas das barras de aço é escolhido de acordo com as características do material das barras de aço, e as juntas soldadas ou mecânicas devem ser utilizadas para reforçar as juntas das barras de aço. Os elementos de tensão axial, os elementos de tensão excêntrica pequenos, os componentes de suporte de vibrações e as juntas das barras de aço de tensão longitudinal não devem utilizar juntas de ligação. A cofragem soldada com barras de aço de tensão bilateral não deve utilizar juntas de ligação. As barras de tensão com diâmetros superiores a 28 mm ou barras de aço de compressão com diâmetros superiores a 32 mm não devem utilizar juntas de ligação;
- b) A soldadura topo a topo pela acção de faíscas deve ser adoptada no processamento das juntas das barras de aço. Quando a soldadura topo a topo pela acção de faíscas não puder ser executada, deve ser executada a soldadura por arco (soldadura sobreposta, soldadura com vareta, soldadura em junta) e ligações mecânicas (junta de rosca cónica espessa do pilar, junta de rosca recta espessa do pilar, junta de rosca recta da banda da nervura).
 - 1) Uma junta de barra de aço laminada a quente com diâmetro superior a 28 mm pode ser soldada por soldadura em junta, soldadura com junta estreita ou soldadura em barras. Juntas de barras de aço laminadas a quente com diâmetro inferior ou igual a 28 mm podem ser soldadas por soldadura sobreposta manual por arco e soldadura topo a topo pela acção de faíscas (processamento industrial).
 - 2) Uma junta de barras de aço com um diâmetro entre 20 mm e 40 mm deve ser soldada por soldadura de contacto por arco voltaico em escória (vertical) e por soldadura pneumática, mas quando o diâmetro for superior a 28 mm, o método de soldadura deve ser testado e demonstrado antes da utilização. É inapropriado utilizar a soldadura de contacto por arco voltaico em escória e a soldadura por pressão de gás nas juntas soldadas que apresentam soldabilidade fraca.

- 3) As juntas de barras de aço HRB335 e HRB400 com especificações na faixa entre 16 mm e 40 mm podem ser ligadas mecanicamente. Quando for adoptada uma ligação de rosca recta, o comprimento das roscas de duas barras de aço ligadas que entram nas mangas deve ser o mesmo;
- c) Na construção de campo, pode ser adoptada a soldadura sobreposta por união, a soldadura manual por arco (soldadura sobreposta, soldadura por barras, soldadura em juntas e soldadura com junta estreita), a soldadura pneumática e a ligação mecânica. A soldadura de contacto por arco voltaico em escória deve ser utilizada na soldadura de barras de aço verticais ou oblíquas (cuja inclinação se encontra na faixa 1: 0,5);
- d) Na reticulação de barras de aço, deve ser utilizada a soldadura de contacto por pontos em vez da soldadura manual por arco eléctrico;
- e) O índice de desempenho de uma junta de barra de aço com ligação mecânica deve estar em conformidade com a norma de Grau I. Após verificação e confirmação, podem ser utilizadas juntas de Grau II e Grau III.
 - 1) Grau I A resistência à tracção da junta não é inferior à resistência à tracção real da barra de aço a ligar, nem 1,1 vezes inferior à resistência à tracção padrão, a distorção residual é ligeira e a junta apresenta alta ductilidade e características de tensão e compressão repetidas.
 - 2) Grau II. A resistência à tracção da junta não é inferior à resistência à tracção real da barra de aço a ligar, a distorção residual é ligeira e a junta apresenta alta ductilidade e características de tensão e compressão repetidas.
 - 3) Grau III: A resistência à tracção da junta não é 1,25 vezes inferior à resistência de alongamento padrão da barra de aço a ligar, a distorção residual é ligeira e a junta apresenta certa ductilidade e características de tensão e compressão repetidas;
- f) Quando as condições de construção são limitadas ou especialmente demonstradas, o tipo de ligação da barra de aço pode ser determinado de acordo com as condições do local;
- g) As manchas de ferrugem, tinta e graxa na área de soldadura devem ser limpas antes das barras de aço serem soldadas;
- h) Deve haver medidas de protecção contra o vento e a neve para barras de soldadura em temperaturas negativas. As varetas de soldar de alta qualidade devem ser escolhidas para a soldadura manual por arco, e deve evitar-se a geada e a neve imediatamente após a soldadura. Devem ser implementadas medidas especiais de isolamento térmico e de protecção contra o vento quando a soldadura é executada abaixo dos -15 °C. Devem ser implementadas medidas fiáveis de impermeabilidade à chuva e de segurança, caso a soldadura seja executada no exterior em dias chuvosos. A soldadura não deve ser executada a uma temperatura inferior a -20 °C;

- i) Os soldadores de barras de aço devem ser certificados.

6.5.2.4 A montagem de barras de aço deve cumprir os seguintes requisitos:

- a) Ao montar barras de aço, os parâmetros, como posicionamento, distância, camada protectora e dimensões das barras de distribuição, devem cumprir os requisitos de concepção. O desvio em relação a estes parâmetros não deve ser superior aos valores indicados no Quadro 21;
- b) A espessura da camada protectora deve ser rigorosamente controlada quando as barras de aço estiverem a ser montadas. Debaixo das barras ou entre as barras e a cofragem, devem ser colocadas quantidades suficientes de betão aprovado ou blocos de almofadas de amortecimento de argamassa, cuja resistência seja superiores à resistência de concepção. Os fios de ferro devem ser incorporados nos blocos das almofadas de amortecimento nas laterais e fixados às barras de aço. A disposição de todos os blocos de almofadas de amortecimento deve ser dispersa e escalonada;
- c) Para barras de camada dupla ou multi-camadas, devem ser tomadas medidas eficazes, como a utilização de barras curtas entre as folgas, de forma a manter as barras na posição correcta;

Quadro 21 Erro admissível na montagem de barras de aço

N.º	Designação do desvio	Erro admissível
1	Desvio longitudinal das barras de aço	$\pm 1/2$ da espessura da camada protectora
2	Desvio parcial de barras porta-cargas na mesma linha: 1) Coluna e viga 2) Placa e parede	$\pm 0,5d$ (d é o diâmetro das barras) $\pm 1/10$ do espaço entre linhas
3	Desvio na distância entre barras dispostas na mesma linha	$\pm 1/10$ do espaço entre linhas
4	Desvio parcial das barras entre linhas adjacentes	$\pm 1/10$ da distância entre linhas
5	Desvio da distância do estribo na viga e na coluna	$1/10$ da distância do estribo
6	Desvio parcial da espessura da camada protectora	$\pm 1/4$ da espessura da rede da camada protectora

- d) A ligação cruzada das barras de aço entre redes de aço soldadas ou ligadas deve ser realizada de acordo com o disposto nos documentos de concepção. Se os documentos de concepção não apresentarem especificações aplicáveis e o diâmetro da barra de aço for inferior a 25 mm, a menos que os pontos de cruzamento das duas linhas periféricas das barras de aço no interior das lajes do piso e das paredes devam ser fixados ponto a ponto, os restantes pontos de cruzamento devem ser fixados em todos os outros pontos;
- e) A malha da barra de suporte de cargas bidireccional no interior das lajes deve ser apertada em todos os pontos de cruzamento. Para colunas e vigas de barras de aço, os pontos de cruzamento das barras principais e dos estribos em pontos de viragem devem ser apertados e deve ser realizada a ligação na parte central em todos os outros pontos de cruzamento;

- f) Para barras de aço HRB235 e HRB335 ou barras de aço com diâmetro superior a 16 mm e se a secção dos varões não acabar danificada, a ligação dos pontos de cruzamento na montagem da barra de aço pode ser substituída pela soldadura por pontos mediante soldadura manual por arco. No entanto, a soldadura deve ser executada com eléctrodos finos e baixa corrente e a aparência deve ser rigorosamente inspeccionada. As barras de aço não devem apresentar cortes ou fendas visíveis;
- g) As hastes dos suportes devem ser montadas antes da montagem das barras de aço e as barras de aço com um diâmetro não inferior a 22 mm devem ser seleccionadas para as hastes dos suportes. As barras de aço montadas devem apresentar rigidez e estabilidade suficientes. No processo de transporte e montagem, deve evitar-se a distorção, soldadura e afrouxamento da ligação pré-fabricada da malha de soldadura da barra de aço e da cofragem dos varões;
- h) As barras de aço devem ser devidamente protegidas em tempo hábil, de forma a evitar deslocamentos, distorções e corrosão após a montagem. Devem ser realizadas inspecções detalhadas e os registos das inspecções devem ser concluídos antes de o betão ser vertido. Se forem expostas durante um longo período, as barras de aço aprovadas devem ser avaliadas e aprovadas, de forma a serem aprovadas antes do lingotamento do betão;
- i) No lingotamento do betão, a equipa de serviço deve estar preparada para inspeccionar regularmente a posição de montagem das barras de aço. Caso seja encontrada qualquer alteração, a posição deve ser rectificada em tempo útil e as barras de aço não devem ser movidas ou cortadas sem autorização.

6.5.3 Betão

6.5.3.1 Os requisitos tecnológicos de qualidade do cimento devem cumprir os seguintes requisitos:

- a) A qualidade do cimento deve cumprir os requisitos das normas nacionais vigentes. O cimento transportado para o estaleiro deve apresentar relatórios de ensaios de qualidade e a estabilidade e resistência do cimento devem ser novamente testadas em laboratório. Os métodos de ensaios devem cumprir os seguintes requisitos:
 - 1) Cada 200 t de cimento com o mesmo tipo e grau de resistência devem ser consideradas uma unidade de amostragem. Se o peso total for inferior a 200 t, também deverá ser considerado uma unidade de amostragem. Colher amostras equivalentes de 20 partes diferentes do cimento, misturar completamente e considerá-las uma amostra geral, cujo peso não deve ser inferior a 12 kg.
 - 2) Se necessário, aplicar o método de ensaios rápidos para prever a resistência do cimento em 28 dias, como base para o controlo da produção do betão e realizar a projecção da proporção de mistura;
- b) O tipo de cimento deve ser escolhido mediante os requisitos de concepção e as condições de aplicação. Os princípios de selecção são os seguintes:
 - 1) O cimento Portland deve ser a primeira escolha para zonas de variação do nível de água ou com requisitos especiais, como resistência à geada, à decapagem e ao desgaste.

- 2) O cimento com escória, com cinzas volantes ou o pozolânico deve ser escolhido para partes subaquáticas que não podem ser decapadas ou para o interior de componentes de construção maciços.
 - 3) O cimento Portland de calor médio, de calor baixo e o cimento Portland comum são adequados para betão interno, betão subaquático e betão para fundações. Também pode ser utilizado o cimento expansivo de calor baixo, o cimento Portland com escória de calor baixo, o cimento Portland com escória de alto-forno, o cimento Portland pozolânico e o cimento Portland com cinzas volantes.
 - 4) Deve ser escolhido o cimento Portland resistente ao sulfato quando a água ambiental contém sulfato que afecta o betão;
- c) O grau de resistência do cimento deve estar de acordo com a resistência de concepção do betão e não deve ser inferior a 32,5 MPa. O grau de resistência do betão nas zonas de variação do nível de água ou com requisitos especiais, como a resistência à geadas, à decapagem e ao desgaste, não deve ser inferior a 42,5 MPa;
 - d) O cimento deve ser armazenado por diferentes tipos, graus de resistência, marcas e lotes. É necessário ter em consideração a protecção contra chuvas e humidade no processo de transporte e conservação. O cimento cuja qualidade diminuiu de forma evidente devido ao armazenamento inadequado ou que foi produzido em sacos há três meses ou a granel há seis meses deve ser novamente verificado para determinar se o cimento está ou não aprovado para uso;
 - e) Não devem ser usados mais de três tipos de cimento em cada parte do projecto. Os diferentes tipos de cimento não devem ser misturados no uso, a menos que essa mistura tenha sido demonstrada mediante ensaios.

6.5.3.2 Os detritos e os calhaus podem ser utilizados como agregados grossos para o betão e devem cumprir os seguintes requisitos técnicos de qualidade:

- a) Os agregados grossos devem ser duros, limpos e bem empedrados. A poeira, a lama ou as contaminações devem ser removidas em tempo útil;
- b) O diâmetro máximo dos agregados grossos não deve ser superior a 1/4 das dimensões da secção transversal da estrutura de betão e 2/3 do espaçamento da barra de aço mínima da rede, nem superior a 1/2 da espessura da laje de betão liso. Para estruturas de betão com poucas ou nenhuma barras, devem ser escolhidos agregados grossos grandes;
- c) Durante a construção, os detritos e calhaus devem ser divididos em vários graus de acordo com a granulometria da seguinte forma:
 - 1) Quando a granulometria máxima for de 40 mm, dividir entre 5 mm e 20 mm e entre 20 mm e 40 mm.
 - 2) Quando a granulometria máxima for de 80 mm, dividir entre 5 mm e 20 mm, entre 20 mm e 40 mm e entre 40 mm e 80 mm.

- 3) Quando a granulometria máxima for de 150 (ou 120) mm, dividir entre 5 mm e 20 mm, entre 20 mm e 40 mm, entre 40 mm e 80 mm e entre 80 mm e 150 (ou 120) mm;
- d) O teor de sobredimensionamento e subdimensionamento em cada grau deve ser rigorosamente controlado. Para ensaios de filtração em perfurações circulares, a norma de controlo é que o teor de sobredimensionamento deve ser inferior a 5% e, por outro lado, o teor de subdimensionamento deve ser inferior a 10%. Quando é realizada a inspeção com uma peneira de sobre e subdimensionamento (furo quadrado), a norma de controlo é que não deve ocorrer qualquer sobredimensionamento e, por outro lado, o subdimensionamento não seja superior a 2%.
- e) Deve ser realizada uma verificação especial aos detritos ou calhaus que contêm granulados activos ou ferrugem amarela;
- f) O valor do índice de britagem dos agregados grossos deve estar em conformidade com o Quadro 22 e outros requisitos de qualidade devem estar em conformidade com o Quadro 23.

6.5.3.3 Pode ser adoptada areia natural ou artificial como agregados finos para o betão e a sua tecnologia de qualidade deve cumprir os seguintes requisitos:

- a) Os agregados finos devem ser duros, limpos e bem empedrados e a qualidade deve cumprir os requisitos do Quadro 24;
- b) O teor de humidade superficial dos agregados finos não deve exceder 6% e deve permanecer estável. Se necessário, devem ser implementadas medidas de desidratação acelerada;
- c) O uso de areia de montanha, areia de praia, areia grossa e areia extra fina deve ser testado e demonstrado;
- d) Quando existem agregados activos nos agregados finos, devem ser realizados ensaios especiais.

Quadro 22 Valores do índice de britagem para agregados grossos

N.º	Tipo de agregado		Grau de resistência à britagem do betão envelhecido da estrutura	
			≥30 MPa	<30 MPa
1	Cascalho	Rochas sedimentares	≤10	≤16
		Rochas metamórficas	≤12	≤20
		Rochas ígneas	≤13	≤30
2	Paralelepípedos		≤12	≤16

Quadro 23 Outros requisitos de qualidade para agregados grossos

N.º	Elemento		Índice
1	Teor de lama (%)	Grau de granulometria D20 e D40	≤1
		Grau de granulometria D80, D150 (D120)	≤0,5
2	Firmeza (%)	Betão com requisitos de resistência à geadas e à corrosão	≤5
		Betão sem requisitos de resistência à geadas	≤12
3	Teor de partículas macias (%)	Grau de resistência ao envelhecimento de concepção >30 MPa ou betão com requisitos de resistência à geadas	≤5
		Grau de resistência ao envelhecimento de concepção <30 MPa	≤10
4	Absorção de água (%)	Betão com requisitos de resistência à geadas e à corrosão	≤1,5
		Betão sem requisitos de resistência à geadas	≤2,5
5	Teor de partículas em agulha e placa (%)	Grau de resistência ao envelhecimento de concepção >30 MPa ou betão com requisitos de resistência à geadas	≤15
		Grau de resistência ao envelhecimento de concepção <30 MPa	≤25
6	Densidade aparente (kg/m ³)		≥2550
7	Teor de sulfatos e sulfuretos (%)		≤0,5
8	Teor de matéria orgânica		Menor do que o normal
9	Teor de grumos de argila		Não permitido

Quadro 24 Requisitos de qualidade para agregados finos

N.º	Elemento		Índice	
			Areia natural	Areia artificial
1	Densidade aparente (kg/m ³)		2500	
2	Módulo de fineza		2,2~3,0	2,4~2,8
3	Teor de pó de pedra (%)		—	6~18
4	Teor de humidade superficial (%)		≤6	
5	Teor de lama (%)	Grau de resistência ao envelhecimento projectado ≥30 MPa ou betão com requisitos de resistência à geadas	≤3	—
		Grau de resistência ao envelhecimento de concepção <30 MPa	≤5	
6	Firmeza (%)	Betão com requisitos de resistência à geadas e à corrosão	≤8	
		Betão sem requisitos de resistência à geadas	≤10	
7	Teor de grumos de argila		Não permitido	

Quadro 24 (continuação)

N.º	Elemento	Índice	
		Areia natural	Areia artificial
8	Teor de sulfureto e sulfato (%)	≤1	
9	Teor de mica (%)	≤2	
10	Matérias leves nos agregados (%)	≤1	—
11	Teor de matéria orgânica	Menor do que o normal	Não permitido

6.5.3.4 A água utilizada na mistura e manutenção do betão deve cumprir os seguintes requisitos:

- a) Todas as águas que respeitem as normas de água potável podem ser utilizadas, não devendo ser utilizados as águas residuais industriais e domésticas não tratadas;
- b) As águas superficiais, subterrâneas e outros tipos de água que tenham passado na inspeção em relação ao cumprimento das normas podem ser utilizadas na mistura e manutenção do betão. Os dados e normas de inspeção também devem cumprir os seguintes requisitos:
 - 1) As amostras de água de mistura do betão e de água potável devem ser testadas para comparar o tempo de presa do cimento. A diferença do tempo de presa inicial do betão e a diferença do tempo de presa final do betão não devem ser superiores a 30 minutos.
 - 2) As amostras de água de mistura do betão e água potável devem ser testadas para comparar a resistência da argamassa de cimento. A resistência ao envelhecimento de 3 dias e 28 dias da argamassa de cimento preparada com amostras de água testadas não deve ser superior em 90% à da argamassa de cimento preparada com água potável.
 - 3) A água de mistura do betão deve cumprir os requisitos do Quadro 25.

6.5.3.5 Os aditivos do betão devem cumprir os seguintes requisitos:

- a) A qualidade dos aditivos misturados no betão deve cumprir os requisitos das normas nacionais vigentes. A dosagem dos aditivos deve ser determinada mediante ensaios;
- b) Além da cinza volante que é frequentemente utilizada, outros aditivos, como pó de silício, tufo e escórias fosforosas, podem ser utilizados de acordo com as condições locais.

Quadro 25 Requisitos da água de mistura do betão

Elemento	Betão armado	Betão plano
Valor de pH	≥4,5	≥4,5
Substância insolúvel (mg/L)	≤2000	≤5000
Substância solúvel (mg/L)	≤5000	≤10000
Cloreto, CL' (mg/L)	≤1200	≤3500
Sulfato, SOK (mg/L)	≤2700	≤2700
Teor de álcalis (mg/L)	≤1500	≤1500

NOTA O teor de álcalis é expresso pelo valor calculado de $\text{Na}_2\text{O} + 0,658 \text{K}_2\text{O}$. O teor de álcalis não pode ser testado quando são utilizados agregados activos não alcalinos.

6.5.3.6 O uso de aditivos deve cumprir os seguintes requisitos:

- O tipo de aditivos deve ser escolhido de acordo com o ambiente onde se encontram os edifícios, as características do betão e os requisitos de construção;
- Os parâmetros técnicos dos aditivos devem cumprir os requisitos. Produtos não fornecidos por fabricantes profissionais e que não foram comprovados mediante ensaios não devem ser utilizados nos projectos.

6.5.3.7 A proporção da mistura do betão deve ser determinada de acordo com os seguintes requisitos:

- A proporção da mistura do betão deve ser determinada com base em cálculos e ensaios. Deve não só cumprir os requisitos de resistência, durabilidade e trabalhabilidade de concepção, bem como os requisitos económicos;
- A relação água-cimento do betão deve ser determinada de acordo com os requisitos de concepção mediante ensaios e não deve ser superior aos requisitos do Quadro 26;

Quadro 26 Valores admissíveis da relação água-cimento máxima

Localização do betão	Áreas extremamente frias	Zonas frias	Zonas quentes
Zonas a montante e a jusante (do exterior do corpo da barragem) acima da água	0,50	0,55	0,60
Zonas a montante e a jusante (do exterior do corpo da barragem) em locais de variação do nível da água	0,45	0,50	0,55
Zonas a montante e a jusante (do exterior do corpo da barragem) submersas	0,50	0,55	0,60
Fundações	0,50	0,55	0,60
Interior do corpo da barragem	0,60	0,65	0,65
Zonas sujeitas a erosão hídrica	0,45	0,50	0,50

NOTA Quando o corpo da barragem é corroído pela água circundante, a relação água-cimento máxima do betão deve diminuir 0,05 fora das zonas de variação do nível de água e das zonas subaquáticas.

- c) O abatimento do betão deve ser determinado de acordo com as características dos edifícios, o número de barras de aço, os métodos de transporte e de lingotamento do betão e as condições meteorológicas. Deve ser utilizado betão com o mínimo de abatimento possível. Os requisitos de abatimento do betão indicados no Quadro 27 podem ser utilizados como referência para o local de lingotamento.

Quadro 27 Abatimento do betão no local de lingotamento

Tipo de betão	Abatimento (mm)
Betão plano ou betão com poucas barras de aço	10-40
Betão com teor de barras de aço inferior a 1%	30-60
Betão com teor de barras de aço superior a 1%	50-90

6.5.3.8 A mistura do betão deve cumprir os seguintes requisitos:

- a) O betão deve apresentar uma composição de acordo com a chapa do carregador de betão assinada e avaliada pelo laboratório. A chapa do carregador não deve ser alterada sem autorização.
- b) O cimento, a areia, os detritos e os aditivos sólidos devem ser medidos pelo peso. Por sua vez, a água e a solução de aditivos podem ser medidas pelo volume, que é convertido a partir do peso. O desvio na pesagem dos agregados não deve ser superior a 2%. Por sua vez, o desvio na pesagem do cimento, aditivos sólidos, água e solução dos aditivos não deve ser superior a 1%;
- c) O tempo de mistura do betão deve ser determinado mediante ensaios. Caso não exista qualquer ensaio, consultar o tempo de mistura mínimo listado no Quadro 28.

Quadro 28 Tempo de mistura mínimo do betão

Capacidade do misturador (m ³)	Diâmetro máximo dos agregados grossos (mm)	Tempo de mistura mínimo (s)	
		Misturador de colocação	Misturador forçado
0,8-1,0	80	90	60
1,0-3,0	150	120	75
>3,0	150	150	90

6.5.3.9 O transporte de betão deve cumprir os seguintes requisitos:

- a) A escolha do equipamento e capacidade de transporte deve estar em conformidade com a capacidade de mistura, capacidade de lingotamento, condições da superfície de trabalho e barras de aço e com os requisitos de elevação e transportação da cofragem;
- b) O betão misturado deve ser enviado para o silo de betão com o menor número de tempos de ciclo de transportação. O betão que já tenha alcançado a presa preliminar deve ser tratado como material residual;

- c) As estradas de transporte devem ser o mais planas possível para evitar segregações, fugas e elevadas perdas de abatimento. Se o betão foi dividido ao chegar ao local de lingotamento, deve ser misturado novamente;
- d) A altura de queda livre do betão não deve ser superior a 2 m. Se a queda real for superior a 2 m, devem ser implementadas medidas, como tubos deslizantes e tubos em série, para abrandar a queda do betão;
- e) Devem ser utilizados contentores não absorventes e sem fugas. Os contentores devem ser humedecidos com água antes de serem utilizados e devem ser limpos posteriormente.

6.5.3.10 A colocação do betão deve cumprir os seguintes requisitos:

- a) Antes da colocação do betão, os técnicos devem verificar a limpeza do interior dos silos, da cofragem, das barras de aço, das partes construídas, das juntas permanentes, dos furos pré-formados, do trabalho de preparação da colocação do betão, entre outros, e manter os registos da inspecção. Só é possível colocar o betão quando o trabalho de aceitação for concluído. Para os silos na superfície da rocha-mãe e em cima do betão antigo na superfície a montante, antes de descarregar a primeira camada de betão, deve ser descarregada uma camada de argamassa de cimento ou betão com argamassa rica, cuja relação água-cimento deve ser 0,03 a 0,05 inferior à do betão;
- b) O betão deve ser vertido camada a camada de acordo com as diferentes espessuras, sequências e direcções. A superfície de trabalho deve ser praticamente horizontal. O betão deve ser aplanado durante o lingotamento. Os vibradores não devem ser utilizados para aplanar o betão. Os agregados grossos amontoados em conjunto devem ser dispersos de forma uniforme em locais onde há mais argamassa e não devem ser cobertos por argamassa. Ao verter o betão no talude, o lingotamento deve começar a partir de baixo e mover-se para cima camada a camada. As camadas horizontais devem ser mantidas durante o lingotamento;
- c) A espessura da camada de lingotamento do betão deve ser determinada de acordo com as capacidades de mistura, transporte e moldagem, características e temperatura do vibrador e não deve ter uma espessura superior aos requisitos indicados no Quadro 29;

Quadro 29 Espessura admissível máxima de cada camada de lingotamento do betão Unidade: mm

Tipos de máquinas e métodos de vibração		Espessura admissível máxima
Tipo de inserção	Vibradores com veio flexível	1,25 vezes o comprimento da cabeça da máquina de vibração
Tipo de superfície	Em betão sem ou com pouco reforço	250
	Em estrutura com barras densas ou barras de dupla camada	150

- d) A colocação do betão deve ser contínua. Se o tempo de pausa da colocação exceder o tempo de pausa admissível por algum motivo, a interface deve ser tratada como uma junta de construção. Se puder ser reformado, o lingotamento do betão pode continuar. O tempo de pausa (desde o início da introdução da água e da mistura até ao momento em que a camada de betão superior é coberta) deve ser controlado antes da presa inicial do betão e determinado mediante ensaios, ou estar em conformidade com os requisitos indicados no Quadro 30;

Quadro 30 Tempo de pausa admissível da colocação do betão

Temperatura da superfície de trabalho (°C)	Tempo de pausa admissível (minutos)	
	Cimento Portland comum Cimento Portland	Cimento com escórias, cimento com cinzas volantes
20-30	90	120
10-19	150	180
5-9	180	210

NOTA Este quadro não levou em consideração a influência dos aditivos e de outras medidas especiais.

- e) As juntas de construção devem cumprir os seguintes requisitos:
- 1) A posição e o molde das juntas de construção devem ser determinados de acordo com o princípio de que as juntas não prejudiquem a resistência e o aspecto das estruturas.
 - 2) Devem ser tomadas medidas de decapagem, como a burilagem, a decapagem e a escovagem, de forma a remover películas de cimento e camadas fracas da superfície do betão antigo, de acordo com os diferentes graus de endurecimento. Em seguida, deve lavar-se a superfície e drenar as fissuras na superfície.
 - 3) Só é possível preparar a colocação do betão da camada superior quando a resistência do betão tiver alcançado 2,5 MPa. A argamassa de cimento deve ser colocada em conformidade com os requisitos do número 1) deste parágrafo antes do lingotamento do betão superior.
 - 4) O betão novo que é moldado na superfície do betão antigo deve ser cuidadosamente apiloado.
- f) O betão deve ser vibrado, principalmente por meio de vibradores, e a vibração deve cumprir os seguintes requisitos:
- 1) Os vibradores devem vibrar numa certa ordem para evitar a omissão de vibração e repetir a vibração. O espaçamento entre vibrações não deve ser 1,5 vezes superior ao raio efectivo do vibrador. Ao utilizar os vibradores superficiais para vibrar, as margens da faixa de vibração devem sobrepor-se um pouco.
 - 2) As cabeças dos vibradores devem ser inseridas 50 mm na vertical do betão inferior e vibrar durante um determinado tempo. Quando o betão não apresenta um afundamento significativo nem bolhas, começa a ocorrer exsudação betuminosa à superfície e não há segregação de betão, sendo o momento de colocar lentamente as máquinas em funcionamento para evitar deixar espaços vazios. A escassez de vibração e a vibração excessiva devem ser evitadas.

- 3) A distância entre as cabeças do vibrador e a cofragem deve ser praticamente igual a $1/2$ do seu raio efectivo. As cabeças do vibrador não devem tocar as barras, o cordão de estanquidade e as partes construídas.
 - 4) Para zonas onde não é possível utilizar vibradores ou a colocação de betão é difícil, pode ser aplicado o método de vibração manual;
- g) A colocação de rochas no betão deve cumprir os seguintes requisitos:
- 1) Quando as rochas são colocadas em estruturas de betão maciço e em locais onde a colocação de rochas é autorizada por desenhos de projecto ou em estruturas de betão armado, a construção e a operação devem garantir a ligação próxima e a compacidade do betão. É proibido aumentar a relação de integração da pedra ao reduzir a qualidade da colocação do betão.
 - 2) A dimensão da rocha deve variar entre 300 mm e 400 mm. A dimensão máxima não deve ser superior a $1/4$ da dimensão mínima do maciço de betão que será moldado. Rochas em forma de flocos e de tiras cuja relação comprimento-largura é superior a 2,5: 1 não devem ser utilizadas. Não devem ser utilizadas rochas frágeis, rachadas, desgastadas e intercaladas com areia ou lama e cuja resistência seja inferior à dos agregados grossos.
 - 3) As rochas não devem ser atiradas, mas colocadas uniformemente sobre o betão recém-moldado. A distância livre entre as rochas e a cofragem ou o limite das estruturas não deve ser inferior a 300 mm. As rochas não devem ser colocadas no betão utilizado em áreas de tensão que estejam a menos de 1 m da fundação e a menos de 2 m da superfície a montante. Deve ser deixada uma distância horizontal e vertical suficiente entre maciços de rochas, de forma a garantir que o betão possa ser totalmente vibrado.
 - 4) O betão à volta das rochas deve ser cuidadosamente vibrado. O método óptimo de construção deve ser escolhido de acordo com a resistência à intensidade do equipamento de vibração;
- h) Na colocação do betão, é necessário ter em consideração o seguinte:
- 1) A água de exsudação betuminosa deve ser drenada em tempo útil, mas a argamassa não deve ser lavada.
 - 2) A estabilidade da cofragem e dos suportes deve ser verificada a qualquer momento. A ocorrência de fugas, distorções ou afundamentos deve ser tratada imediatamente. A posição das barras, do cordão de estanquidade e das partes construídas também deve ser verificada a qualquer momento. Se houver algum deslocamento, este deve ser imediatamente ajustado.

- 3) A argamassa que adere à cofragem, às barras de aço, ao cordão de estanquidade e às partes construídas deve ser removida em tempo útil. Quando tiver sido vertido até ao topo, o betão deve ser imediatamente alisado e a água de exsudação betuminosa deve ser drenada. Após a presa inicial, o betão deve ser novamente alisado para evitar fissuras de dessecação na superfície do betão.

6.5.3.11 A manutenção do betão deve cumprir os seguintes requisitos:

- a) Quando tiver sido vertido, o betão deve ser coberto em tempo útil para evitar a solarização; Quando o betão à superfície tiver alcançado a presa inicial, deve ser regado em tempo útil para manter a superfície de betão e a cofragem húmidas;
- b) O betão deve ser mantido num ambiente continuamente húmido durante pelo menos 28 dias. Este período deve ser prolongado para partes com requisitos especiais.

6.5.3.12 A inspeção e o controlo de qualidade do betão devem cumprir os seguintes requisitos:

- a) Quando o betão estiver a ser processado, a inspeção das matérias-primas deve cumprir os seguintes requisitos:
 - 1) Os agregados transportados para o estaleiro devem ser inspeccionados, e cada lote deve ser inspeccionado pelo menos uma vez.
 - 2) O cimento, os aditivos e os compostos devem ter certificações de produto e devem ser colhidas amostras para inspeção. O cimento em sacos produzido há mais de três meses deve ser novamente inspeccionado e inspeccionado por amostragem antes de entrar no armazém.
 - 3) A água utilizada para misturar e manter o betão deve ser novamente verificada, se a fonte de água for alterada ou existir alguma dúvida sobre a água;
- b) A inspeção de qualidade da colocação do betão deve cumprir os seguintes requisitos:
 - 1) O teor de água na areia e nos calhaus deve ser inspeccionado pelo menos uma vez por turno. O número de inspeções deve aumentar nos dias com diferenças de temperatura significativas ou em dias chuvosos. A chapa do carregador deve ser ajustada em qualquer momento de acordo com o teor de água medido.
 - 2) A dosagem das matérias-primas utilizadas na mistura do betão deve ser inspeccionada pelo menos duas vezes por turno. O dispositivo de pesagem deve ser inspeccionado aleatoriamente e ajustado regularmente.

- 3) O tempo de mistura do betão deve ser inspeccionado pelo menos duas vezes por turno.
 - 4) O abatimento do betão no local deve ser inspeccionado pelo menos duas vezes por turno na saída dos misturadores do lote e pelo menos duas vezes por turno na superfície dos silos. Ao processar as amostras, o abatimento do betão deve ser medido ao mesmo tempo.
 - 5) A concentração da solução de aditivos deve ser inspeccionada 1 a 2 vezes por dia. O teor de ar do betão com introdutor de ar deve ser inspeccionado e a variação deve ser controlada de modo a situar-se em $\pm 1,0\%$;
- c) A qualidade do betão solidificado deve ser inspeccionada com a resistência à compactação das amostras que foram mantidas por 28 dias em condições padrão (a temperatura deve estar entre 17 °C e 23 °C, e a humidade relativa do ar deve ser superior a 95% ou estar imersa em água) como o índice de avaliação. Se necessário, devem ser realizados outros ensaios, como os ensaios à tracção, de resistência à geada e anti-infiltração. Os grupos de amostras utilizados nos ensaios de compactação devem ser processados e escolhidos de acordo com os seguintes requisitos:
- 1) As amostras devem ser processadas, respectivamente, a partir de betão com diferentes graus de resistência e proporções de mistura.
 - 2) Um grupo de amostras deve ser processado por cada 500 m³ de betão em grandes estruturas de betão maciço.
 - 3) Um grupo de amostras deve ser processado a partir de 100 m³ de betão em pequenas estruturas de betão. Pelo menos um grupo de amostras deve ser processado por cada parte do projecto.
 - 4) Pelo menos um grupo de amostras deve ser processado durante cada turno.
 - 5) As amostras de betão devem ser extraídas e moldadas aleatoriamente na saída do misturador do lote e não devem ser escolhidas. Um determinado volume de grupos de amostras deve ser testado no local de colocação. Devem ser processadas três amostras de um grupo do mesmo lote de betão;
- d) A resistência da amostra de betão deve ser avaliada de acordo com os seguintes requisitos. Os cálculos de σ , m_{fcu} , e P são indicados no Apêndice F.
- 1) Quando os grupos de maciços de betão com a mesma etiqueta (ou grau de resistência) resistentes à compressão durante 28 dias forem $n > 30$, devem ser cumpridos os requisitos do Quadro 31.

Quadro 31 Norma de qualidade para a resistência à compressão dos maciços de betão durante 28 dias

Elemento		Norma de qualidade	
		Bom	Aprovado
A menor resistência à compressão de qualquer maciço de ensaio não deve ser inferior ao valor projectado.		90%	85%
Proporção da garantia de resistência do betão sem barras de aço (ou com menos barras de aço)		85%	80%
Proporção da garantia de resistência do betão armado com barras		95%	90%
Coeficiente do desvio da resistência à compressão do betão	<20 MPa	<0,18	<0,22
	≥20 MPa	<0,14	<0,18

- 2) Quando grupos de maciços de betão com a mesma etiqueta (ou grau de resistência) resistentes à compressão durante 28 dias forem $30 > n \geq 5$, a resistência dos maciços de betão devem cumprir os requisitos das fórmulas (9), (10) e (11) ao mesmo tempo;

$$m_{fcu} - 0,7 \sigma > R_d \dots\dots\dots (9)$$

$$m_{fcu} - 1,6 \sigma \geq 0,83 R_d \text{ (quando } R_d \geq 20) \dots\dots\dots (10)$$

$$\text{ou } \geq 0,80 R_d \text{ (quando } R_d < 20) \dots\dots\dots (11)$$

em que

σ é o desvio padrão da resistência do betão calculado de acordo com os métodos do Apêndice F;

m_{fcu} é a resistência média de n amostras, em MPa;

R_d é o valor da resistência à compressão de projecto durante 28 dias, em MPa;

N é a dimensão da amostra.

- 3) Quando os grupos de maciços de betão com a mesma etiqueta (ou grau de resistência) resistentes à compressão durante 28 dias forem $5 > n \geq 2$, a resistência dos maciços de betão deve cumprir os requisitos das fórmulas (12) e (13) ao mesmo tempo:

$$m_{fcu} \geq 1,15 R_d \dots\dots\dots (12)$$

$$m_{fcu,i, \min} \geq 0,95 R_d \dots\dots\dots (13)$$

em que

$m_{f_{cu,i},min}$ é o valor do grupo com a resistência mínima entre n grupos de maciços de ensaio, em MPa.

- 4) Quando existe apenas um grupo de maciços de betão com a mesma etiqueta (ou grau de resistência) resistente à compressão durante 28 dias, a resistência dos maciços de betão deve cumprir os requisitos da fórmula (14);

$$m_{f_{cu,i}} \geq 1,15/R_d \dots\dots\dots (14)$$

em que

$m_{f_{cu,i}}$ é o valor da resistência medida do maciço de ensaio, em MPa

- e) Quando a resistência da amostra de betão não cumpre os requisitos, devem ser aplicados métodos de avaliação não destrutivos, como a recolha de amostras de betão das estruturas, para realizar uma nova inspecção. Se os resultados ainda não cumprirem os requisitos, o grau de segurança das estruturas deve ser recalculado nas condições reais ou devem ser tomadas algumas medidas de reforço necessárias.
- f) O erro admissível de estruturas de betão não maciço moldado no local deve estar em conformidade com os requisitos do Quadro 32 e cumprir os requisitos especiais aplicáveis, se existirem.

Quadro 32 Erro admissível de estruturas de betão não maciço moldado no local Unidade: mm

Elementos		Erro admissível
A posição dos eixos	Fundações	15
	Fundações independentes	10
	Estruturas, como paredes, colunas vigas	8
Verticalidade (H é a altura total das estruturas)	H ≤ 5 m	8
	H > 5 m	H/1000, ≤ 30
Elevação		±10
Dimensão da secção		+8,-5
A regularidade da superfície (num comprimento de 2 m)		8
A posição das linhas centrais das instalações incorporadas	Peças incorporadas	10
	Parafusos incorporados	5
	Tubos incorporados	5
A posição das linhas centrais dos furos pré-formados		15

- g) Melhorar a observação e a inspecção dos defeitos do betão. Analisar os motivos, as características e o grau dos danos dos defeitos para elaborar planos de reforço. O tratamento dos defeitos do betão deve cumprir os seguintes requisitos:

- 1) As fissuras superficiais subtis e as fissuras superficiais do betão armado cuja largura seja inferior à dos valores admissíveis do Quadro 33 podem ser ignoradas. As fissuras cuja largura seja superior à dos valores admissíveis e as que alteraram as características das estruturas, como os espaços vazios e as cavas no betão, devem ser tratadas de acordo com os requisitos aplicáveis.

Quadro 33 Valores admissíveis da largura de fissura máxima das estruturas de betão armado

Unidade: m

m

Área acima da água	Zona de variação do nível de água		Área submersa
	Zona fria	Zona quente	
0,20	0,15	0,25	0,30

- 2) A resistência do material utilizado no reforço do betão deve ser superior à do betão. Por sua vez, as características de distorção devem ser próximas das do betão. As fissuras activas devem ser corrigidas com materiais flexíveis.
 - 3) As fissuras de betão devem ser corrigidas quando tiverem alcançado o estado estável e durante uma estação com temperaturas mais baixas, quando a largura das fissuras é maior.
 - 4) O tratamento dos defeitos do betão deve ser devidamente registado quando as falhas tiverem sido corrigidas;
- h) Durante o processo de construção com betão, os seguintes dados devem ser registados em tempo útil:
- 1) O volume de betão em cada elemento ou maciço, o peso das matérias-primas, o grau de resistência e a proporção de mistura do betão.
 - 2) A ordem de moldagem dos elementos e maciços de betão, a hora de início e de fim da colocação, os incidentes de qualidade e o respectivo tratamento, o tempo e método de manutenção e de protecção da superfície.
 - 3) A temperatura do local de moldagem, a temperatura das matérias-primas e do betão quando são descarregados, a data da descofragem em diferentes partes.
 - 4) Os resultados e análises dos ensaios de amostras de betão.
 - 5) As partes que contêm defeitos no betão, a data em que se formaram e como a situação evolui.
 - 6) Outros assuntos pertinentes.

6.5.3.13 A construção de betão durante as estações com temperaturas baixas deve cumprir os seguintes requisitos:

a) Disposições gerais

- 1) Quando a temperatura média diária se mantém abaixo de 5 °C durante 5 dias seguidos ou a temperatura mínima se mantém abaixo de -3 °C durante 5 dias seguidos, a construção deve ser realizada de acordo com a estação de temperaturas baixas.
- 2) Durante a construção numa estação de temperaturas baixas, devem ser cumpridas as medidas de concepção da organização e técnicas, de forma a garantir que o betão vertido cumpre os requisitos de concepção.
- 3) A resistência crítica à geada admissível do betão numa fase inicial deve cumprir os seguintes requisitos:
 - O betão maciço não deve ser inferior a 7,0 MPa (ou a sua maturidade não deve ser inferior a 1800 °C ● h).
 - O betão não maciço e o betão armado não devem ser inferiores a 85% da resistência de concepção.
- 4) Numa estação de baixas temperaturas, especialmente em zonas frias, os estaleiros não devem estar dispersos. Antes da chegada de uma estação de temperaturas baixas, o betão que tenha sido vertido com o requisito de isolamento deve adoptar medidas de isolamento.
- 5) Na estação de temperaturas baixas, os materiais de aquecimento, isolamento térmico e anti-congelamento (incluindo aditivos de resistência inicial e anti-congelamento) devem ser preparados antes da construção e devem ser tomadas medidas de prevenção contra incêndios;

b) Preparação da construção

- 1) O armazenamento, aquecimento, transporte de matérias-primas e mistura, transporte e lingotamento da superfície do armazém de betão devem basear-se nas condições climáticas mediante cálculo térmico, de forma a escolher as medidas de isolamento térmico adequadas.
- 2) Os agregados devem ser peneirados e lavados antes da chegada da estação de temperaturas baixas. Os materiais acabados devem ser adequadamente armazenados e empilhados, e devem ser tomadas medidas para evitar o gelo, a neve e o congelamento.
- 3) Na estação de temperaturas baixas, a água de mistura do betão deve ser aquecida. Quando a temperatura média do dia estiver estável abaixo de -5 °C, os agregados devem ser aquecidos. O método do tubo de vapor é adequado para o aquecimento dos agregados. Os agregados grossos podem ser directamente aquecidos mediante vapor, mas a relação água-cimento do betão não deve ser afectada. Quando os agregados não precisarem de ser aquecidos, é necessário prestar atenção para não os congelar e não os misturar com neve e gelo.

- 4) Antes de misturar o betão, lavar o misturador com água quente ou vapor e retirar a água.
 - 5) A temperatura da superfície deve ser medida antes de verter o betão nas fundações na rocha ou no betão antigo. Se a temperatura for negativa, deve ser aquecida até uma temperatura positiva. A profundidade do aquecimento não deve ser inferior a 100 mm ou a temperatura da superfície deve ser positiva (superior a 0 °C) na lateral e no rebordo (o local mais frio) da superfície do armazém. O betão pode ser vertido após passar na inspecção.
 - 6) Para a limpeza da superfície do armazém, deve ser aplicado um canhão de ar quente ou o método mecânico e não deve ser utilizada uma pistola de lavagem com água ou uma pistola de lavagem com ar e água.
 - 7) Quando a primeira camada de betão das fundações é vertida sobre fundações brandas, o solo das fundações não pode estar congelado;
- c) Métodos de construção e medidas de isolamento
- 1) O método de construção do betão na estação de temperaturas baixas deve cumprir os seguintes requisitos:
 - O método de armazenamento de calor deve ser aplicado em áreas temperadas;
 - Devem ser adoptadas instalações à prova de vento em áreas de vento e areia fortes. Quando o vento e a areia são fortes e a superfície do armazém não é adequada para a construção de estufas, pode ser aplicado o método de colocação de condutas de calor na cobertura de isolamento térmico;
 - O método de armazenamento de calor deve ser aplicado quando a temperatura média diária é superior a -10 °C em regiões frias e muito frias;
 - O método de armazenamento de calor geral ou o método de estufa pode ser aplicado quando a temperatura média diária é superior à faixa entre -15 °C e -10 °C;
 - Em zonas extremamente frias (a diferença média da temperatura entre o mês mais quente e o mês mais frio é superior a 42 °C), o plano de construção deve ser cuidadosamente formulado durante a construção na estação de temperaturas baixas;
 - Excepto para necessidades especiais do projecto, não é adequado construir abaixo da temperatura média diária de -20 °C.
 - 2) A temperatura de lingotamento do betão deve cumprir os requisitos de concepção, mas não deve ser inferior a 3 °C em zonas quentes. O método de armazenamento de calor não deve ser inferior a 5 °C em zonas frias e muito frias e o método de estufa não deve ser inferior a 3 °C.

- 3) Quando o método de aquecimento por vapor ou electrotérmico for aplicado na construção, deve ser executado um projecto especial.
- 4) A aplicação de armazenamento de calor em zonas quentes e frias deve respeitar as seguintes normas:
 - A cofragem de isolamento deve ser estanque e a camada de isolamento deve ser firmemente sobreposta, especialmente nos furos e juntas, de modo a garantir a qualidade da construção.
 - Devem ser adicionadas instalações à prova de vento e de isolamento térmico às partes com furos e a barlavento.
 - O isolamento deve ser coberto imediatamente após o lingotamento.
 - Utilizar materiais de isolamento térmico que não absorvam facilmente a humidade.
- 5) A camada de isolamento externa deve ser fixada firmemente à cofragem. A superfície da camada de isolamento térmico da cofragem deve ser plana e devem ser tomadas medidas fiáveis para garantir que o molde possa ser fixado à superfície do betão.
- 6) O tempo de mistura do betão deve ser adequadamente prolongado em comparação com o de uma estação de temperaturas normais, que deve ser determinado por ensaios. Quando os agregados e o betão são aquecidos, é aconselhável diminuir a distância e o volume do transporte.
- 7) No processo de construção, a temperatura de saída do betão deve ser controlada e definida em tempo útil, de forma a minimizar a variação e manter a temperatura de lingotamento uniforme. O método de controlo óptimo é definir a temperatura da água de mistura. O método para o aumento da temperatura das misturas de betão:
 - Em primeiro lugar, o aquecimento da água de mistura deve ser considerado;
 - Quando o aquecimento da água de mistura não cumprir os requisitos da temperatura de lingotamento, os agregados devem ser aquecidos.
 - O cimento não deve ser aquecido.
- 8) Quando a água de mistura for aquecida acima de 60 °C, a sequência de mistura e alimentação deve ser alterada. Primeiro, os agregados e a água devem ser misturados. Depois, o cimento deve ser adicionado para evitar a falsa presa do cimento.

- 9) Depois da descarga do betão, a superfície exposta deve ser isolada em tempo útil. As juntas e as arestas do betão novo e antigo devem ser bem isoladas. A espessura da camada de isolamento deve ser o dobro da espessura da outra camada de isolamento. O comprimento de sobreposição da camada de isolamento não deve ser inferior a 300 mm.
- 10) Para o betão vertido durante a estação de temperaturas baixas, a remoção da cofragem deve cumprir os seguintes requisitos:
- Quando a cofragem sem suporte de carga é removida, a resistência do betão deve ser superior à resistência crítica ou ao valor de maturidade que permite o congelamento.
 - A remoção da cofragem de suporte de carga é determinada por cálculo.
 - O período de tempo para remoção do molde e a proteção após a remoção do molde deve cumprir os requisitos de controlo de temperatura e prevenção contra fendas, e a diferença entre a temperatura interior e exterior não deve exceder 20 °C, nem a queda da temperatura na superfície do betão num período de 2 a 3 dias deve exceder 6 °C.
- 11) Ao inspeccionar a qualidade do betão, além de inspeccionar as amostras de moldagem de acordo com as normas, podem ser realizados ensaios não destrutivos ou pode ser aplicado o método de maturidade para inspeccionar a resistência inicial do betão em qualquer momento;
- d) Observação da temperatura
- 1) Durante o período de construção, a observação da temperatura é estabelecida da seguinte forma:
- A temperatura exterior deve ser medida por um instrumento de medição de temperatura automático. Se for utilizada a medição manual da temperatura, esta deve ser medida quatro vezes por dia.
 - A medição da temperatura na estufa é realizada a cada 4 horas, tendo como referência a temperatura a 500 mm de distância da superfície do betão. O valor médio entre as temperaturas dos quatro cantos e a temperatura central é a temperatura na estufa.
 - A temperatura da água, dos aditivos e dos agregados é medida a cada hora. Ao medir a temperatura da água, da solução de aditivos e da areia, a profundidade de inserção do sensor de temperatura ou do termómetro não deve ser inferior a 100 mm. Ao medir a temperatura dos agregados grossos, a profundidade de inserção não deve ser inferior a 100 mm e deve ser 1,5 vezes superior às dimensões dos agregados, e a área circundante deve ser preenchida com partículas finas. Ao medir com um termómetro de ponto de inflamação, deve ser recolhida uma amostra abaixo dos 150 mm.

- A temperatura de saída do betão, a perda de temperatura durante o transporte e a temperatura de lingotamento devem ser medidas conforme necessário ou a cada 2 horas. A profundidade de inserção do sensor de temperatura ou termómetro não deve ser inferior a 100 mm.
 - A temperatura interior do maciço de betão vertido pode ser medida mediante termómetro de resistência ou termopar ou furo de medição de temperatura enterrado (a profundidade do furo deve ser superior a 150 mm, e o líquido preenche o furo), e medida por sensor de temperatura ou termómetro de vidro.
- 2) As mudanças de temperatura do betão maciço devem ser registadas 3 dias após o lingotamento. As temperaturas mais altas e mais baixas do betão exterior devem ser registadas todos os dias. A temperatura do betão interior deve ser registada uma vez a cada 8 horas. Posteriormente, deve ser registada uma vez a cada 12 horas.
 - 3) Durante um período de queda abrupta da temperatura e de uma vaga de frio, a frequência das medições de temperatura deve ser aumentada.

6.5.3.14 A construção de betão durante as estações de temperaturas altas deve cumprir os seguintes requisitos:

- a) A temperatura de colocação do betão deve ser controlada e a temperatura máxima não deve ser superior a 28 °C.
- b) De forma a reduzir a temperatura de colocação do betão e evitar que a temperatura volte a subir, devem ser tomadas as seguintes medidas:
 - 1) Arrefecer a matéria-prima e empilhar os agregados até uma determinada altura (acima da faixa entre 6 m e 8 m) por um certo tempo. Ao utilizar os materiais, tirá-los do fundo da pilha de material. Aspergir água subterrânea nos agregados grossos. Utilizar água subterrânea ou água a baixa temperatura para misturar o betão.
 - 2) Colocar o betão de manhã, de tarde ou à noite, tanto quanto possível.
 - 3) Reduzir o tempo de transporte do betão, aumentar a velocidade de moldagem do betão e cobrir os silos de betão.
 - 4) Devem ser tomadas medidas de protecção solar para as máquinas de transporte de betão.
 - 5) Devem ser tomadas medidas de protecção solar na superfície dos silos. Aspergir água para diminuir a temperatura;
- c) Para diminuir o calor de hidratação do betão, deve ser adoptado o cimento com menor produção de calor. Devem ser tomadas medidas gerais, como a utilização de mais aditivos e de agregados com diâmetros maiores, a melhoria da gradação dos agregados e o processamento do betão com menor regime de fluxo ou betão seco, para diminuir o consumo de cimento da unidade;

- d) A cobertura e manutenção do betão vertido devem ser realizadas o mais rapidamente possível. Em estações de temperaturas altas, o método de água corrente pela superfície pode ser aplicado para arrefecer o betão, se as condições o permitirem.

6.5.3.15 A ligação e a montagem dos cordões de estanquidade devem cumprir os seguintes requisitos:

- a) Os cordões de estanquidade em cobre devem ser uniformes e todos os resíduos e manchas de ferrugem e óleo na superfície devem ser limpos. Os buracos de areia, buracos por pontos ou fissuras devem ser soldados em conjunto;
- b) As partes prolongadas dos cordões de estanquidade devem ser ligadas por soldadura sobreposta. O comprimento de sobreposição não deve ser inferior a 20 mm. Ambos os lados das partes sobrepostas devem ser soldados em conjunto, incluindo as partes pontiagudas. O método de soldadura topo a topo também pode ser aplicado, se a qualidade da soldadura tiver sido comprovada mediante ensaios. Não deve ser utilizada a soldadura manual por arco eléctrico;
- c) A superfície das juntas de soldadura deve ser lisa e sem fugas, buracos de areia ou fissuras. As juntas que tenham sido soldadas na fábrica devem ser verificadas por amostragem e o volume de juntas verificadas não deve ser inferior a 20% do volume total de juntas. As juntas que tenham sido soldadas no local devem ser verificadas por ensaios de aparência e infiltração realizados um a um;
- d) Os cordões de estanquidade em cobre devem ser montados com precisão e firmeza. O desvio entre a linha central das partes pontiagudas e a linha central das juntas deve estar na faixa de ± 5 mm. Quando a posição tiver sido fixada, o material plástico deve ser preenchido na cavidade das partes pontiagudas;
- e) Não devem ser utilizados cordões de estanquidade em PVC ou borracha com distorções ou fissuras;
- f) O método de termossoldadura vulcanizada deve ser aplicado para a ligação de cordões de estanquidade em borracha. A ligação dos cordões de estanquidade em PVC deve cumprir os requisitos do fabricante. Pode ser aplicado o método de termossoldadura (o comprimento de sobreposição não deve ser inferior a 100 mm). As juntas devem ser verificadas uma a uma para assegurar que não existem bolhas, inclusão de escórias ou soldadura falsa;
- g) A resistência das juntas do cordão de estanquidade deve ser verificada, se necessário. A resistência à tracção não deve ser inferior a 75% da resistência do metal de base;
- h) As juntas dos cordões de estanquidade em cobre e PVC devem ser ligadas mediante aparafusamento, vulgarmente conhecido como "revestimento plástico do cobre". O comprimento de aparafusamento não deve ser inferior a 350 mm;
- i) Ao montar o cordão de estanquidade, ele deve ser bem fixo e apoiado pela cofragem na posição correcta;
- j) As juntas de construção horizontais não devem ser montadas a ± 500 mm de um cordão de estanquidade horizontal. Se esta situação não puder ser evitada, devem ser tomadas medidas para integrar ou reter o cordão de estanquidade.

6.5.3.16 O processamento e montagem de feltros asfálticos devem cumprir os seguintes requisitos:

- a) De acordo com a temperatura, escolher o tipo correcto de asfalto como matéria-prima de n.º 30 e n.º 10. Se a temperatura for alta, devem ser tomadas medidas para evitar que o asfalto escorra;
- b) O campo utilizado para o processamento dos feltros asfálticos deve ser plano. Pavimentar uma camada de feltro, espalhar uma camada de asfalto uniformemente e depois repetir os passos mencionados acima;
- c) Os feltros asfálticos devem ser colocados na cofragem de partes previamente moldadas, de forma a garantir que os feltros podem ser ligados próximo do betão moldado em primeiro lugar e do seguinte;
- d) Os feltros asfálticos devem estar sobre a mesma superfície vertical das partes pontiagudas do cordão de estanquidade.

6.5.3.17 A execução de furos asfálticos pré-formados deve cumprir os seguintes requisitos:

- a) A ektexina (a parede exterior) dos elementos de betão pré-fabricado com furos pré-formados deve ser desbastada e as juntas dos elementos de betão pré-fabricado devem ser bem vedadas;
- b) Os elementos pré-fabricados devem ser montados junta a junta e o asfalto quente deve ser vertido junta a junta. Os elementos de aquecimento devem ser colocados nos furos ao aplicar o método de lingotamento do asfalto de uma só vez.

6.5.3.18 A tubagem incorporada no betão deve cumprir os seguintes requisitos:

- a) O tipo, as dimensões, o número e a posição de integração da tubagem devem seguir os requisitos dos documentos de concepção;
- b) A tubagem incorporada não deve apresentar furos de areia ou partes obstruídas. A ferrugem, as manchas de óleo, os resíduos ou a tinta na superfície dos tubos devem ser removidos;
- c) A tubagem pode ser ligada por passos de parafuso, flanges ou outros métodos, como a soldadura. A ligação das juntas deve ser firme. Ao soldar, qualquer resíduo queimado produzido não deve bloquear os tubos ou diminuir a área seccional dos tubos;
- d) A tubagem colocada deve ser verificada mediante água pressurizada ou ar comprimido, de forma a verificar se a tubagem está obstruída ou apresenta fugas. Se assim for, os problemas devem ser resolvidos o mais rapidamente possível;
- e) As saídas e entradas da tubagem devem ser sinalizadas por diferentes cores ou números. Os tubos formados em grupos devem ser cuidadosamente verificados para evitar qualquer erro. As aberturas dos tubos devem ser temporariamente fechadas por tampões, vedantes de soldadura ou tampas de parafusos de passo, de forma a evitar que elementos diversos obstruam os tubos;

- f) A área seccional das partes curvas nos tubos não deve ser inferior à secção original;
- g) A tubagem incorporada deve ser firmemente montada para evitar ser danificada por impactos ou atingida no processo de colocação do betão;
- h) Pessoas especialmente designadas para o efeito devem permanecer no local da colocação do betão para garantir que os problemas são resolvidos em tempo útil.

6.5.3.19 Em geral, o betão subaquático é moldado pelo método de condução de elevação directa. A colocação do betão subaquático deve cumprir os seguintes requisitos:

- a) O número e a posição das condutas devem ser determinados pelo alcance da moldagem e pelo raio de trabalho das condutas. Em geral, o raio de trabalho das condutas não deve ser superior a 3 m;
- b) Durante o processo de moldagem, a condução só se deve mover para cima e para baixo. É proibido o movimento para a esquerda ou para a direita;
- c) No início da moldagem, o fundo da condução deve estar entre 50 mm e 100 mm de distância da superfície das fundações e acima das partes baixas das fundações;
- d) A granulometria máxima dos agregados grossos no betão não deve ser superior a 1/4 do diâmetro interior da condução e 1/4 da distância livre das barras, nem superior a 60 mm. O abatimento do betão deve ser entre 150 mm e 180 mm, podendo ser menor no início e maior no final para tornar a superfície de betão automaticamente plana.;
- e) No processo de moldagem, a condução deve ser preenchida com betão e o fundo da condução deve receber e manter o betão vertido, de forma a garantir que o betão está isolado da água;
- f) Se o aporte de betão for interrompido por algum motivo, devem ser tomadas medidas para evitar a formação de espaços vazios nas condutas. Se a interrupção durar muito tempo, a colocação do novo betão só pode ser retomada quando a resistência do betão antigo tiver alcançado 2,5 MPa e a camada fraca na sua superfície tiver sido removida;
- g) O betão deve ser vertido a uma altura de cerca de 100 mm acima da altura de projecto, para que o betão da superfície, com menor resistência, possa ser removido;
- h) Devem ser realizados ensaios de impermeabilidade em todas as condutas. Na colocação do betão, só podem ser utilizadas condutas impermeáveis;
- i) A colocação do betão subaquático deve ser devidamente registada.

6.5.3.20 O tratamento dos agregados pré-colocados de betão com gunita deve cumprir os seguintes requisitos:

- a) O tratamento de betão com gunita deve cumprir os requisitos de concepção e as especificações da operação;
- b) As partes do projecto aplicadas com gunita devem ser limpas e as partes fracas dos projectos corrigidos devem ser desbastadas;
- c) A cofragem utilizada na colocação do betão não só deve cumprir os requisitos deste documento como deve ser especialmente criada para assegurar a não existência de fugas e distorções excessivas durante o processo de gunitagem;
- d) A granulometria mínima dos agregados utilizados no betão com gunita não deve ser inferior a 20 mm e devem ser colocados de forma densa de acordo com a gradação de concepção para reduzir os espaços vazios. A areia fina de granulometria superior a 2,5 mm deve ser removida mediante peneiração;
- e) Devem ser adicionados aditivos à argamassa, de forma a aumentar a liquidez do betão com gunita. Se a pressão de gunitagem for baixa, deve ser adicionada à argamassa uma determinada dosagem de agente de expansão, a qual deve ser determinada mediante ensaios, para que o betão com gunita ganhe um pouco de expansibilidade antes de alcançar a presa inicial. A argamassa deve passar por um pano de peneiração com poros de 5 mm x 5 mm antes de entrar na bomba, de forma a evitar a mistura de impurezas com a argamassa;
- f) A gunitagem da argamassa deve ser ininterrupta, aumentando gradualmente do fundo para o topo. A pressão de gunitagem deve ser entre 0,1 MPa e 0,5 MPa e a velocidade de subida da argamassa deve ser entre 500 mm/h e 1000 mm/h. A distorção da cofragem deve ser registada de perto durante o processo de gunitagem;
- g) Os tubos de mira e as condutas de ar devem ser colocados nas partes de aplicação de gunita para supervisionar o processo de gunitagem. Os ensaios de pressão da água devem ser realizados no furo de sondagem quando o betão com gunita tiver alcançado a presa final, de acordo com os requisitos de concepção. Devem ser colhidas amostras para a realização de ensaios mecânicos físicos.

6.5.3.21 A bombagem do betão deve cumprir os seguintes requisitos:

- a) O diâmetro máximo dos grãos agregados não deve ser superior a 1/3 do diâmetro da conduta. Não é permitida a entrada de agregados sobredimensionados na bomba de betão. O teor de areia deve ser controlado para estar entre 40% e 50%;
- b) O abatimento do betão não deve ser superior a 180 mm;
- c) Deve ser adicionada a quantidade adequada de aditivos ao betão;
- d) A dosagem de matérias coloidais, como cimento e aditivos, deve ser superior a 300 kg/m³;

- e) Antes da montagem da conduta, a sujidade e a argamassa de cimento devem ser removidas e lavadas com água pressurizada. Antes da montagem, a conduta deve ser verificada regularmente para evitar fugas. Antes da bombagem do betão, a argamassa de cimento deve ser bombeada através da conduta;
- f) O betão deve ser bombeado continuamente. A placa de destino deve dispor de betão suficiente para evitar que o ar seja aspirado e provoque obstruções. Se o processo for suspenso, a bomba de betão deve ser mantida em execução para evitar obstruções na conduta. A temperaturas normais, se o tempo de pausa for superior a 45 minutos, qualquer betão que reste na conduta deve ser descarregado e lavado.

6.5.3.22 O betão compactado com cilindros deve respeitar as seguintes disposições:

- a) A selecção dos parâmetros de concepção da relação de mistura do betão compactado com cilindros (BCC):
 - 1) Relação água-aglutinante: deve ser determinada de acordo com os requisitos de concepção da resistência do betão, impermeabilidade, resistência à geada e distorção de tracção, e o seu valor não deve ser superior a 0,65.
 - 2) Relação de areia: o melhor valor da relação de areia deve ser escolhido mediante ensaio. Ao utilizar agregados grossos naturais, a relação de areia do BCC de terceiro nível está entre 28% e 32% e a do BCC de segundo nível está entre 32% e 37%. Ao utilizar agregados grossos artificiais, a relação de areia deve aumentar entre 3% e 6%.
 - 3) Consumo unitário de água: pode ser seleccionado de acordo com o valor de VC do BBC, tipo de agregado, dimensão máxima das partículas, relação de areia, teor de pó das pedras, aditivos e misturas.
 - 4) Mistura: o tipo e teor das misturas deve ser determinado mediante ensaio. Quando as misturas excederem 65%, devem ser realizados ensaios e experiências especiais.
 - 5) Aditivos: a variedade e quantidade dos aditivos devem ser determinadas mediante ensaio;
- b) O valor de VC das misturas do BCC devem ser de 2 s a 12 s no local. O valor de VC da saída deve ser escolhido de forma dinâmica e controlado de acordo com as alterações climáticas no estaleiro. Deve estar entre 2 s e 8 s;
- c) A quantidade de material hidráulico utilizado no BCC para edifícios permanentes não deve ser inferior a 130 kg/m³. Quando for inferior a 130 kg/m³, deve ser demonstrado mediante ensaio especial.

6.6 Trabalhos de alvenaria de pedra

6.6.1 O material rochoso utilizado na alvenaria deve apresentar uma textura dura, fresca e completa. A pedra de alvenaria pode ser dividida em quatro tipos de acordo com a forma: detritos, maciços rochosos, rochas grossas ou calhaus.

- a) Detritos: forma irregular, o peso deve ser superior a 25 kg, a espessura central não deve ser inferior a 200 mm. Os detritos mais pequenos, também denominados lajes, podem ser utilizados para tapar juntas, mas a sua quantidade não deve exceder 10% do peso da alvenaria;
- b) Maciços rochosos: as superfícies superior e inferior devem ser lisas, sem arestas pontiagudas, e a espessura deve ser superior a 200 mm;
- c) Rochas grossas: incluem cantaria lascada e pedras irregulares e devem ser angulares. As seis superfícies devem ser lisas, a diferença de altura máxima numa superfície deve estar entre 1% e 3% do comprimento da pedra. O comprimento da pedra deve ser superior a 500 mm, a altura do maciço deve ser superior a 250 mm, a relação comprimento-espessura não deve ser superior a 3;
- d) Calhaus: a forma elipsoidal é adequada, com um eixo longo não inferior a 200 mm.

6.6.2 As propriedades físicas e mecânicas do material rochoso da alvenaria devem estar de acordo com as normas do Quadro 34.

6.6.3 Antes da utilização do material rochoso, a marca deve ser identificada e os seus índices físicos e mecânicos devem ser medidos. A selecção pode ser efectuada com referência ao Apêndice K quando não existirem dados de ensaios.

6.6.4 Os materiais de cimentação da alvenaria são principalmente argamassa de cimento e betão. Além disso, como materiais de cimentação para pequenas obras de alvenaria, podem ser utilizadas argamassas de cimento misturado e argamassas de cal.

6.6.5 Os graus de resistência das argamassas de cimento ordinárias utilizadas no corpo da alvenaria são M5, M7.5, M10 e M12.5 e os graus de resistência do betão são C10 e C15. Os graus de resistência das argamassas de cimento misturado são M2.5, M5, M7.5 e M10 e a resistência da argamassa de cal está entre 0,1 MPa e 1,0 MPa.

Quadro 34 Normas das propriedades físicas e mecânicas dos materiais rochosas de alvenaria

Elementos	Norma
Densidade natural	Não inferior a 2,4 t/m ³
Resistência à compressão saturada máxima	Regras de concepção
Absorção máxima de água	Não superior a 10%
Coefficiente de amolecimento	De acordo com as normas de concepção não inferior a 0,7 é adequado sem normas de concepção
Grau de resistência à geada	Alcançar o grau de concepção

6.6.6 O cimento, areia, rocha e água utilizados nos materiais de cimentação devem estar de acordo com as normas dos pontos 6.5.3.1 a 6.5.3.4 (o teor de iões de cloro na água não é regulado). Para a cal utilizada na argamassa de cimento misturado e na argamassa de cal, a cal viva deve ser curada em cal hidratada pela adição de água, para então ser peneirada com peneiras de poros com dimensões entre 6 mm e 8 mm.

6.6.7 A relação de mistura do material de cimentação deve ser determinada mediante ensaios e cumprir os seguintes requisitos:

- a) Deve ser utilizada a relação de peso. O peso pode ser convertido em volume quando é utilizada argamassa de cimento misturado e argamassa de cal;
- b) Os princípios de preparação, resistência e relação água-cimento devem estar de acordo com as normas do ponto 6.5.17;
- c) A proporção do teor de areia na mistura de betão deve ser um pouco superior à que deriva dos ensaios;
- d) A trabalhabilidade do material de cimentação é avaliada de forma geral pelo grau de afundamento (ou abatimento), grau de água de exsudação betuminosa e usabilidade na construção. O grau de afundamento da argamassa de cimento deve estar entre 40 mm e 60 mm, e o abatimento do betão deve ser entre 50 mm e 80 mm.

6.6.8 A mistura e o transporte do material de cimentação devem estar de acordo com os seguintes requisitos:

- a) O desvio admissível na proporção e peso deve estar de acordo com as normas do ponto 6.5.3.8 e os desvios admissíveis dos outros materiais são de 5% para o solo e 3% para a cal;
- b) Tempo de mistura do material de cimentação: não inferior a 2 minutos para a mistura mecânica e para a mistura manual, o material não pode ser utilizado até que a cor esteja uniforme após a mistura a húmido, e a mistura a seco deve ser realizada não menos do que três vezes antes da mistura a húmido. Para projectos concentrados e com grandes volumes de construção, deve ser escolhida a mistura mecânica para garantir a uniformidade do material de cimentação;
- c) O material de cimentação deve ser utilizado ao mesmo tempo que a mistura. O tempo de intervalo admissível (desde o momento em que o material está preparado até ao momento em que a alvenaria está concluída) deve estar em conformidade com as normas do Quadro 30.

6.6.9 O controlo de qualidade e a inspecção do material de cimentação devem estar em conformidade com os seguintes requisitos:

- a) A inspecção do cimento deve estar de acordo com as normas dos pontos 6.5.3.1, 6.5.3.12. Além disso, devem ser testados os seguintes elementos: grau de resistência do cimento, tempo de solidificação, consistência normal e finura;
- b) A inspecção da areia, rocha e água, bem como os ensaios de qualidade da argamassa e do betão durante a preparação devem ser realizados de acordo com as normas indicadas no ponto 6.5.3.12. Além disso, a inspecção por amostragem do grau de afundamento da argamassa deve ser realizada pelo menos duas vezes para cada classe;

- c) Deve haver um conjunto de amostras acabadas do material de cimentação do mesmo grau que tenham sido colocadas e envelhecido durante 28 dias por cada 100 m³ a 200 m³ de alvenaria construída. Deve haver pelo menos um conjunto de amostras acabadas para cada parte do projecto;
- d) O padrão de resistência das amostras deve estar em conformidade com as normas do ponto 6.5.3.12.

6.6.10 A ligação da alvenaria e da rocha-mãe e o tratamento do plano de estratificação devem estar em conformidade com as normas de concepção e com os seguintes requisitos quando não existem normas de concepção:

- a) Após a escavação da fundação de alvenaria, de acordo com os requisitos de concepção, deve ser realizada a limpeza para alisar as arestas afiadas, remover as rochas soltas e outros elementos diversos e lavar e drenar a água;
- b) Humedecer a superfície da rocha-mãe antes de verter o betão da camada da almofada de amortecimento e colocar uma chapa de argamassa de cimento com uma espessura entre 30 mm e 50 mm e uma resistência superior a M10. A área de assentamento deve corresponder à resistência ao lingotamento. Em seguida, verter o betão da camada da almofada de amortecimento de acordo com as normas de concepção;
- c) Os trabalhos preparatórios da camada superior de alvenaria de pedra não devem ser executados até que a resistência à compressão do betão vertido da camada da almofada de amortecimento ou o material de cimentação na camada das fundações tenha alcançado 2,5 MPa;
- d) A escória na superfície da camada de alvenaria deve ser lavada e não deve restar água e a decapagem superficial deve ser realizada numa superfície lisa de material de cimentação.

6.6.11 A construção da alvenaria de cimento-pedra deve estar em conformidade com os seguintes requisitos:

- a) A precisão na medição das amostras de estruturas de alvenaria deve estar de acordo com as normas do ponto 4.1.1;
- b) O método de argamassa de recobrimento de junta deve ser aplicado na alvenaria de cimento-pedra. Os requisitos básicos são juntas niveladas, estáveis, densas e escalonadas.
 - 1) Niveladas: a alvenaria deve ser executada camada a camada e as superfícies da mesma camada devem estar no mesmo nível. A diferença de altura deve ser inferior à faixa entre 20 mm e 30 mm entre maciços de alvenaria adjacentes.
 - 2) Estáveis: a colocação da pedra deve ser auto-estável, com a maior superfície da pedra virada para baixo e estabilizada por agitação ou batimento, conforme o caso.

- 3) Densas: as rochas não devem estar em contacto directo e a argamassa de recobrimento de juntas e o preenchimento com argamassa ou betão nas costuras verticais deve ser completo e denso. A argamassa de recobrimento de juntas de alvenaria de betão entre as juntas (costuras horizontais) não deve manter-se em suspensão pelos agregados grandes, e a argamassa deve ser uniformemente espalhada. A vibração interna deve ser executada após o preenchimento das costuras verticais com argamassa. O betão deve ser mecanicamente vibrado, e a distância entre os pontos de vibração adjacentes não deve ser 1,5 vezes superior ao raio da acção vibratória. Se a largura da costura vertical for superior a 50 mm, pode ser adoptado o tamponamento com lajes após o preenchimento com argamassa.
- 4) Juntas escalonadas: na mesma camada de alvenaria, as pedras adjacentes devem ser colocadas com juntas escalonadas e não deve haver quaisquer costuras sucessivas ao longo da direcção do fluxo. No caso de pedras colocadas sobrepostas entre si em camadas adjacentes, as juntas escalonadas também devem evitar as costuras sucessivas na vertical. As pedras em T podem ser colocadas na vertical a determinadas distâncias;
- c) A largura das costuras na alvenaria de pilares, paredes, barragens e anéis em arco comuns deve estar em conformidade com as normas do Quadro 35;

Quadro 35 Largura admissível das costuras na alvenaria de cimento-pedra

Unidade: mm

Tipo		Pilar/parede/barragem			Anel em arco
		Rochas grossas	Maçiços de pedra	Detritos	Rochas grossas
Alvenaria de cimento-pedra	Costura horizontal	15~20	20~25	—	15~20
	Costura vertical	20~30	20~40	—	10~20

- d) O desvio admissível da alvenaria relativo às dimensões e à localização da alvenaria de cimento-pedra deve estar em conformidade com as normas do Quadro 36;
- e) A superfície exposta da alvenaria deve ser curada entre 12 e 18 horas após o lingotamento e a superfície deve ser mantida constantemente húmida. O tempo de cura da alvenaria de argamassa de cimento deve ser de 14 dias e o da alvenaria de betão deve ser de 21 dias.

6.6.12 A alvenaria de pilares e paredes de alvenaria de cimento-pedra deve cumprir os seguintes requisitos:

- a) A diferença de nível das juntas de ruptura provisórias não deve ser superior a 1,0 m e a colocação cuidadosa de banquetas deve permanecer;
- b) A ordem da alvenaria de pilares e paredes de alvenaria de cimento-pedra deve ser executada da seguinte forma: em primeiro lugar, colocar as pedras das arestas, logo depois, as pedras de revestimento e, por fim, as pedras de enchimento. A espessura das pedras de revestimento não deve ser inferior a 300 mm.

Quadro 36 Desvio admissível das dimensões e da localização da alvenaria

Unidade: mm

Elemento	Detritos, maciços de pedra			Rochas grossas			Alvenaria de anel em arco	Barragem de alvenaria de cimento-pedra	
	Fundações	Parede/ pilar	Muro de suporte	Fundações	Parede/ pilar	Muro de suporte		Barragem de transbordo	Barragem sem transbordo
Deslocamento axial	20	15	50	15	10	30	Desvio admissível do vão L : $\pm L/1000$ Desvio admissível da elevação do arco: $\pm L/3000$	10	10
Elevação das fundações e superfície superior	± 25	± 15	± 20	± 15	± 15	± 15	+0,-5	Elevação da superfície de coroament o do açude ± 10	Elevação da superfície superior ± 30
Espessura da alvenaria	+30	+2 -10	Não inferior ao projectado	+15	+10 -5	Não inferior ao projectado	Não inferior ao projectado, não superior em 3% ao projectado	Curva de nível planar ± 20	Curva de nível planar estratificada ± 40
Perpendicularidad e ou talude da parede	—	30	0,5% H	—	25	0,5% W	Desvio da localização do lado do anel em arco e da alvenaria da enjunta de concepção +30, -010	—	—
Planidade da superfície (num comprimento de 2 m)	—	20	30	—	15	30	O deslocamento das superfícies da alvenaria adjacente não deve ser superior a 5	20	30

- c) O padrão da alvenaria de pilares e paredes de alvenaria de cimento-pedra deve apresentar sobreposição interior e exterior e juntas escalonadas alternadas nas camadas superior e inferior. A distribuição das pedras em T deve ser uniforme, a área não deve ser inferior a 1/5 de toda a área do pilar-parede, e o comprimento deve ser superior a 600 mm. Os maciços de pedras de detritos devem ser colocados com a maior superfície vertical, e o método de alvenaria da montagem de pedras no exterior e de enchimento no interior não deve ser aplicado. O nivelamento de elevação deve ser executado a cada 700 mm a 1.200 mm de alvenaria, e a distância entre as juntas escalonadas alternadas deve ser superior a 80 mm.

6.6.13 Quando não existem normas de concepção, a construção de alvenaria de cimento-pedra deve estar em conformidade com os seguintes requisitos:

- a) Toda o material rochoso do anel em arco deve ser processado por modelo e numerado de acordo com a linha e o posicionamento. A espessura da aduela não deve ser inferior a 200 mm, a largura não deve ser inferior a 300 mm e o comprimento não deve ser inferior a 500 mm;
- b) A estrutura em arco deve ser montada após a realização dos cálculos e de acordo com as normas de concepção. A alvenaria só pode ser iniciada após passar na inspecção;
- c) Para a construção da aduela, os trabalhos de alvenaria devem ser realizados simetricamente a partir de ambas as extremidades. A aduela em diferentes linhas devem estar escalonadas transversalmente e a distância entre as juntas alternadas não deve ser inferior a 100 mm. Quando o vão de arco for inferior a 5 m, devem ser utilizados maciços rochosos na alvenaria do arco e a curvatura deve ser definida através da largura da junta. A largura da junta inferior não deve ser superior a 10 mm, e a resistência da argamassa de cimento não deve ser inferior a M7,5. Quando o vão de arco for inferior a 10 m, os trabalhos de alvenaria devem ser realizados simetricamente a partir do rodapé do arco, de acordo com a largura e espessura totais. Quando o vão de arco for superior a 10 m, o projecto de construção deve ser executado para definir a ordem de carga do anel em arco e a construção deve seguir essa ordem;
- d) A demolição da estrutura em arco só é permitida quando a argamassa alcançar a resistência de carga útil e o enchimento da coroa do arco estiver terminada. O tempo de demolição da estrutura em arco deve estar de acordo com as normas do ponto 6.5.6.

6.6.14 O método de compressão da argamassa deve ser aplicado em alvenaria de cimento-detrítos. Primeiro, espalhar a argamassa com uma espessura entre 30 mm e 50 mm e logo depois integrar os calhaus próximos uns dos outros, comprimindo a argamassa. A argamassa de cimento deve estar entre 20 mm e 30 mm mais baixa do que os calhaus durante a execução do refechamento das juntas.

6.6.15 A construção de alvenaria rochosa com betão deve estar de acordo com os seguintes requisitos:

- a) A alvenaria deve ser executada camada a camada através do método de espalhamento da argamassa, a superfície deve estar praticamente plana na mesma camada, e a diferença de elevação deve ser inferior à faixa entre 20 mm e 30 mm. A pedra deve ser colocada na vertical e a superfície maior deve estar virada para baixo. Estabilizá-la mediante movimentos de agitação e batimento adequados. A largura da costura entre as pedras deve cumprir os requisitos do Quadro 37, e as superfícies das pedras não devem estar em contacto;

- b) A colocação da argamassa de recobrimento de juntas e a betumação das costuras verticais devem ser uniformes, completas e densas, e a argamassa nas costuras não deve permanecer em suspensão mediante agregados grandes. O betão deve ser mecanicamente vibrado e a distância entre os pontos de vibração adjacentes não deve ser mais de 1,5 vezes superior ao raio da acção vibratória;
- c) Na mesma camada de alvenaria, as pedras adjacentes devem ser colocadas com juntas escalonadas e não deve haver quaisquer costuras sucessivas ao longo da direcção do fluxo. No caso de pedras colocadas sobrepostas entre si em camadas adjacentes, as juntas escalonadas também devem evitar as costuras sucessivas na vertical. As pedras em T podem ser colocadas na vertical a determinadas distâncias;

Quadro 37 A largura da junta de alvenaria de cimento-detritos do betão

Unidade, mm

Tipo			Pilar/parede/barragem			Anel em arco
			Rochas grossas	Maçios de pedra	Detritos	Rochas grossas
Alvenaria de betão	Costura horizontal	Gradação de nível 1	40~60	40~60	40~60	40
		Gradação de nível 2	80~100	80~100	80~100	80
	Costura vertical	Gradação de nível 1	60~80	60~90	60~100	50
		Gradação de nível 2	80~100	80~100	80~100	70

6.6.16A construção em pedra seca deve estar de acordo com os seguintes requisitos:

- a) Para projectos em pedra seca com armação, a armação deve ser construída em primeiro lugar e a alvenaria deve ser executada posteriormente;
- b) A construção de projectos em pedra seca deve cumprir os seguintes requisitos:
- 1) A costura de alvenaria deve ser apertada, o fundo deve estar forrado e completamente preenchido e não deve estar vazio.
 - 2) Não devem ser utilizadas pedras com arestas aladas e pedras com arestas horizontais.
 - 3) Deve ser aplicado o método de alvenaria vertical, e não é permitida a sobreposição ou o tamponamento. A espessura do lado mais fino dos agregados não deve ser inferior a 150 mm;
- c) Ao colocar as almofadas de amortecimento da pedra de cantaria nas grandes superfícies inclinadas, a colocação deve ser executada por camadas de baixo para cima e ir crescendo por secções com a elevação da superfície de alvenaria.

6.6.17O refechamento das juntas da argamassa de cimento para a alvenaria de cimento-pedra deve estar em conformidade com os seguintes requisitos:

- a) A argamassa de refechamento das juntas utilizada no controlo das infiltrações deve ser misturada de forma independente e não deve ser utilizada em conjunto com a argamassa de alvenaria. A argamassa que tenha ultrapassado o tempo de presa inicial não deve ser utilizada;
- b) O cimento deve ser cimento Portland ordinário. Os agregados de areia devem ser de areia fina. A relação cimento-areia pode estar de 1: 1.0 a 1: 2.0.
- c) A limpeza das juntas deve ser executada 24 horas após a alvenaria, a largura das juntas não deve ser inferior à largura das costuras, e a profundidade das juntas não deve ser inferior ao dobro da largura (a profundidade de uma junta horizontal não deve ser inferior a 40 mm, a profundidade de uma junta vertical não deve ser inferior a 50 mm). As juntas devem ser lavadas antes da execução do seu refechamento, sem deixar cinzas ou águas, e a superfície da junta deve permanecer húmida;
- d) Encher as juntas com argamassa misturada e compactar várias vezes até estarem alinhadas à superfície exterior e, depois, alisar. A superfície de refechamento das juntas deve permanecer húmida durante 21 dias.

6.6.18A alvenaria de maciços pré-fabricados de betão deve cumprir os seguintes requisitos:

- a) As dimensões do maciço pré-fabricado e a resistência do betão devem cumprir os requisitos de concepção;
- b) Durante a execução da alvenaria, os maciços em T e de alvenaria colocados de forma sequencial devem ser dispostos de acordo com os requisitos de concepção. As juntas devem estar na vertical ou paralelas ao chão, a distância entre as juntas superior e inferior não deve ser inferior a 100 mm e não deve haver juntas verticais acima ou abaixo das pedras em T;
- c) As juntas devem ser completamente preenchidas com argamassa e a largura das juntas horizontais não deve ser superior a 15 mm. A largura das juntas verticais não deve ser superior a 20 mm.

6.6.19A construção de alvenaria no inverno, verão e em dias chuvosos deve estar em conformidade com os seguintes requisitos:

- a) Quando a temperatura mínima do ar estiver entre 0 °C e 5 °C, é necessário ter em consideração a protecção das superfícies de trabalho de alvenaria. Quando a temperatura mínima do ar for inferior a 0 °C, os trabalhos de alvenaria devem ser interrompidos. Durante o período de cura, devem ser tomadas medidas de isolamento térmico para superfícies de alvenaria expostas;
- b) No caso da alvenaria de grandes volumes, quando a temperatura máxima do ar exceder os 30 °C, o trabalho de alvenaria deve ser interrompido. A conservação da alvenaria deve ser melhorada para a construção no verão, e as superfícies expostas devem permanecer húmidas durante o período de cura e ser cobertas com fardos de palha ou elementos semelhantes para as proteger da exposição solar;
- c) A construção em dias chuvosos deve cumprir os seguintes requisitos:

- 1) No caso de uma secção de colocação sem resguardo, a relação água-cimento deve ser devidamente diminuída para a alvenaria sob chuvas leves, as águas acumuladas devem ser drenadas em tempo útil e a protecção da superfície deve ser realizada adequadamente.
- 2) No caso de uma secção de colocação sem resguardo, em momentos de chuvas fortes ou tempestades, a construção deve ser imediatamente interrompida e a superfície deve ser adequadamente protegida. Após as chuvas, drenar as águas acumuladas e tratar em tempo útil das partes desgastadas pela chuva. Se a presa inicial da argamassa ou do betão da superfície ainda não foi terminada, deve ser adicionada argamassa de cimento para continuar a alvenaria, caso contrário, deverá ser tratada como uma junta de construção.
- 3) A alvenaria e o betão das partes anti-abrasivas ou que requerem gesso não devem ser construídos em dias chuvosos.

6.6.20A qualidade da alvenaria deve cumprir os seguintes requisitos:

- a) Os ensaios de qualidade dos materiais de cimentação devem ser realizados de acordo com as normas do ponto 6.6.9;
- b) O desvio admissível das dimensões e localização da alvenaria deve estar em conformidade com as normas do Quadro 36;
- c) A argamassa para o enchimento das juntas deve ser densa e a largura destas deve estar de acordo com as normas do Quadro 35.

6.7 Pré-moldagem e montagem dos componentes de betão

6.7.1 A pré-moldagem dos componentes deve cumprir os seguintes requisitos:

- a) A área de pré-moldagem e empilhamento dos componentes deve ser lisa e sólida e deve verificar-se se a drenagem está desobstruída. Qualquer assentamento ou distorção das fundações deve ser evitado, e deve existir uma norma a seguir no caso de ser adoptada a pré-moldagem da terra. A superfície deve ser especialmente tratada, e a água deve ser impedida de humedecer o molde de terra, de forma a evitar o assentamento de terra que possa resultar em distorções e fendas na cofragem;
- b) A localização da área de pré-moldagem dos componentes deve estar devidamente disposta de acordo com o trajecto do material, sequência da operação, área de armazenamento e trajecto da elevação e do transporte, e deve evitar o transporte não criterioso dos materiais e dos componentes, bem como a interferência mútua entre os processo de trabalho. Deve ser criada uma área centralizada para a produção pré-fabricada, de forma a otimizar as instalações no local e melhorar a qualidade. O método de sobreposição é normalmente aplicado para resguardar a área de pré-moldagem. Os materiais de isolamento entre as camadas dos componentes pré-fabricados sobrepostos podem ser materiais com baixo poder ligante, como tecidos de plástico, feltro asfáltico e óleo de motor usado;

- c) A área de pré-moldagem de componentes pesados deve ser organizada, principalmente, para o conforto do transporte e da elevação. No caso de componentes de grandes dimensões difíceis de virar, a direcção de descarga deve ser registada quando é escolhida a localização da área. A pré-moldagem vertical deve ser usada para arcos de vãos compridos com nervuras;
- d) O anel volante ou anel de retenção dos componentes pré-fabricados é normalmente feito de aço HPB300, e o aço trefilado a frio não deve ser utilizado. No caso da homogeneidade, a resistência à tracção deve ser considerada no anel volante múltiplo. O comprimento de ancoragem do anel volante no betão não deve ser inferior a $30d$ (d - diâmetro da barra de reforço do anel volante);
- e) O lingotamento dos componentes pré-fabricados deve cumprir os seguintes requisitos:
 - 1) O número e a localização dos elementos incorporados devem ser verificados antes do lingotamento.
 - 2) O lingotamento de todos os componentes deve acabar em tempo útil, sem interrupções e ser compactado mecanicamente.
 - 3) A superfície exposta dos componentes deve ser plana, lisa e não apresentar colmeias de abelhas e escamas.
 - 4) Quando é aplicado o método de sobreposição na pré-moldagem, o lingotamento dos componentes não deve ser executado até que a resistência do betão dos componentes inferiores alcance 5 MPa e deve haver medidas de isolamento entre as camadas.
 - 5) Após o lingotamento dos componentes, as informações sobre o tipo, resistência do betão, data de pré-moldagem e o lado superior/inferior devem ser rotulados, e a localização dos pontos de elevação deve ser sinalizada nos componentes sem anéis volantes;
- f) No caso dos componentes modulares de pequenas dimensões, pode ser utilizado betão seco. O trabalho de acabamento deve ser executado em tempo útil após o recorte e não deve haver defeitos, como arestas omissas e torções ou fendas nos componentes;
- g) Os ensaios de qualidade do betão de componentes pré-fabricados devem seguir as normas do ponto 6.5. Além disso, no caso de componentes importantes, devem ser realizados ensaios de carga quando necessário;
- h) O desvio admissível dos componentes pré-fabricados devem estar em conformidade com as normas do Quadro 38, quando não existam normas de concepção.

Quadro 38 Desvio admissível de componentes pré-fabricados Unidade: mm

Elementos	Dimensões por secção				Flexão lateral	Diagonal	Planidade da superfície	Buraco pré-formado	Túnel pré-formado	Elementos incorporados		
	Comprimento	Largura	Altura	Espessura						Deslocamento da linha central	Localização do parafuso	Comprimento exposto do parafuso
Placa	+10 -5	±5	±5	+4 -2	$L/1\ 000$ $\nlessgtr 20$	10	5	5	15	10	5	+10 -5
Armação/esco- ras/pórticos de aço	±10	±5	±5		$L/1\ 000$ $\nlessgtr 20$	—	—					
Pilar/ maciço	+5 -10	±5	±5		$L/750$ $\nlessgtr 20$	—	—					
Viga	+10 -5	±5	±5		$L/750$ $\nlessgtr 20$	—	—					
Estrutura tipo J/ estrutura	±5	±5	±5	+4 -2	$L/1\ 000$ $\nlessgtr 20$	10	5					

6.7.2 O deslocamento e empilhamento dos componentes deve cumprir os seguintes requisitos:

- a) A resistência do betão não deve ser 70% inferior à sua resistência de concepção;
- b) Ao deslocar um componente grande, a altura de alavancagem numa extremidade não pode ser superior a 2 m. O afrouxamento antes da alavancagem, bem como o enchimento durante a alavancagem, é utilizado para evitar que o componente quebre;
- c) O método de deslocamento dos componentes e a localização da ancoragem devem estar em conformidade com o estado da tensão dos componentes para evitar danos;
- d) O empilhamento dos componentes deve estar de acordo com os seguintes requisitos:
 - 1) A área de empilhamento deve ser plana e apiloada e deve dispor de medidas de drenagem.
 - 2) Os componentes devem ser empilhados de acordo com a ordem de elevação, ao longo da direcção com maior rigidez.
 - 3) No caso de componentes sobrepostos, as etiquetas devem ser expostas e a altura de empilhamento deve ser decidida de acordo com a resistência dos componentes, capacidade de carga do solo, resistência dos blocos de amortecimento e estabilidade da pilha. As localizações dos blocos de amortecimento em cada camada devem ser consistentes e os blocos de amortecimento das camadas superior e inferior devem ser alinhados.
 - 4) A sequência de elevação deve ser considerada no empilhamento dos componentes.

6.7.3 A elevação de componentes de betão pré-fabricados deve cumprir os seguintes requisitos:

- a) O método de elevação deve ser escolhido de forma otimizada após consideração geral, de acordo com a escala do projecto, topografia, estado do equipamento, nível técnico e racionalidade económica;
- b) Antes da elevação, deve ser elaborado um plano com as medidas a executar, de acordo com o elemento de elevação, comprimento dos componentes, peso, via de transporte e equipamento de elevação;
- c) Antes da elevação, deve ser realizada uma inspecção sistemática da capacidade de carga do equipamento de elevação, ferramentas e instrumentos (ensaio de elevação com carga). A forma dos componentes deve ser novamente avaliada e a linha central da travessa deve ser etiquetada. As estruturas de suporte também devem ser verificadas, e a linha central e as elevações devem ser etiquetadas;
- d) A elevação de cabos é geralmente adoptada na construção de engenharia hidráulica e de energia hidroeléctrica sem suportes. Devem ser calculados e confirmados os tirantes, torres, cabos principais de tracção e equipamentos de elevação de cabos, e o coeficiente de segurança deve estar em conformidade com as normas do Quadro 39.

Quadro 39 Quadro do coeficiente de segurança

Coeficiente de segurança	Tirante			Cabo principal	Cabo de tracção/elevação
	Resistência ao desengate	Resistência à capotagem	Resistência ao deslizamento		
K	≥2	≥1,5	≥1,3	≥3~4	≥5~6

- e) A resistência do betão da estrutura de suporte para a elevação de componentes não deve ser menos de 70% inferior à resistência de concepção;
- f) A elevação dos componentes deve estar em conformidade com os seguintes requisitos:
 - 1) Os componentes devem ser elevados de acordo com os pontos de elevação etiquetados ou anéis de elevação incorporados.
 - 2) O ângulo criado pelo cabo e pelo componente de elevação não deve ser inferior a 45°.
 - 3) A elevação dos componentes deve ser estável e estar precisamente assente na posição correcta;
- g) A elevação das estruturas moldadas ou componentes de alvenaria pré-fabricados deve estar em conformidade com os seguintes requisitos:
 - 1) As superfícies de contacto entre componentes de diferentes camadas devem ser rugosas e lavadas.

- 2) A largura das juntas entre as diferentes camadas de componentes deve estar entre 20 mm e 30 mm e deve ser densamente preenchida com argamassa de cimento com uma resistência não inferior à do componente.
 - 3) No caso da montagem e da alvenaria de componentes das camadas 1 a 3, o betão deve ser vertido em tempo útil.
 - 4) As superfícies de contacto do betão em diferentes camadas devem ser tratadas como juntas de construção;
- h) A elevação dos componentes com armação rígida deve cumprir os seguintes requisitos:
- 1) O posicionamento horizontal e a elevação do fundo do poço em copo dos componentes a construir e introduzir devem cumprir os requisitos de concepção. O eixo horizontal-vertical deve ser etiquetado na abertura do reservatório das fundações e a elevação do fundo deve estar entre 20 mm e 50 mm abaixo da elevação de concepção, de forma a deixar espaço para a regulação do erro de comprimento que é inevitável nos componentes pré-fabricados.
 - 2) Deve ser deixada uma folga de largura não inferior a 30 mm entre a parede de abertura do poço em copo e o componente de fixação do pilar, de forma a ajustar o posicionamento e para verter a argamassa de cimento de primeira fase. Se o betão de segunda fase for vertido, a largura da folga a deixar não deve ser inferior a 60 mm.
 - 3) O poço em copo dos componentes a construir e introduzir deve ser rugoso e lavado.
 - 4) Os componentes devem ser firmemente apoiados logo após o posicionamento, após o qual é permitido o desengate;
- i) A elevação dos corpos da estrutura com aberturas estreitas deve cumprir os seguintes requisitos:
- 1) A elevação da superfície superior do suporte deve ser medida e ajustada e a linha central horizontal-vertical deve ser etiquetada.

- 2) O posicionamento horizontal e a elevação da base das aberturas devem ser medidos, e devem ser realizadas correcções.
 - 3) A folga das juntas deve cumprir os requisitos da montagem do material de obstrução de água de concepção e a folga mínima não deve ser inferior a 20 mm;
- j) A elevação de componentes de arco pré-fabricados deve cumprir os seguintes requisitos:
- 1) Antes da elevação, o vão da rede, a localização e a elevação da linha da nascente e o plano inclinado da imposta devem ser verificados e a localização da linha da nascente e a linha axial do arco devem ser etiquetadas na imposta.
 - 2) Verificar o comprimento da corda e o ângulo das juntas dos componentes e definir uma escala no maciço do arco.
 - 3) Quando o maciço do arco da secção final é elevado para a posição de montagem, os locais das linhas horizontal e axial devem ser verificados. O deslocamento da linha central na extremidade não deve ser superior a 30 mm e a elevação deve ser 20 mm a 30 mm superior à elevação de concepção. Nesse caso, o maciço do arco é fixado com botões de pilares ou botões em suspensão e protegido por sopro de ar na horizontal.
 - 4) O enchimento das juntas da nervura do arco deve ser realizado com colas químicas de alto-polímero com elevada capacidade de colagem, alta estabilidade e baixa contracção, como a argamassa de cimento de resina epóxi. A fórmula deve ser correctamente controlada, a temperatura de amassadura deve ser rigorosamente controlada (não superior a 30 °C), e as juntas dos componentes devem estar secas, sem água e limpas;
- k) Os componentes e a barra principal exposta devem ser firmemente soldados e devem ser evitados danos no betão devidos a soldadura a altas temperaturas;
- l) Os conectores e as juntas dos componentes pré-fabricados devem ser preenchidos com betão ou argamassa com uma resistência não inferior à resistência de concepção dos componentes e deve ser misturado um volume adequado de cimento de endurecimento rápido ou de cimento expansivo;
- m) O desvio admissível da montagem dos componentes deve estar de acordo com as normas do Quadro 40;
- n) Antes da montagem (elevação), devem ser executados os seguintes trabalhos preparatórios:
- 1) O programa de elevação deve ser aprovado após avaliação e conclusão das explicações técnicas.
 - 2) Todos os tipos de funcionários dedicados à elevação estão preparados, a divisão dos trabalhos é clara e os tipos de trabalhos especiais, como a elevação e a sinalização, serão realizados por técnicos licenciados.
 - 3) O equipamento de elevação deve ser verificado pelo serviço responsável e, quando necessário, os registos devem ser guardados no serviço de supervisão de segurança local.
 - 4) Todas as medidas de segurança são implementadas.
 - 5) O comando unificado, bem como o cumprimento de ordens e de responsabilidades atribuídas a cada serviço, deve ser respeitado durante a elevação.

Quadro 40 Desvio admissível da montagem de componentes

Unidade: mm

Elementos		Desvio admissível	
Fundações em copo	Posição da linha central da linha do eixo	10	
	Elevação da montagem do fundo do reservatório	0,-10	
Pilar (H é a altura do pilar)	Posição da linha central da linha do eixo	5	
	Perpendicularidade	≤5 m	5
		>5, <10	10
		≥10	H/1000, ≤20
	Superfície superior da consola e elevação superior das estacas	≤5 m	0,-5
>5 m		0,-8	
Viga ou viga de guindaste	Posição da linha central da linha do eixo	5	
	Elevação da superfície superior da viga	0,-5	
Painel de parede	Posição da linha central da linha do eixo	3	
	Perpendicularidade	≤5 m	3
		>5 m	5
	Desvio da superfície dos componentes entre pisos adjacentes		5
Nervura do arco	Posição da linha central da linha do eixo	10	
	Ponto de articulação e elevação da coroa do arco	30	
	Desvio de altura de dois pontos de articulação simétricos	20	
Corpo do aqueduto	Desvio axial da posição plana	5	
	Desvio do tramo	15	
	Desvio de elevação de dois rodapés adjacentes do corpo do aqueduto	10	

7 Construção de estruturas hidráulicas

7.1 Barragens de terra-rocha compactadas

7.1.1 O tratamento da base e do talude da barragem deve cumprir os seguintes requisitos:

- a) No caso do tratamento da base da barragem, consultar os requisitos do ponto 6.3;
- b) O tratamento da base e do talude da barragem deve cumprir os seguintes requisitos:
 - 1) É aconselhável escavar e limpar o talude da margem do encontro de cima para baixo. A escavação da parte inferior do talude da margem deve ser demonstrada de maneira a propor medidas de garantia de segurança fiáveis.

- 2) As fundações da barragem devem estar limpas, desimpedidas e ser tratadas de acordo com os requisitos de concepção.
 - 3) A escavação e a limpeza do encontro e do talude da barragem devem ser concluídas antes do enchimento. A limpeza e o enchimento não devem ser realizados ao mesmo tempo.
 - 4) Quando a base da barragem, o talude e as fundações de estratificação estão a ser limpos, todos os materiais devem ser completamente limpos, incluindo as árvores, a relva, as raízes, os enrocamentos, os sepulcros e todos os demais edifícios. O tratamento de poços, nascentes e cavernas deve ser devidamente executado ao mesmo tempo. No caso de corpos impermeáveis ou corpos de barragens que estão unidos mediante fundações rochosas e batólitos, devem ser adoptadas juntas de talude, no lugar de juntas de talude inverso ou juntas escalonadas.
 - 5) O método de pré-formação de uma camada protectora ou argamassa de cimento com gunite deve ser aplicado para proteger a base da barragem, que se desgasta facilmente e não pode ser preenchida de uma só vez após a limpeza.
 - 6) A aplicação de gunite impermeável deve ser coordenada com o processo de represamento do reservatório;
- c) A execução das fundações deve cumprir os seguintes requisitos:
- 1) Se um maciço de solo natural for utilizado como fundação, é necessário descobrir se existe um leito permeável. O maciço de solo que for escolhido como fundação natural não deve ser destruído.
 - 2) A base das fundações artificiais deve ser limpa, alisada e compactada de acordo com os requisitos de concepção. Uma camada filtrante deve ser devidamente criada nas fundações em cascalho e todas as passagens provenientes dos limites inferior e superior devem ser obstruídas.
 - 3) A protecção da superfície deve ser realizada ao longo do tempo, após a construção das fundações artificiais e naturais;
- d) O enchimento do corpo da barragem só pode ser realizado após a aprovação e a aceitação do tratamento da base e do talude da barragem e de outras obras ocultas.

7.1.2 Antes do enchimento, devem ser concluídos os seguintes trabalhos preparatórios:

- a) Investigação e controlo das térmitas
- 1) Em zonas quentes e chuvosas, devem ser tomadas medidas para controlar os danos das térmitas e evitar que ameacem a operação segura de barragens de terra-enrocamento pequenas e medianas.
 - 2) Quando o talude da base da barragem está a ser escavado, os profissionais devem procurar saber se existem indícios de térmitas, como linhas de terra, coberturas de terra e vestígios de térmitas.

- 3) Aplicar medidas de controlo de térmitas, como a criação de valas tóxicas no solo, a pulverização de leveduras e a colocação de iscas envenenadas;
- b) O exame das áreas de empréstimo deve cumprir os seguintes requisitos:
- 1) Um exame das áreas de empréstimo deve conter os seguintes elementos:
 - A espessura da camada de cobertura ou camada de descascamento, os danos geológicos do leito das matérias e a distribuição das camadas intermédias.
 - A distribuição, exploração, processamento e condições de transporte do material da barragem.
 - A relação entre as condições hidrogeológicas das áreas de empréstimo e o nível da água na época das cheias.
 - O alcance da exploração e a área ocupada das áreas de empréstimo, o volume de material abandonado, a espessura da camada disponível e as reservas disponíveis.
 - As propriedades físicas e mecânicas e as características de compactação dos materiais da barragem.
 - A investigação e a análise dos percalços geológicos e problemas ambientais ocorridos nas áreas de empréstimo.
 - 2) Quando uma área de empréstimo tiver sido examinada, deve ser submetido o relatório de exame correspondente com os respectivos mapas topográficos, perfis geológicos, plano dos poços ou furos de sondagem de ensaio, resultados das análises dos ensaios, resultados dos cálculos da área de exploração disponível e volumes disponíveis, descrição de todos os materiais utilizáveis, métodos de tratamento dos materiais inapropriados, condições de exploração e de transporte;
- c) O planeamento de uma área de empréstimo deve cumprir os seguintes requisitos:
- 1) Regra geral: não ocupação ou menor ocupação de terras cultivadas, utilizar primeiro as áreas de empréstimo na área de inundações do reservatório. Aproveitar totalmente os materiais de escavação da construção. Utilizar materiais de planícies aluviais nas estações secas. Utilizar áreas de empréstimo a montante e a jusante de forma adequada para fazer o melhor uso dos materiais. Considerar completamente as condições de trabalho mecânico para obter uma utilização mais eficiente das máquinas.
 - 2) A proporção da área de empréstimo prevista para o volume de enchimento da barragem deve estar entre 2,0 e 2,5 para o solo, 1,5 e 2,0 para material de cascalho arenoso, 2,0 a 2,5 para material de cascalho arenoso subaquático, 1,2 a 1,5 para pedras e não deve ser inferior a 3,0 para material de filtração natural.
 - 3) Planeamento de áreas de empréstimo de solo: utilizar primeiro áreas de empréstimo de solo com um adequado teor de água. Utilizar áreas de empréstimo com um teor de água mais elevado nas estações secas e com um teor de água mais baixo nas estações chuvosas.

- 4) Planeamento de áreas de empréstimo de areia e cascalho: os materiais de enchimento, materiais de peneiração e materiais de filtração devem ser completamente planeados e deve ser elaborado um cronograma adequado de exploração da pedreira. Devem ser escolhidos equipamentos e métodos de mineração adequados para mineração mista e mineração acima e debaixo de água.
 - 5) Planeamento de áreas de empréstimo de rochas: as áreas de empréstimo com características litológicas únicas, sobrecarga fina, boas condições de mineração e transporte e com menos interferências na construção devem ser mineradas em primeiro lugar.
 - 6) As áreas de processamento e de reserva necessárias devem ser levadas em consideração no planeamento de uma área de empréstimo;
- d) O cronograma dos ensaios de construção deve cumprir os seguintes requisitos:
- 1) Os ensaios de construção devem ser realizados nos locais de testagem no exterior da área da barragem.
 - 2) Os ensaios de construção em campo devem ser realizados antes da construção, de forma a determinar a tecnologia de construção, otimizar a configuração do equipamento, processar o fluxo e definir os parâmetros de construção. Os ensaios de construção devem incluir: a reavaliação dos índices técnicos relevantes e da tecnologia e parâmetros da construção determinados na estrutura, a proposta de requisitos técnicos e métodos de inspeção para o controlo de qualidade e a elaboração de medidas técnicas aplicáveis à construção;
- e) A mineração de materiais de enrocamento deve cumprir os seguintes requisitos:
- 1) Métodos de mineração de matérias do solo: o método de mineração vertical pode ser aplicado em áreas de empréstimo que se encontram em montes, em áreas de empréstimo com uma camada de solo espessa, diferentes propriedades do solo e teor de água desigual, e em áreas de empréstimo com baixo teor de água no solo. O método de mineração horizontal pode ser aplicado em áreas de empréstimo planas e abertas com uma camada de solo espessa e em áreas de empréstimo com elevado teor de água no solo.
 - 2) Métodos de mineração de areia e cascalho: acima da água, os bulldozers podem ser utilizados para recolher matérias na horizontal e, então, os carregadores podem ser utilizados para escavar e segurar as matérias. Debaixo de água, as retroescavadoras podem ser utilizadas para extrair as matérias na vertical. As retroescavadoras ou escavadoras de arrasto podem ser utilizadas para extrair as matérias em condições variáveis.
 - 3) O método de perfuração e rebentamento ou o método de disparo por grandes câmaras deve ser aplicado na exploração de matérias rochosas. Nestes dois métodos, deve ser adoptada a mineração em bancada e os parâmetros de rebentamento devem ser escolhidos mediante ensaios.
 - 4) Quando a área de empréstimo tiver sido explorada, os campos devem ser transformados em terras agrícolas. O tratamento de rochas escarpadas, a conservação do solo e da água e a protecção ambiental também devem ser devidamente executados;

- f) O transporte dos materiais da barragem deve cumprir os seguintes requisitos:
- 1) Na escolha dos meios de transporte, devem ser levados em consideração os seguintes factores: as estradas devem ter acesso directo ao coroamento da barragem e deve haver menos pontos de transbordo; a escavação, a carga, o transporte e a descarga devem ser coordenados de forma a utilizarem as máquinas da maneira mais eficiente possível; o transporte deve corresponder às características dos materiais e intensidade de enchimento da barragem; para uma maior praticidade na gestão e manutenção, escolher o menor número de tipos de máquinas possível.
 - 2) No caso do planeamento do trajecto de transporte, devem ser levados em consideração os seguintes factores: a divisão da transportação em diferentes fases deve ser coordenada com o enchimento da barragem. Devem ser completamente considerados os critérios de acesso ao coroamento da barragem através do talude da barragem. Utilizar completamente o relevo do terreno e dispor de camiões de pesados para descer. As estradas de construção devem ser combinadas com estradas permanentes, tanto quanto possível. A largura, o declive, a curva e a distância da linha de visão das estradas devem cumprir os requisitos de condução e evitar ao máximo passagens de nível. Reforçar a manutenção das estradas.

7.1.3 A construção de corpos anti-infiltração do solo deve cumprir os seguintes requisitos:

- a) A construção de corpos anti-infiltração do solo deve cumprir não só os requisitos estabelecidos no ponto 6.1.4 como os seguintes requisitos:
- 1) Quando são utilizados veículos para transportar e descarregar materiais no coroamento da barragem, deve ser aplicado o método de avanço fora da margem para descarregar os materiais.
 - 2) Os corpos anti-infiltração podem ser preenchidos sem divisão em diferentes áreas ou secções e devem expandir completamente e permanecer na horizontal. Devem ser preenchidos ao mesmo tempo que as camadas de filtração a montante e a jusante, zonas de transição e partes do material da estrutura da barragem. Os corpos anti-infiltração devem ser laminados sobre as juntas;
- b) Quando é combinado com a fundação rochosa, talude da margem e betão, o corpo anti-infiltração deve ser construído de acordo com os seguintes requisitos:
- 1) Remover a terra, a sujidade, a poeira e as pedras soltas da superfície.
 - 2) Regar a superfície de contacto para a manter húmida e depois espalhar lama espessa durante o enchimento e a compactação.
 - 3) O enchimento de um corpo anti-infiltração na faixa entre 0,5 m e 1 m até a base da barragem, 1,5 m até uma junta de talude da margem, 0,5 m até uma parede dentada de betão, ou numa aresta, deve ser executado em camadas finas e compactado por máquinas leves. O enchimento de ambos os lados de uma parede dentada deve expandir uniformemente;

- c) A construção de um corpo anti-infiltração de material desgastado deve cumprir os seguintes requisitos:
- 1) O material desgastado deve ser extraído das áreas de empréstimo estabelecidas no projecto e a qualidade do material deve cumprir os requisitos de concepção.
 - 2) Uma camada de material resistente de 0,5 m, cuja baridade seca compactada deve cumprir os requisitos da estrutura, deve ser construída entre o material desgastado e a base rochosa (fundação ou talude da margem).
 - 3) O material desgastado deve ser compactado mediante cilindros vibratórios convexos.
 - 4) Os índices de construção do material desgastado podem ser decididos com base nos seguintes parâmetros empíricos e definidos mediante ensaios: a granulometria máxima deve ser inferior a 150 mm, o teor de água deve estar entre 8% e 12%, a espessura da camada deve estar entre 300 mm e 400 mm, a laminagem deve ocorrer entre 10 e 14 vezes;
- d) Se um corpo de anti-infiltração do material do solo é construído durante as estações chuvosas, é necessário ter em consideração os seguintes pontos:
- 1) As camadas soltas do solo à superfície devem ser compactadas com cilindros planos para mantê-las planas e lisas e a superfície deve inclinar-se para cima, de forma a drenar a água e evitar a infiltração de chuvas.
 - 2) Se a área de enchimento for estreita, podem ser utilizadas películas de plástico ou lonas para cobrir a superfície.
 - 3) Durante e após as chuvas, a passagem de veículos ou pedestres está proibida.
 - 4) As máquinas de construção devem ser colocadas no exterior da área de enchimento.

7.1.4 A construção de um corpo impermeável de painel de betão armado deve cumprir os seguintes requisitos:

- a) Quando a altura da barragem é inferior a 100 m, o painel de betão deve ser vertido de uma só vez. Quando a altura da barragem é superior ou igual a 100 m, o painel pode ser vertido por fases, de acordo com a disposição da construção ou a necessidade de armazenamento prévio da água. O lingotamento das juntas por fases devem ser executado em conformidade com as juntas de construção. Se houver um requisito de concepção, o lingotamento deve ser executado de acordo com os requisitos de concepção;
- b) O painel deve ser construído após o cumprimento dos requisitos de concepção relativamente ao período de pré-assentamento e à taxa de assentamento mensal. Quando o painel é construído por fases, a parte superior do painel deve ser preenchida até uma determinada altura na fase inicial. Quando a altura da barragem é superior a 100 m, a altura de transbordo acima da parte superior do painel nessa fase não deve ser inferior a 10 m;

- c) Antes da construção do painel, a rede da superfície do talude da camada das fundações deve ser medida e determinada. O desvio entre a linha lateral externa e a linha lateral da estrutura deve cumprir os requisitos de concepção. Antes do lingotamento do betão, a protecção do talude (incluindo a parede lateral extrudida) deve ser verificada e anulada e os danos parciais no talude devem ser tratados em tempo útil;
- d) O molde deslizante indetectável e a colocação em sequência devem ser aplicados no lingotamento de betão do painel e o maciço triangular inicial deve ser vertido em conjunto com o painel principal;
- e) Os seguintes princípios devem ser seguidos na criação da cofragem deslizante:
 - 1) Adaptação à largura da junta isolante do painel e à planidade da cofragem deslizante.
 - 2) Dispor de resistência e rigidez suficientes.
 - 3) Dispor de contrapeso suficiente.
 - 4) Atender as necessidades da superfície de vibração e pressão da construção.
 - 5) A montagem, operação e desmontagem serem práticas e flexíveis.
 - 6) Devem ser tomadas medidas de segurança. Os dispositivos de travagem devem ser montados na cofragem deslizante e o tirante deve ser seguro e fiável quando a tracção é executada mediante guincho;
- f) A largura, espessura e lisura de uma superfície do talude da almofada de amortecimento de argamassa de cimento sob juntas verticais devem cumprir os requisitos de concepção;
- g) As barras de aço do painel devem ser coladas, soldadas ou conectadas mecanicamente no local, ou deve ser aplicado o método de montagem completa da malha de aço pré-fabricada no local;
- h) A cofragem lateral do painel moldado pode ser de cofragem de aço composto ou de madeira com um ângulo de protecção. A altura da cofragem lateral deve atender as necessidades de espessura do painel. O comprimento dos maciços e o método de ancoragem devem ser práticos para a montagem e desmontagem na superfície do talude. A cofragem lateral utilizada como estrutura de suporte da cofragem deslizante deve ser concebida de acordo com a estrutura de apoio de força;
- i) A montagem da cofragem lateral deve ser resistente e segura, a superfície interior deve ser plana e as instalações com cordão de estanquidade devem ser fixadas no local e não devem ser danificadas. O desvio admissível da montagem é o seguinte:
 - 1) O desvio da linha de concepção da junta é de ± 3 mm.

- 2) A verticalidade é (± 3 mm).
 - 3) A diferença da variação numa distância de 2 m é de ± 5 mm;
- j) O lingotamento do betão deve respeitar as seguintes normas:
- 1) O betão deve ser uniformemente distribuído no armazém, e a espessura de cada camada deve estar entre 250 mm e 300 mm. O betão à volta do cordão de estanquidade deve ser complementado com uma distribuição artificial e não deve ocorrer separação de agregados.
 - 2) Após a distribuição, deve ser vibrado e compactado em tempo útil. Ao vibrar, o vibrador não deve tocar na cofragem deslizante, na barra de reforço e no cordão de estanquidade. O vibrador não deve ser colocado sobre ou próximo da cofragem deslizante e deve ser inserido na camada de lingotamento ao longo da cofragem deslizante. Os vibradores devem vibrar dentro da cofragem deslizante, a distância entre vibrações não deve ser superior a 400 mm, o comprimento do vibrador inserido no betão inferior na vertical deve ser de 50 mm, o diâmetro do vibrador não deve ser superior a 50 mm e o diâmetro do vibrador próximo da cofragem lateral não deve ser superior a 30 mm. O betão à volta do cordão de estanquidade deve ser vibrado e compactado.
 - 3) Durante o processo de lingotamento, o betão aderente à cofragem e às barras de aço deve ser removido em tempo útil. O betão de enchimento adicional do bordo frontal deve ser removido antes de cada deslizamento.
 - 4) No caso da superfície do betão após a desmoldagem, o betão deve ser nivelado e prensado em tempo útil. A superfície de betão numa distância de 1 m de cada lado da junta deve ser inspeccionada com uma régua de 2 m de comprimento e o desnível não deve exceder 5 mm.
 - 5) Cada distância de deslizamento não deve exceder 300 mm, e o intervalo entre cada deslizamento não deve exceder 30 minutos. A velocidade média de deslizamento do lingotamento do painel deve estar entre 1,5 m/h e 2,5 m/h e a velocidade máxima de deslizamento não deve exceder 3,5 m/h;
- k) Quando o painel é vertido por fases, a superfície de betão da junta de construção deve ser definida numa espessura não inferior a 1/2 da secção na direcção da linha normal do painel e outros elementos podem ser colocados na direcção horizontal. As barras de aço do primeiro painel de lingotamento devem trespassar as juntas de construção e o comprimento das barras de aço que expõem as juntas de construção não deve ser inferior ao comprimento da ancoragem.

7.1.5 A construção de corpos anti-infiltração geossintéticos deve cumprir os seguintes requisitos:

- a) A qualidade do material, ligação, transporte e resguardo dos geossintéticos devem cumprir os seguintes requisitos:
 - 1) Escolher geossintéticos de acordo com os requisitos de concepção. Os geossintéticos devem cumprir os requisitos das normas aplicáveis.

- 2) Os principais índices físicos e mecânicos dos geossintéticos devem ser testados novamente quando transportados para o estaleiro.
 - 3) Devem ser realizados ensaios de aderência aos geossintéticos, e essa testagem deve cumprir os seguintes requisitos:
 - Os ensaios no interior e no exterior devem ser realizados em diferentes condições de temperatura no estaleiro.
 - Os ensaios de aderência em locais onde endurecedores são adicionados a aglutinantes devem ser realizados no inverno, de forma a reduzir o tempo de endurecimento.
 - O tempo de endurecimento deve cumprir os requisitos de intensidade da construção.
 - Quando os aglutinantes são mudados, os ensaios de aderência devem ser realizados novamente.
 - Quando materiais termoplásticos são escolhidos para geomembranas, no caso das juntas termofusíveis, pode ser aplicado o método de colagem termofusível ou dispositivos de termossoldadura por impulsos.
 - Para ligar o geossintético quando serve de camada filtrante, podem ser aplicados métodos de ligação de juntas.
 - 4) Os geossintéticos devem ser devidamente transportados e armazenados em segurança. Os geossintéticos não devem ser empilhados a céu aberto, uma vez que a luz solar acelerará o envelhecimento dos materiais. Os geossintéticos devem ser devidamente mantidos num ambiente seco. A relação entre a área excedentária e a área de assentamento deve estar entre 25% e 100%.
 - 5) Verificar cuidadosamente a superfície dos geossintéticos. Em caso de existir alguma ruptura, o material deve ser reparado ou mudado. Os materiais que apresentem rupturas graves não devem ser utilizados. Durante a construção, devem ser evitados danos provocados pelo homem;
- b) A colocação de geomembranas e geomembranas compostas deve cumprir os seguintes requisitos:
- 1) O trabalho preparatório deve ser executado antes da construção. As geomembranas e os geotêxteis devem ser limpos, adequados e bem dobrados. As plataformas de soldadura devem ser construídas no estaleiro. A soldadura dos materiais deve ser realizada de acordo com a situação real. Durante a soldadura, garantir que as juntas são suficientemente largas e permanecem lisas.
 - 2) Nivelar a base: a base deve ser compactada, de forma a ficar lisa e nivelada de acordo com a forma ou o talude exigido pelo projecto. A base não deve apresentar águas, cascalhos ou elementos com arestas. Antes da colocação das geomembranas, deve ser construída uma camada protectora para evitar que as mesmas sejam perfuradas.
 - 3) Posicioná-las correctamente. Colocar o material de baixo para cima e deixar uma área sobreposta suficiente nas juntas e uma área suficiente para que o material repouse.

- 4) A largura das juntas de ligação deve cumprir os requisitos de concepção. No entanto, a largura não deve ser inferior a 80 mm. Os aglutinantes devem ser misturados e espalhados uniformemente. As juntas não devem apresentar matérias diferentes, como cascalhos e partículas de terra. As juntas devem ser prensadas de uma vez e deixadas a arrefecer e secar naturalmente. Os aglutinantes podem ser aquecidos para cumprir os requisitos do progresso da construção se o tempo estiver muito frio, mas a temperatura do aglutinante não deve ser superior a 60 °C.
- 5) Quando as geomembranas das cortinas espessas forem colocadas na vertical, devem apresentar-se em zigue-zague. Se forem colocadas juntas de dilatação longitudinais na direcção do eixo da barragem como requerido pela concepção, é recomendável utilizar geomembranas compostas para diminuir o atrito das camadas quando as juntas forem retiradas. Se for utilizada uma geomembrana simples, devem ser adoptadas medidas de protecção em ambos os lados da geomembrana, como a adição de uma camada de transição de partículas finas ou geotêxteis. Os cilindros vibratórios não podem ser usados na área de enchimento que está a uma distância de 500 mm a 1000 mm de ambos os lados da cortina espessa, enquanto os compactadores tipo sapo podem ser usados nesta área. Se um dos lados da geomembrana apresentar argila, na construção pode ser aplicado o método de retenção de tabuados. O desvio entre o eixo real e o eixo de concepção da geomembrana não deve ser superior a 100 mm.
- 6) Quando for aplicado o método de colagem termofusível, a soldadura deve cumprir os seguintes requisitos:
 - A temperatura e velocidade de trabalho da máquina de soldar são definidas e controladas de acordo com as propriedades de temperatura e material em qualquer momento. A temperatura de trabalho da máquina de soldar deve estar entre 180 °C e 200 °C.
 - A geomembrana de polietileno na junta de solda deve ser soldada numa só unidade e não deve apresentar juntas frias, fracções de soldadura ou soldadura excessiva.
 - Quando aparecer uma junta fria ou uma fracção de soldadura, a junta de solda deve ser cortada e os elementos danificados devem ser reparados por extrusora termofusível mediante um metal de base com um diâmetro superior ao dobro do diâmetro do elemento danificado.
 - A largura das costuras de solda duplas deve ser de 2 mm x 10 mm.
 - A dimensão do desalinhamento entre as soldas transversais deve ser superior ou igual a 500 mm.
 - A junta em T deve ser reparada com o metal de base e a dimensão do remendo pode ser de 300 mm x 300 mm. Os ângulos rectos do remendo devem ser arredondados.
 - Na soldadura, é necessário cortar a geomembrana de polietileno danificada em tempo útil e soldá-la firmemente por extrusão termofusível.
 - A geomembrana de polietileno de duas camadas deve ser achatada e flexível;

- c) A colocação de materiais geotécnicos compostos no talude da barragem e na cortina inclinada deve cumprir os seguintes requisitos:
- 1) Ao colocar materiais no talude da barragem, os materiais enrolados devem ser desenrolados e dispostos de cima para baixo. O tratamento das juntas deve ser executado correctamente.
 - 2) Os trabalhadores devem usar sapatos macios quando estão a colocar as geomembranas. Os materiais devem ser devidamente cobertos e cumprir os seguintes requisitos:
 - As geomembranas nos taludes da barragem podem ser protegidas por painéis de betão ou revestimento rochoso.
 - As geomembranas no leito do reservatório e no fundo do depósito devem ser cobertas com cascalho arenoso ou cascalho, com uma profundidade de cobertura não inferior a 300 mm a 400 mm.
 - Nas regiões frias, as geomembranas devem ser rapidamente cobertas para evitar danos causados pelas geadas.
 - Em regiões com um nível de água variável, a profundidade da camada protectora deve ser mais espessa e igual à profundidade do solo congelado.
 - O material de cobertura deve ser escolhido a partir de agregados grossos, como cascalho triturado e em paralelepípedo.
 - Nos taludes mais íngremes da barragem e do reservatório, a camada protectora não deve ser feita de argila;
- d) A ligação periférica das geomembranas deve cumprir os seguintes requisitos:
- 1) As geomembranas devem ser dispostas sobre as camadas impermeáveis circundantes.
 - 2) Para a ligação entre as geomembranas e o muro corta-águas abaixo, se o projecto exigir que as geomembranas sejam ligadas ao muro corta-águas de betão abaixo, as geomembranas devem ser incorporadas directamente e a profundidade incorporada não deve ser inferior à faixa entre 100 mm e 300 mm. As geomembranas devem ser dobradas na forma "┐". Nos elementos incorporados, a colocação do betão pode ser executada de acordo com o betão de segunda fase. Quando as geomembranas estão directamente ligadas à fundação rochosa da barragem, a camada superior desgastada deve ser limpa e as geomembranas devem estar a uma profundidade entre 300 mm e 500 mm na fundação rochosa incorporada e devem ser envolvidas por betão posteriormente. Quando as fundações forem uma abertura dentada de argila, as geomembranas devem ser dobradas em zigue-zague, como "┘", e manualmente apiloadas camada a camada.

- 3) Para a ligação entre as geomembranas e o talude da margem, se não houver requisitos de concepção, as geomembranas podem ser envoltas em paredes de espinhos de betão ou entrar na fundação rochosa impermeável;
- e) Obras de protecção: quando as geomembranas forem utilizadas para anti-infiltração em paredes inclinadas, deve ser colocada uma camada protectora sobre as geomembranas acabadas.
 - 1) A camada protectora do solo deve ser disposta de cima para baixo. A espessura e a densidade da camada devem ser construídas de acordo com os requisitos de concepção.
 - 2) Se a camada protectora for constituída por material duro, como betão, lajes e pedras pré-talhadas, as fundações devem ser cuidadosamente tratadas para controlar a distorção e evitar que as geomembranas deslizem e provoquem fendas. Além disso, o assentamento periférico e a pressão na parte superior devem ser coordenados durante a construção, de forma a garantir a natureza geral do trabalho de assentamento. Se a camada protectora for feita mediante pulverização do betão, deve ser garantida a consistência da espessura do betão;
- f) A inspecção de qualidade da construção deve cumprir os seguintes requisitos:
 - 1) A criação de um sistema de inspecção de qualidade e a inspecção regular de matérias-primas, ensaios de materiais, preparação e utilização de aglutinantes, juntas, planidade da superfície disposta e ligações periféricas por pessoas especialmente designadas para o efeito.
 - 2) A inspecção da aparência deve ser realizada sempre que o enchimento de ambos os lados das geomembranas subir uma camada. Se presentes, as anomalias devem ser tratadas em tempo útil. Sempre que a altura da barragem subir 2 m a 4 m, devem ser escavados poços de ensaio de ambos os lados das geomembranas, de forma a permitir inspeccionar a planidade, dobras, rupturas, linhas quebradas, fugas, fendas nas juntas, entre outros. Se a situação for grave, devem ser tomadas medidas correctivas em tempo útil. A profundidade do poço de ensaio deve ser de 1 m a 1,5 m e não deve haver menos de 2 a 4 poços de ensaio dispostos no plano da barragem.
 - 3) As notas sobre a construção devem ser devidamente registadas e os dados da inspecção de qualidade da construção, temperatura, ensaios de várias matérias-primas e relatórios de acidentes de qualidade devem ser devidamente guardados.
 - 4) Subprojectos, como a colocação de geomembranas e ligações periféricas, devem ser verificados e aceites na fase intermédia da construção.

7.1.6 A construção do material da estrutura da barragem deve cumprir os seguintes requisitos:

- a) Quando um veículo motorizado for escolhido para transportar materiais até à barragem, o cascalho arenoso e o material de enrocamento devem ser descarregados pelo método de assentamento na direcção inversa ou pelo método combinado (em primeiro lugar, assentar na direcção inversa e depois avançar);

- b) Após o enchimento do material da estrutura da barragem, deve ser aspergida água suficiente, devendo o volume de água aspergida ser de cerca de 15% a 25% para cascalho arenoso e 12% a 30% para materiais de enrocamento;
- c) Os materiais de pavimentação devem ser nivelados e a sua espessura deve ser rigorosamente controlada;
- d) O diâmetro máximo dos maciços rochosos deve ser inferior a 2/3 da espessura da camada;
- e) O material da estrutura da barragem deve ser compactado mediante cilindros vibratórios. O tempo de compactação deve ser determinado pelos ensaios correspondentes;
- f) O enchimento real do talude deve ser 300 mm a 500 mm superior ao valor projectado. Por uma questão de praticidade no corte do talude, os materiais finos devem ser utilizados para preenchimento numa distância de 300 mm a 500 mm do talude;
- g) Os lados ou arestas onde o cilindro vibratório não alcança, devem ser preenchidos com materiais finos numa largura de 1 m a 1,5 m. É utilizada uma placa de atacamento para compactar ou uma camada de enchimento fina é utilizada e posteriormente compactada por um compactador tipo sapo. A compactação de baridade seca nos lados e arestas não deve ser 96% ao valor projectado.

7.1.7 A construção da camada filtrante invertida deve estar em conformidade com o ponto 7.1.5 e cumprir os seguintes requisitos:

- a) A gradação do material de areia, o teor de lodos e o módulo de finura devem cumprir os requisitos de concepção;
- b) O material das camadas filtrantes invertidas deve ser transportado por carregadores e manualmente achatado. Após aspersão de água suficiente, é utilizado um compactador vibratório ou um vibrador para compactação.

7.1.8 A construção do material com almofada de amortecimento e do material de transição no corpo anti-infiltração do escudo deve cumprir os seguintes requisitos:

- a) A largura de pavimentação, a gradação, o coeficiente de uniformidade e o coeficiente de permeabilidade do material com almofada de amortecimento e do material de transição devem cumprir os requisitos de concepção;
- b) A espessura deve ser metade da dos materiais de enrocamento e compactada pelos cilindros vibratórios tipo tracção. A junta de canto entre cada duas camadas de enchimento e o material da estrutura da barragem deve ser compactada uma vez. Deve ser mantida uma margem excedentária entre 300 mm e 500 mm no talude. A cada 10 m a 15 m, a superfície do talude deve ser achatada e compactada. A superfície plana do talude deve estar 50 mm a 100 mm acima do plano de concepção. A superfície do talude deve ser compactada por um cilindro vibratório tipo tracção de 80 kN a 100 kN, com execução de laminação estática em primeiro lugar, seguida de laminação vibratória. A parte superior precisa de ser vibrada, ao contrário da parte inferior. O tempo de compactação deve ser determinado pelos ensaios correspondentes;

- c) A argamassa de cimento com uma espessura de 50 mm a 80 mm e uma resistência de 5,0 MPa a 7,0 MPa deve ser pavimentada no talude a montante para protegê-lo. A irregularidade deve ser inferior a 50 mm;
- d) A argamassa de cimento deve ser firmemente combinada com o material asfáltico que se encontra debaixo da placa de corte de cobre na área à volta do maciço. Nenhuma parte deve ser omitida durante a colocação;
- e) É necessário ter em consideração a protecção da superfície protectora da argamassa de cimento e o seu endurecimento mediante aspersão de água durante 15 dias;
- f) Algumas novas tecnologias, como a protecção do talude de argamassa laminada, a protecção do talude de asfalto emulsionado com catiões e a trituração do betão das paredes laterais, devem ser adoptadas na construção do corpo anti-infiltração do escudo.

7.1.9 O sistema de drenagem e a protecção do talude devem cumprir os seguintes requisitos:

- a) O sistema de drenagem deve ter em consideração os seguintes pontos:
 - 1) Os materiais rochosos que compõem o sistema de drenagem devem ser duros e sólidos. As propriedades mecânicas e o dimensionamento geométrico devem cumprir os requisitos de concepção.
 - 2) A espessura da rocha de enchimento manual não deve ser inferior a 1 m e a camada superior e a camada inferior devem interligar-se sem fendas entrelaçadas na horizontal.
 - 3) As fundações do sistema de drenagem no interior da barragem devem ser compactadas. O talude longitudinal do sistema de drenagem deve cumprir os requisitos de concepção, a ligação deve ser devidamente soldada e deve ser colocada uma camada filtrante invertida. A ligação do sistema de drenagem no exterior da barragem deve ser estanque e incluir medidas anti-congelamento.
 - 4) Outras instalações de drenagem, como um poço de alívio e um canal de drenagem profundo, devem cumprir os requisitos de concepção;
- b) A protecção do talude a montante deve cumprir os seguintes requisitos:
 - 1) Os materiais rochosos utilizados na protecção do talude devem ser duros e sólidos. A resistência à compressão e o dimensionamento geométrico devem cumprir os requisitos de concepção.
 - 2) A protecção do talude de enrocamento deve adaptar-se adequadamente ao enchimento do corpo da barragem e o enrocamento e o enchimento devem ser executados simultaneamente.
 - 3) O empedrado deve ser construído na vertical de baixo para cima com juntas escalonadas que devem ser densas e estáveis. As pedras grandes devem ser vedadas nas arestas e a superfície das pedras deve ser lisa.

- 4) Os maciços de betão pré-fabricado devem ser colocados de baixo para cima com juntas escalonadas. As superfícies devem ser lisas com furos de drenagem suficientes;
- c) Para a protecção do talude de relva a jusante, deve ser escolhida relva que se enraíze facilmente, que se espalhe pelo terreno e que seja tolerante à seca. A distribuição das sementeiras deve ser uniforme e precisa de ser cuidada por aspersão de água. Se o solo não for resistente, deve ser colocada uma camada de húmus antes de cultivar a relva.

7.1.10A construção nas estações chuvosas e em dias com temperaturas negativas deve ser realizada de acordo com os seguintes requisitos:

- a) O enchimento durante as estações chuvosas deve cumprir os seguintes requisitos:
 - 1) Os dados hidrológicos e meteorológicos locais devem ser analisados para determinar os dias de construção de vários materiais da barragem durante as estações chuvosas. A quantidade de máquinas e equipamentos de construção deve ser criteriosamente escolhida e as medidas de construção devem ser estabelecidas para as estações chuvosas.
 - 2) De acordo com a previsão hidrológica e meteorológica, o tempo de enchimento deve ser criteriosamente organizado, os trabalhos preparatórios resistentes à chuva devem ser executados antecipadamente, e deve ser aproveitada a oportunidade de continuar a construção durante as estações chuvosas.
 - 3) É aconselhável aumentar o enchimento da cortina espessa da barragem de cortina espessa e dos materiais de enchimento de ambos os lados e alguns dos materiais da estrutura da barragem em dias solarengos, e continuar a encher os materiais da estrutura da barragem em dias chuvosos, de forma a manter a subida da superfície da barragem de maneira estável.
 - 4) A superfície de enchimento da cortina espessa e da cortina inclinada deve estar inclinada para o lado a montante e a superfície de enchimento na cortina espessa larga e na barragem homogénea deve ser erguida no centro e inclinada para os lados a montante e a jusante.
 - 5) A área de enchimento do corpo impermeável deve ser devidamente reduzida e o solo deve ser nivelado e compactado em tempo útil.
 - 6) O solo plano, mas não laminado solto, deve ser laminado rapidamente com um cilindro com tambor de vibração suave de forma a criar uma superfície lisa antes das chuvas e o equipamento mecânico na superfície de enchimento do corpo impermeável deve ser retirado e permanecer na área da estrutura da barragem.
 - 7) Tomar medidas para a protecção da superfície da barragem em dias chuvosos até ao reinício dos trabalhos. As máquinas e o pessoal de construção não devem passar pelo corpo impermeável e pelos materiais filtrantes.

- 8) A hidropisia superficial do corpo impermeável deve ser removida antes da retoma dos trabalhos após as chuvas. Se houver excesso de água no solo não compactado da superfície do corpo impermeável, o solo pode ser aligeirado, seco ou removido. Os materiais filtrantes misturados e poluídos pelo solo devem ser removidos. O enchimento não pode ser realizado na superfície da barragem com água e lama acumuladas.
 - 9) A construção de áreas de materiais de cascalho arenoso e de enrocamento pode continuar em dias chuvosos, mas a poluição dos materiais pela lama deve ser evitada;
- b) O enchimento com temperaturas negativas deve cumprir os seguintes requisitos:
- 1) Devem ser reunidas medidas de construção especiais e devem ser escolhidos os materiais da barragem, o isolamento térmico e as medidas anti-congelamento de acordo com as previsões meteorológicas.
 - 2) Uma camada entre 1,0 m e 2,0 m de solo ligeiro deve ser pré-preenchida ou devem ser tomadas outras medidas anti-congelamento antes do congelamento das fundações da barragem. Após serem tomadas medidas de protecção contra o congelamento das fundações da barragem, o preenchimento pode ser executado se não existir qualquer camada de gelo intermédia visível e levantamentos do solo por congelamento.
 - 3) A área de preenchimento do solo a céu aberto deve ser diminuída e as operações de pavimentação, laminagem e amostragem do solo devem ser rápidas e contínuas. A temperatura do solo durante a compactação deve ser superior a $-1\text{ }^{\circ}\text{C}$. A construção deve ser interrompida quando a temperatura mínima for inferior a $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ ou inferior a $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ e a velocidade do vento for superior a 10 m/s.
 - 4) O teor de água do solo argiloso não é superior a 90% do solo plástico, e o teor de água dos agregados finos com dimensões de partículas inferiores a 5 mm em areia e cascalho deve ser inferior a 4%.
 - 5) A prevenção contra o congelamento e a preservação do calor das camadas compactadas do solo devem ser realizadas de forma adequada para evitar o congelamento do solo. A parte congelada do corpo impermeável, como o corpo homogéneo da barragem, a cortina espessa e a parede inclinada, deve ser removida. A camada compactada de cascalho e enrocamento pode ser continuamente preenchida se a baridade seca tiver alcançado as disposições de concepção.
 - 6) Quando o enchimento é interrompido, a superfície do corpo impermeável deve ser protegida contra o congelamento e removida durante o enchimento.
 - 7) O enchimento não deve apresentar qualquer sinal de gelo e neve.

- 8) O solo, a areia, os materiais de areia e cascalho e o enrocamento não devem ser regados. Se necessário, devem ser tomadas medidas de adelgaçamento da camada e de melhoria da capacidade de compactação, de forma a garantir a qualidade.
- 9) Se a construção for interrompida devido a neve, a neve na superfície da barragem deve ser limpa antes da retoma dos trabalhos.

7.1.11 O controlo de qualidade da construção deve respeitar as seguintes disposições:

- a) O controlo de qualidade deve estar em conformidade com este documento e com as normas e documentos técnicos pertinentes;
- b) A gestão das fases e processos de trabalho deve ser reforçada. Durante a construção, seguir rigorosamente o procedimento de tal modo que, se um processo não for aprovado, o processo seguinte não possa prosseguir;
- c) Deve ser montado um posto de controlo de qualidade na área de empréstimo, de forma a controlar a qualidade dos materiais da barragem. Nenhum material não aprovado deve ser transportado para a barragem. A inspeção de qualidade na área de empréstimo consiste principalmente na inspeção visual e nos ensaios manuais. Apenas algumas amostras representativas devem ser testadas. Os dados e índices de identificação devem incluir o seguinte:
 - 1) No caso dos materiais do solo anti-infiltração, os limites superior e inferior do teor de água, o limite inferior do teor de argila, as características do solo e a granulometria.
 - 2) No caso dos materiais filtrantes invertidos, a gradação, o teor de lodos e o teor de partículas desgastadas.
 - 3) No caso dos materiais de transição, a gradação, a granulometria máxima e o teor de lodos.
 - 4) No caso dos materiais de cascalho da estrutura da barragem, o teor de cascalhos e o teor de lodos.
 - 5) No caso dos materiais de enrocamento, a dimensão máxima das rochas, o teor inferior a 5 mm e o teor de partículas fracas desgastadas;
- d) O controlo de qualidade do enchimento do corpo da barragem deve incidir sobre os seguintes elementos:
 - 1) No caso do corpo anti-infiltração do solo, o planeamento da rugosidade da superfície entre camadas, o teor de água, a espessura da camada do solo, os parâmetros de laminagem, a lisura da superfície, a ruptura por cisalhamento, a elasticidade do solo, menor compactação ou compactação omissa, as ligações ao betão de fundações ou de talude e o controlo do talude da barragem.
 - 2) No caso da camada filtrante invertida, camada de transição e materiais da estrutura da barragem, são principalmente os parâmetros de compactação, as juntas e as medidas de protecção que devem ser controlados. A espessura da camada assente e o tempo de laminagem devem ser verificados e analisados estatisticamente para estudar a melhoria das medidas. Os elementos a verificar na compactação da barragem e os dados da amostra estão listados no Quadro 41.

Quadro 41 Elementos a verificar na compactação da barragem

Tipo e posição do material			Elementos verificados	Períodos de amostragem
Corpo anti-infiltração	Solo argiloso	Arestas	Baridade seca e teor de água	2-3 vezes/camada
		Superfície de laminagem		1 vez/100 m ³ -200 m ³
		Barragem de terra homogénea		1 vez/200 m ³ -500 m ³
	Solo de cascalho	Arestas	Baridade seca, teor de água e teor de cascalho superior a 5 mm	2-3 vezes/camada
Superfície de laminagem		1 vez/200 m ³ -500 m ³		
Material filtrante invertido			Baridade seca, gradação, teor de lodos	1 vez/200 m ³ -500 m ³ , 1 vez cada camada
Material de transição			Baridade seca, gradação	1 vez/500 m ³ ~1000 m ³ , 1 vez cada camada
Material de areia da estrutura da barragem			Baridade seca, gradação	1 vez/5000 m ³ -10 000 m ³
Material de cascalho da estrutura da barragem			Baridade seca, teor de água, teor de cascalho inferior a 5 mm	1 vez/3000 m ³ ~ 6000 m ³
Material de enrocamento			Baridade seca, gradação	1 vez/10 000 m ³ -100 000 m ³
NOTA Os períodos de testagem para a gradação de material de enrocamento podem ser inferiores aos da baridade seca.				

- e) No corpo anti-infiltração, devem ser escolhidas várias posições de amostragem fixas e são colhidas amostras representativas para serem realizados ensaios laboratoriais a cada 10 m de altura da barragem. Os resultados podem ser usados como referência para verificar a gestão do projecto e da engenharia.

7.2 Barragens de alvenaria

7.2.1 A construção de barragens de alvenaria deve cumprir os seguintes requisitos gerais:

- a) Além dos requisitos indicados nesta secção, a construção de barragens de alvenaria também deve cumprir as normas do ponto 6.6;
- b) O tratamento de fundações de barragens de alvenaria deve estar em conformidade com as normas do ponto 6.3;
- c) A operação de assentamento de pedras deve basear-se no estado de solidificação dos materiais de cimentação;
 - 1) Antes da presa inicial dos materiais de cimentação, é permitido o assentamento de duas camadas de pedras ao mesmo tempo.
 - 2) Quando o material de cimentação se encontrar entre a presa inicial e a presa final, não é permitida qualquer perturbação na alvenaria.

- 3) Após a presa final do material de cimentação de alvenaria, se a alvenaria tiver de continuar, os requisitos da resistência do material de cimentação e da superfície de alvenaria devem estar em conformidade com as normas do ponto 6.6.10;
- d) A alvenaria deve ser construída em blocos, de acordo com o projecto. No mesmo bloco, a alvenaria da barragem deve aumentar camada a camada de forma completa e contínua. A diferença de nível entre alvenarias adjacentes deve ser inferior a 1,5 m e deve ser em forma de degraus, de acordo com o padrão das pedras e os requisitos das juntas escalonadas das camadas superiores e inferiores.

7.2.2 As pedras superficiais e alguns detalhes estruturais devem cumprir os seguintes requisitos:

- a) O assentamento das pedras da superfície e do corpo da barragem deve avançar à mesma velocidade. Para condições com velocidades diferentes, a diferença de nível deve ser inferior a 1,0 m e a superfície das juntas deve ser tratada como uma junta de construção vertical. Não é permitido o levantamento de pedras laminadas debaixo das pedras superficiais;
- b) Quando as pedras do corpo da barragem forem unidas ao betão, a superfície rugosa deve ser utilizada;
- c) Se a superfície externa da barragem for um plano vertical, devem ser utilizadas pedras grossas na superfície e o molde da construção deve ser escalonado e em T. Quando a superfície da barragem for um plano inclinado descendente, devem ser utilizadas pedras com formas especiais. Se o plano inclinado for em forma de degraus, também pedras grossas podem ser utilizadas e assentes na horizontal;
- d) A secção de curva de vazão e em arco invertido da superfície do descarregador de cheia deve ser construída a partir de pedras com formas especiais e argamassa de cimento de alto desempenho. A coroa em arco da galeria deve ser construída com tuches. Se forem utilizadas pedras grossas, a largura das juntas pode ser ajustada de modo a formar o arco;
- e) Para barragens abóbada e de abóbadas múltiplas, se forem utilizadas pedras grossas, os arcos podem ser formados mediante o ajustamento da largura das juntas verticais. No entanto, a diferença da largura entre as duas extremidades de uma junta deve ser inferior a 10 mm para barragens abóbada e inferior a 20 mm para barragens de abóbadas múltiplas;
- f) A superfície das juntas de assentamento deve ser mantida lisa e na vertical;
- g) A construção de barragens de abóbadas múltiplas deve respeitar as seguintes normas:
 - 1) A superfície de contacto entre uma abóbada de berço inclinado e os contrafortes deve ser tratada como uma junta de construção.
 - 2) O estabelecimento das pedras em todas as abóbadas de berço inclinado deve expandir-se à mesma velocidade. No caso de haver várias velocidades, a diferença de nível entre duas abóbadas de berço inclinado adjacentes deve estar em conformidade com os requisitos de estabilidade dos contrafortes.

- 3) Quando for construída uma abóbada de berço inclinado, a imposta de betão com um plano inclinado (perpendicular à abóbada de berço inclinado) deve ser criada antecipadamente na rocha-mãe. Posteriormente, as pedras são dispostas nesta imposta e a superfície das rochas dispostas são mantidas perpendicularmente ao plano inclinado da abóbada inclinada;
- h) A construção em consola das superfícies da barragem deve cumprir as seguintes normas:
- 1) Se forem utilizadas e colocadas na horizontal pedras com formas especiais, estas devem ser processadas e numeradas uma a uma e, posteriormente, colocadas de acordo com o número.
 - 2) Para a construção de escadas em consola, a largura na direcção de saliência deve ser inferior a 1/5 da largura das pedras.
 - 3) Para a construção vertical em consola de pedras grossas, as pedras e o betão do corpo da barragem devem ser construídos em tempo útil.

7.2.3 A construção de muros corta-águas em betão deve cumprir os seguintes requisitos:

- a) O tipo de anti-infiltração da barragem de alvenaria pode adoptar uma chapa de cortina de betão, cortinas espessas de betão, refechamento das juntas com argamassa de cimento e membranas geotécnicas;
- b) O corpo anti-infiltração em betão deve ser construído na rocha-mãe. As medidas de rebentamento, alavancagem e escavação leves combinadas devem ser aplicadas na escavação de aberturas dentadas. As rochas a menos de 500 mm do plano base de concepção devem ser levantadas e escavadas, de forma a evitar quebrar a rocha-mãe;
- c) A anti-infiltração de betão deve ser construída após a colocação das pedras. A altura do corpo anti-infiltração deve estar um pouco abaixo da superfície de colocação das pedras;
- d) O betão do corpo anti-infiltração deve cumprir os requisitos de concepção relativamente a anti-fendas, anti-permeabilidade, anti-congelamento, anti-erosão e resistência. Os requisitos da tecnologia de construção de betão devem estar em conformidade com as normas do ponto 6.5;
- e) Não é permitida a incorporação de pedras no corpo anti-infiltração de betão.

7.2.4 A construção de rampas nos descarregadores de cheias deve cumprir os seguintes requisitos:

- a) A resistência dos materiais de pedra utilizados na construção das rampas dos descarregadores de cheias deve cumprir os requisitos de concepção. Os requisitos das pedras grossas devem cumprir as normas do ponto 6.6.1 e a superfície exterior deve ser embelezada e processada. A diferença do plano deve ser inferior a 2 mm;

- b) Os tijolos devem ser colocados com juntas alternadas nas camadas superior e inferior. O molde da construção deve ser completamente em T escalonado (não deve apresentar uma superfície plana alinhada à superfície de contacto da barragem) ou parcialmente em T escalonado e parcialmente alinhado. A diferença de altura entre dois planos adjacentes deve ser inferior a 5 mm. A largura das juntas deve ser uniforme e não deve ser inferior a 20 mm. A junta deve ser completamente preenchida com argamassa;
- c) O desvio admissível das dimensões e da posição da rampa deve cumprir os requisitos do Quadro 36.

7.2.5 O controlo de qualidade da construção deve cumprir os seguintes requisitos:

- a) Na construção de barragens de alvenaria, deve ser estabelecido um sistema de garantia de qualidade perfeito e um sistema de responsabilidade sólido;
- b) O controlo de qualidade deve proceder de acordo com as normas, desenhos de construção e requisitos tecnológicos aplicáveis dos contratos;
- c) Os registos da inspecção de qualidade devem ser organizados, analisados, resumidos e arquivados em tempo útil;
- d) As matérias-primas das barragens de alvenaria devem cumprir as normas do ponto 6.6;
- e) A inspecção de qualidade do betão no local deve cumprir as normas do ponto 7.3 e a inspecção de qualidade da argamassa e do betão de alvenaria deve cumprir as normas do ponto 6.6.

7.2.6 A inspecção de qualidade dos corpos da barragem deve cumprir os seguintes requisitos:

- a) A inspecção de qualidade da construção dos corpos de alvenaria deve cumprir as normas do ponto 6.6.20;
- b) Para a inspecção da densidade dos corpos de alvenaria, quando a posição de inspecção for inferior a 1/3 da altura da barragem, deve ser escavado pelo menos um grupo de poços de ensaio a cada 5 m a 10 m. Quando a posição for superior a 1/3 da altura da barragem, o número de poços de ensaio deve ser determinado por consulta e investigação das juntas. De preferência, o método de injeção de água deve ser aplicado como método preferencial de ensaio de densidade;
- c) A compacidade dos corpos de alvenaria deve ser inspeccionada em cada camada nova mediante ensaios simples (ensaios de intercalação e enchimento de água).

7.3 Barragens de betão

7.3.1 Para barragens de betão, devem ser concluídos os seguintes trabalhos preparatórios antes do lingotamento:

- a) Elaboração do planeamento da construção. Os conteúdos devem incluir os requisitos de protecção contra cheias durante o desvio, o tratamento das fundações, a montagem da estrutura metálica, o represamento do reservatório e a geração de energia para cada fase, de acordo com as características do tipo de barragem e as condições reais do local. O cronograma de construção em betão da barragem durante o primeiro período de baixa-mar deve ser particularmente considerado. Deve ser dada prioridade à construção de partes relacionadas com o desvio e a protecção contra cheias, estruturas que sejam complexas e que controlem o período de construção, a gunitagem de contacto, cuja temperatura seja necessário controlar, a gunitagem de cortinas que necessite de balastro;

- b) Deve ser montado e ajustado um sistema de agregados de arenito no betão, um sistema de mistura, um sistema de controlo de temperatura e um sistema de transporte, de acordo com os requisitos dos pontos 7.3.3.2 a 7.3.3.9, e, posteriormente, deve ser executada a produção experimental;
- c) O tratamento da escavação nas fundações da barragem deve cumprir os requisitos de concepção e passar nos ensaios de aceitação.

7.3.2 Os refechamentos das juntas e a formação dos maciços do betão, bem como a espessura de lingotamento, devem cumprir os seguintes requisitos:

- a) O refechamento das juntas e a formação dos maciços devem respeitar os seguintes princípios:
 - 1) As posições dos refechamentos das juntas devem estar em conformidade com os requisitos do esquema da estrutura e com as condições geológicas.
 - 2) O esquema de refechamento das juntas longitudinais deve cumprir os requisitos de tensão da secção do corpo da barragem, com uma formação de maciços uniforme e praticidade para o lingotamento da grelha de ligação.
 - 3) As dimensões dos maciços devem ser adaptadas à capacidade de lingotamento.
 - 4) As dimensões dos maciços devem estar em conformidade com os requisitos de qualidade e com o cronograma, bem como com os princípios económicos.
- b) Tanto a segmentação, como o refechamentos das juntas e a formação dos maciços de betão devem cumprir os requisitos de concepção. Se o projecto não previr normas específicas, a distância entre duas juntas transversais adjacentes pode ser estabelecida entre 15 m e 20 m, e para monólitos da barragem da central eléctrica, a distância pode ser estendida para 20 m a 25 m. A distância para juntas longitudinais pode ser estabelecida entre 15 m e 30 m;
- c) A espessura de lingotamento do betão deve ser determinada mediante cálculo, de acordo com a diferença admissível da temperatura. No intervalo restringido pelas fundações, a espessura da camada deve ser de 1 m a 2 m e fora do intervalo restringido pelas fundações deve ser de 3 m a 6 m. No mesmo maciço e segmento, as elevações das juntas de construção horizontais dos maciços de lingotamento adjacentes devem ser escalonadas. Se uma junta de construção horizontal se cruzar com o arco da parte superior da galeria, ela deverá conectar-se à imposta de gradiente 1: 1 a 1: 1.5, ou a distância entre as juntas de construção horizontais acima da galeria e o topo da galeria não deve ser inferior a 1,5 m;
- d) O intervalo de tempo entre duas camadas adjacentes de betão superior e inferior deve ser controlado entre 5 dias e 7 dias, e o tempo máximo não deve ser superior a 10 dias;

- e) Durante a construção, cada maciço da barragem deve ser erguido uniformemente, a diferença de elevação entre maciços adjacentes da barragem não deve ser superior a 6 m, e o valor máximo não deve ser superior a 10 m. No caso de segmentos especiais, por exemplo para silos de enterramento de tubos em aço, se está previsto que o limite seja ultrapassado, devem ser aplicadas medidas de preservação de calor, como o reforço da malha na parte superior ou o reforço da preservação do calor. Para a construção no verão, as medidas de manutenção e protecção devem permanecer até que o betão da camada superior seja coberto.

7.3.3 O esquema do sistema de produção de agregados deve cumprir os seguintes requisitos:

- a) O sistema de produção de agregados consiste, principalmente, na área de empréstimo e na unidade de processamento de agregados.
- 1) A quantidade necessária de materiais agregados deve ser determinada de acordo com a quantidade de betão e de outros materiais agregados, bem como com as perdas e eliminações durante a exploração, o processamento e o transporte.
 - 2) A capacidade de tratamento do processamento de agregados pode ser determinada de acordo com a quantidade média mensal de agregados e outros arenitos utilizados durante o período de maior utilização do betão;
- b) A qualidade dos materiais agregados deve cumprir os requisitos dos pontos 6.5.3.3 e 6.5.3.2. O uso de agregados alcalinos reactivos deve ser evitado, mas, se os ensaios com aditivos, como o cimento de baixa alcalinidade contendo cinzas volantes, comprovarem que não há qualquer impacto negativo no betão, estes podem ser usados;
- c) A área de empréstimo de agregados deve ser escolhida com base nos princípios de alta qualidade, economia e fontes locais. Na ausência de suficientes agregados naturais aprovados próximos da obra principal, deve ser considerada a possibilidade de explorar e processar os agregados artificiais nas proximidades. Devem ser utilizados os materiais de balastro que cumprem os requisitos de aprovação. As áreas de empréstimo não devem usar - ou usar menos - terras cultivadas;
- d) Os princípios para a escolha do local da unidade de processamento de agregados são os seguintes:
- 1) A unidade deve ser montada próximo da área de empréstimo. Quando há um elevado nível de utilização de agregados, a uma curta distância e o estado do local assim o permitir, também pode ser montada próximo da unidade de betonagem.
 - 2) Deve ser montada uma oficina de triturados grossos para o processamento de agregados de arenitos artificiais, o mais próximo possível da unidade de betonagem.
 - 3) As fundações dos principais equipamentos devem ser estáveis e apresentar suficiente capacidade de carga.

- 4) A distância de protecção necessária das áreas residenciais deve ser mantida para reduzir a influência do ruído e da poeira;
- e) O volume da área de empréstimo de produtos de material dos agregados pode ser definido entre 50% e 80% do valor médio mensal durante os períodos de pico. Durante os períodos de cheias e congelamento quando a mineração termina, será permitida uma margem adicional de 20% de utilização durante o período de mineração. Além disso, o volume deve cumprir os requisitos de desidratação natural dos agregados. Se o volume total da área de empréstimo for grande, devem ser criadas mais pilhas de materiais rugosos ou produtos semi-acabados e a altura de empilhamento pode ser consideravelmente grande;
- f) O empilhamento e o transporte de produtos de agregados deve cumprir os seguintes requisitos:
 - 1) O depósito de empilhamento deve dispor de excelentes sistemas de eliminação e drenagem de resíduos.
 - 2) As divisórias devem ser montadas para evitar a mistura de vários agregados e a sua altura deve ser determinada de acordo com o ângulo de fricção cinética (entre 34° e 37°) dos agregados, adicionada de 0,5 m.
 - 3) O número de transbordos deve diminuir o máximo possível. Se os agregados de partículas superiores a 40 mm passarem por uma queda superior a 3 m durante a eliminação, deverá ser montado o equipamento de queda lenta.

7.3.4 Os sistemas de preparação do betão devem cumprir os seguintes requisitos:

- a) Cálculo da capacidade de produção de betão por hora.
 - 1) A capacidade de produção de betão por hora é calculada de acordo com a fórmula (15)

$$P = \frac{q}{nm}k \quad \dots\dots\dots (15)$$

em que

- P* é a capacidade de produção de betão por hora, em m³/h;
- q* é a intensidade de moldagem do betão no mês de pico, em m³/mês;
- m* são as horas de trabalho diário, h, que podem ser fixadas em 20;
- n* são os dias de trabalho mensais, d, que podem ser fixados em 25;
- k* é o coeficiente de não uniformidade, que é a relação entre a intensidade de moldagem máxima real por hora no mês de pico e a intensidade média por hora no mês completo, e deve ser fixada em 1,5.

- 2) Se a superfície do silo de moldagem for bastante grande, a capacidade de produção de betão por hora deve garantir a não ocorrência de presa inicial. Se o betão for moldado pelo método de espalhamento suave, deve ser utilizada a fórmula (16) para os cálculos:

$$P \geq (1.1 \sim 1.2) \frac{\sum (F \cdot \delta) \max}{t_1 - t_2} \dots\dots\dots (16)$$

em que

$\Sigma(F \cdot \delta)$ máx é o volume máximo de gunitagem simultâneo máximo de todas as camadas de gunitagem;

F é a área de gunitagem;

δ é a espessura da camada de gunitagem;

t_1 é o intervalo de tempo admissível entre a gunitagem de betão;

t_2 é o tempo de transporte necessário para que o betão passe do ponto de descarga da máquina para o ponto mais distante da superfície do silo de gunitagem;

- b) Para uma capacidade de produção por hora superior a 50 m³, deve ser utilizada uma central de betão automática. Para uma capacidade de produção por hora inferior a 50 m³, deve ser utilizada uma central de betão simples;
- c) O esquema da unidade de betonagem deve manter os seguintes princípios:
- 1) A central de betão (estação) deve ser montada o mais próximo possível do local de gunitagem e cumprir os requisitos de rebentamento a uma distância segura.
 - 2) A topografia deve ser devidamente utilizada de modo a reduzir a quantidade de trabalho e a central de betão deve ser montada sobre uma base estável e forte.
 - 3) Devem ser considerados os requisitos de construção relativos aos períodos iniciais e subsequentes. Deve ser evitada, na medida do possível, a deslocalização intermédia. No caso das estruturas permanentes, a perturbação deve ser evitada;
- d) A unidade de betonagem deve apresentar, na medida do possível, um esquema centralizado. Um esquema disperso pode ser considerado nas seguintes condições:
- 1) As estruturas hidráulicas estão dispersas numa área abrangente ou as diferenças de elevação são grandes, com uma aplicação de gunitagem excessivamente intensiva. Se o esquema for centralizado, a distância de transporte para o betão é muito longa e o abastecimento é difícil.

- 2) As rotas de transporte do betão para ambos os lados não podem ser interligadas.
- 3) As áreas de empréstimo de agregados são dispersas, de modo que o transporte dos agregados é inadequado ou não é rentável para um esquema centralizado;
- e) As reservas totais das áreas de empréstimo do produto dos agregados para a unidade de betonagem não devem exceder o consumo médio da gunitagem de betão durante 3 a 5 dias durante o período de pico mensal, podendo, se tal for muito difícil, diminuir para 1 dia de consumo. As reservas de cimento no estaleiro devem corresponder a 4 a 7 dias de consumo médio diário de gunitagem de betão num mês de pico por transporte terrestre e a 5 a 15 dias por transporte por água. Se os silos provisórios estiverem longe do estaleiro, este período pode aumentar em cerca de 2 a 3 dias;
- f) Deve ser planeado o fornecimento de cimento por parte de um fabricante fixo, e os tipos devem ser de 1 a 2. Dentro do possível, devem ser criadas condições para a utilização de cimento a granel.

7.3.5 O transporte de betão deve cumprir os seguintes requisitos:

- a) O transporte de betão deve cumprir os requisitos do ponto 6.S.3.9;
- b) O modo de transporte do betão deve ser determinado de acordo com os factores de quantidade de trabalho, distribuição e distância do local de alimentação e com as dimensões e o estado do local de gunitagem;
- c) O método de colocação do transporte de betão deve ser escolhido de acordo com as condições reais das partes em que será aplicada gunitagem.
 - 1) Os cavaletes de veículos ou correias transportadoras devem ser utilizados em fundações e monólitos de barragem inferiores, onde a área de gunitagem não é extensa e a estrutura é simples.
 - 2) Os canais de escoamento ou tubos deslizantes para veículos devem ser utilizados para monólitos de barragem adjacentes aos dois lados e onde a topografia for relativamente bem utilizada.
 - 3) Para comportas de descarga e barragens em canais de rios e barragens abóbada em topografia estreita, deve ser dada prioridade a tanques de betão oscilantes simples com cabo.
 - 4) Os tanques de betão oscilantes com guindaste devem ser utilizados em barragens de gravidade e comportas de descarga e barragens espaçosas num canal de rio.
 - 5) Quando as condições o permitirem, o método de bombear o betão para o armazém deve ser utilizado no revestimento em betão do túnel, estacas perfuradas e outro betão não maciço.

7.3.6 As medidas de controlo da temperatura do betão devem cumprir os seguintes requisitos:

- a) Nas estações quentes, não só devem ser cumpridos os requisitos indicados no ponto 6.5.3.14, mas também os desta secção. Na estação fria, os requisitos do ponto 6.5.3.13 devem ser cumpridos;
- b) A fim de evitar fendas, devem ser aplicadas medidas gerais relativas à concepção da estrutura, controlo da temperatura, selecção de materiais rugosos, plano de construção e qualidade da

construção. O controlo rigoroso da temperatura durante a construção deve ser considerado como a principal medida a aplicar para evitar fendas no betão. Tanto a temperatura de gunitagem como o aumento da temperatura máxima do betão devem cumprir os requisitos da estrutura, caso contrário, não deve ser aplicada gunitagem ao betão;

- c) A tecnologia de construção do betão deve ser alterada, de forma a melhorar a qualidade do betão. O betão deve cumprir os requisitos de garantia de resistência, evitar a resistência excessiva e cumprir os requisitos dos índices de homogeneidade de qualidade da construção. O índice de homogeneidade é expresso como S_{fcu} , o valor do desvio padrão da resistência à compressão da amostra do local em 28 dias. O valor deve ser inferior a 0,18 e o método de cálculo consta do Apêndice J. Quando a proporção de mistura do betão estiver escolhida, os problemas de exsudação betuminosa devem ser devidamente resolvidos e a exsudação betuminosa nas superfícies dos silos deve ser rigorosamente controlada durante a construção. Durante o tratamento de fendas na construção, todos os revestimentos por emulsão, manchas de óleo, agregados fracamente combinados e camadas fracas provocados pela exsudação betuminosa nas superfícies dos silos devem ser removidos;
- d) A segmentação, refechamento das juntas e formação de maciços da colocação de betão devem cumprir os requisitos de concepção e do ponto 7.3.2;
- e) Deve ser aplicado o método de moldagem horizontal para a gunitagem do betão. Se for aplicado o método por degraus, os degraus visíveis e os taludes suaves (não devem ser superiores a 1: 2) devem ser mantidos, e é necessário ter em consideração a vibração nas superfícies de ligação dos degraus;
- f) Se forem utilizados tubos de arrefecimento para o arrefecimento inicial, os tubos enterrados devem transportar água após terem sido cobertos por uma camada de betão. A duração do transporte de água é determinada por cálculo e deve ser de 10 a 15 dias. A diferença de temperatura entre o betão e a água não deve exceder os 25 °C. Para tubos de água com diâmetro de 25 mm, a velocidade do caudal deve ser de 0,6 m/s. A direcção do caudal deve ser alterada uma vez por dia, de forma a garantir o arrefecimento uniforme do corpo da barragem. Durante o arrefecimento inicial, a temperatura não deve ser reduzida em mais de 1 °C por dia e em 10 a 15 dias de transporte contínuo de água o intervalo de arrefecimento deve estar entre 6 °C e 8 °C;
- g) Se as condições o permitirem, devem ser utilizadas novas técnicas para fazer betão misturado com magnésia ou, para evitar fendas no betão, deve ser utilizado cimento de baixo calor de hidratação e expansão mínima.

7.3.7 A gunitagem das juntas das barragens de betão deve cumprir os seguintes requisitos:

- a) A gunitagem das juntas das barragens de betão deve ser executada após a temperatura inicial do corpo da barragem alcançar uma temperatura estável, muitas vezes no final do inverno e inícios da primavera, quando a temperatura do betão é a mais baixa;

- b) Antes do represamento de água, devem ser concluídas a gunitagem de contacto e as verificações relevantes, bem como o trabalho de aceitação de cada área de gunitagem abaixo do nível de água do reservatório no período de represamento inicial. Após o represamento, a gunitagem das juntas de todas as áreas de gunitagem deve ser executada quando o nível de água do reservatório está abaixo da elevação da base de gunitagem;
- c) Os requisitos técnicos da gunitagem de contacto das barragens de betão devem ser cumpridos de acordo com os requisitos de concepção.

7.3.8 O tratamento da fundação de barragens de betão deve cumprir os requisitos de concepção e dos pontos 6.1.3 e 6.3. Deve ser escolhida uma barragem de betão modelo de acordo com os requisitos do ponto 6.5.1.

7.3.9 As comportas de descarga e barragens de betão podem ser construídas com base nos requisitos da construção de comportas de descarga.

7.3.10 Deve ser estabelecido um sistema de gestão e garantia de qualidade. Devem ser designados os técnicos relevantes, bem como os equipamentos de testagem e verificação necessários, e deve ser estabelecido o sistema de controlo de qualidade e gestão técnica necessário de acordo com a escala do projecto e os requisitos de controlo e gestão de qualidade. O controlo de qualidade da construção deve cumprir os seguintes requisitos:

- a) Todos os principais elos de matéria-prima, proporção e construção de betão e qualidade do betão após o endurecimento devem ser controlados e inspeccionados;
- b) A inspeção de qualidade das amostras de matérias-primas deve cumprir os requisitos do ponto 6.5.3.12. Nenhum tipo de matéria-prima do betão deve ser utilizada até passar na inspeção;
- c) A proporção da mistura de betão deve ser determinada mediante ensaios e cumprir os requisitos de construção e índices técnicos. Não pode ser utilizada até que tenha sido avaliada e aprovada;
- d) Os instrumentos de medição da central de betão devem ser periodicamente testados e ajustados, bem como amostrados e inspeccionados em qualquer momento, se necessário. Antes da pesagem em cada turno, deve ser efectuada uma aferição do equipamento de pesagem;
- e) O desvio métrico admissível dos ingredientes do betão deve cumprir os requisitos do ponto 6.5.3.8;
- f) A mistura de betão deve ser homogénea;
- g) O abatimento do betão deve ser inspeccionado 1 a 2 vezes a cada 4 horas. O desvio admissível deve cumprir os requisitos especificados no Quadro 42.

Quadro 42 Desvio admissível do abatimento

Abatimento (mm)	Desvio admissível (mm)
≤40	±10
40~100	±20
>100	±30

- h) Inspeção dos trabalhos preparatórios antes da gunitagem do betão.
- 1) As superfícies das fundações ou das juntas de construção do betão devem ser tratadas de acordo com os requisitos. A qualidade dos moldes, barras de reforço e partes construídas deve ser inspeccionada e a gunitagem do betão não pode ser executada até à obtenção do certificado de abertura do silo.
 - 2) Se forem montados elementos electromecânicos e estruturas hidromecânicas e forem enterrados instrumentos, antes da emissão do certificado de abertura do silo, a aceitação deve ser efectuada de acordo com as normas ou documentos aplicáveis;
- i) Durante a gunitagem do betão, pessoas especialmente designadas para o efeito devem realizar a inspeção dos silos e registar detalhadamente o processo de construção, os problemas e as soluções;
- j) Após a descofragem do betão, a qualidade da aparência deve ser inspeccionada. Os problemas de qualidade ou incidentes de fendas no betão, colmeias, espaços vazios na superfície, plataformas escalonadas e distorções nos moldes devem ser inspeccionados e tratados em tempo útil. Se houver dúvidas relativamente à resistência do betão ou à qualidade interna, devem ser aplicados métodos de ensaio não destrutivos, como o método combinado de recuperação e recuperação ultra-sónica ou de perfuração de núcleo e ensaios de pressão de água para a realização da inspeção;
- k) Para a inspeção de qualidade do betão no local, é dada prioridade à resistência à compressão. As amostras de betão são principalmente colhidas de forma aleatória nos pontos de descarga da máquina e três amostras de betão de cada grupo devem ser colhidas do mesmo silo ou unidade de carga de transporte. A quantidade de amostras no local de gunitagem deve ser 10% da quantidade de amostras na descarga da máquina;
- l) A quantidade de amostras de betão com o mesmo grau de resistência deve cumprir os seguintes requisitos:
- 1) Resistência à compressão: betão de grandes dimensões, um grupo é moldado por 500 m³ de betão de 28 dias e por 1000 m³ de betão com o tempo de concepção. Para betão de pequenas dimensões, um grupo é moldado por 100 m³ de betão de 28 dias e por 200 m³ de betão com o tempo de concepção.
 - 2) Resistência à tracção: um grupo é moldado por 2000 m³ para betão de 28 dias e por 3000 m³ para betão com o tempo de concepção.

- 3) Resistência à geada, anti-permeabilidade ou outros requisitos especiais principais: a amostragem e inspeção adequadas devem ser realizadas durante a construção e a quantidade deve ser de 1 a 2 grupos, de acordo com a parte principal da construção durante cada estação;
- m) A inspeção e avaliação da resistência do betão devem ser implementadas de acordo com o ponto 6.5.3.12;
- n) Para estruturas de betão construídas, devem ser realizados ensaios de perfuração de núcleos e de pressão de água. Para betão de grandes dimensões, os ensaios de perfuração de núcleo e de pressão de água devem ser realizados mediante perfuração de furos entre 2 m e 10 m de profundidade por 10 000 m³ e as normas de avaliação do local de perfuração real, os dados de inspeção, os locais de ensaios de pressão de água e a taxa de absorção devem ser determinados de acordo com o estado efectivo da construção da engenharia. Para estruturas de betão armado, os ensaios não destrutivos devem ser o principal método a aplicar na inspeção do betão e, se necessário, pode ser aplicado o método de perfuração de furos.

7.3.11A construção de uma barragem de BCC deve cumprir os seguintes requisitos:

- a) Preparação antes da pavimentação
 - 1) A capacidade, as condições de trabalho e as medidas de construção relativas aos equipamentos de produção de material de areia e pedra e do sistema de armazenamento, o abastecimento de matérias-primas, a preparação de betão, o transporte, a pavimentação, a laminagem e os ensaios devem ser verificados em conjunto com o ensaio de laminagem do local, e a construção pode arrancar após o cumprimento dos requisitos indicados nos documentos técnicos relevantes.
 - 2) Os trabalhadores da construção devem seguir uma formação técnica.
 - 3) Todos os cargos devem dispor do projecto da organização da construção da superfície do armazém.
 - 4) Antes de o maciço de fundação ser pavimentado, a argamassa deve ser colocada sobre a superfície da rocha-mãe e, posteriormente, o betão de amortecimento ou o betão anormal deve ser vertido, ou o betão de agregados pequenos ou o betão de argamassa pode ser directamente pavimentado sobre a superfície da rocha-mãe. Além de requisitos especiais, a sua espessura deve ser fácil de laminar após o nivelamento.
 - 5) Os preparativos da cofragem, do cordão de estanquidade, das peças incorporadas, dos furos e das entradas e saídas do armazém devem cumprir os requisitos de construção rápida e contínua da pavimentação, sendo requerido um projecto especial quando necessário;
- b) Mistura
 - 1) Deve ser dada preferência a equipamentos de mistura forçada na mistura de BCC, podendo igualmente ser utilizados outros tipos de equipamentos de mistura, como equipamentos de mistura do tipo auto-queda.
 - 2) O sistema de pesagem do equipamento de mistura deve ser sensível, preciso e fiável e deve ser verificado regularmente para garantir que os requisitos de precisão de pesagem são cumpridos no processo de produção de betão.

- 3) O tempo de mistura, a sequência de alimentação e a quantidade de mistura de BCC devem ser determinados pelo ensaio de uniformidade da mistura de betão no local.
 - 4) O equipamento de mistura deve estar equipado com um dispositivo de medição rápida do teor de humidade dos agregados finos e deve ter a função de regular automaticamente o volume de água de mistura.
 - 5) A queda livre entre a saída do silo de descarga e a ferramenta de transporte não deve ser superior a 1,5 m.
 - 6) A precisão da amassadura e a qualidade da mistura da argamassa e da pasta são as mesmas do betão. A argamassa deve ser misturada mecanicamente. Deve ser criada uma estação de argamassa centralizada para projectos de grande escala e equipada com dispositivos para manter as propriedades uniformes da argamassa;
- c) Transporte
- 1) Para transportar BCC, deve ser utilizado um camião de carroçaria móvel, uma correia transportadora, um canal de escoamento (tubo) de pressão negativa e uma calha vertical especial. O equipamento de transporte deve ser rigorosamente verificado e limpo antes de ser utilizado. Se necessário, também pode ser utilizado um guincho de cabo, uma grua de torre e outras máquinas.
 - 2) Ao utilizar um camião de carroçaria móvel para transportar betão, a estrada deve ser lisa: os pneus do camião de carroçaria móvel devem ser limpos antes do veículo entrar no armazém, e deve impedir-se a entrada de terra e água no armazém. Os veículos em circulação na superfície do armazém devem evitar travagens bruscas, curvas apertadas e outras operações que possam danificar a qualidade da superfície de betão.
 - 3) Ao utilizar uma correia transportadora para transportar betão, devem ser tomadas medidas para reduzir a separação dos agregados e o teor de perda de argamassa e devem ser previstas instalações resistentes à luz solar e à chuva.
 - 4) Ao utilizar um canal de escoamento (tubo) de pressão negativa para transportar o betão, o cotovelo vertical descendente deve ser colocado na saída do canal de escoamento (tubo) de pressão negativa. Os danos parciais na cobertura do canal de escoamento (tubo) de pressão negativa devem ser reparados em tempo útil e a cobertura pode ser mudada quando os danos alcançam uma determinada extensão. O talude do canal de escoamento (tubo) de pressão negativa e as medidas anti-separação devem ser determinados através de ensaios de campo.
 - 5) A calha vertical especial deve ter uma função anti-separação e, se necessário, deve dispor de um dispositivo de controlo para evitar obstruções.

- 6) Ao transportar ou descarregar, a queda livre de betão da saída de todo o tipo de equipamento de transporte não deve ser superior a 1,5 m e deve ser adicionada uma calha vertical especial ou silo de transferência quando exceder 1,5 m. Quando o equipamento de transporte contínuo for combinado com o equipamento de transporte em lote, deve ser montado no local de transferência um silo de armazenamento com volume suficiente. Ao utilizar um silo de transferência, devem ser tomadas medidas para resolver o arco de betão. A linha de transporte fechada contínua do equipamento de mistura para a superfície do armazém deve dispor de uma saída para resíduos e para a limpeza de águas residuais.
 - 7) Devem ser tomadas medidas para evitar a sedimentação e exsudação betuminosa e garantir que a argamassa entregue no local é uniforme. A argamassa pode ser transportada pelo tapete de carga de betão ou por um tapete de carga de argamassa especial;
- d) Descarga e nivelamento
- 1) O BCC deve ser pavimentado contínuo ou intermitentemente com camadas finas numa grande superfície de armazém e o método de pavimentação aplicado deve ser o lingotamento sem junta longitudinal. Também podem ser aplicados o método de colocação por camada inclinada e o método por ressalto. A área de pavimentação deve ser adaptada à resistência da pavimentação e ao intervalo de tempo admissível entre camadas do BCC.
 - 2) Ao pavimentar com o método de colocação por camada inclinada, é aconselhável pavimentar da camada a jusante para a camada a montante, para que a camada se incline a montante. O gradiente não deve ser mais acentuado do que 1: 10. A camada fina e os ângulos internos devem ser evitados no sopé do talude. Os poluentes secundários devem ser rigorosamente removidos antes da colocação da argamassa na superfície da junta de construção e o BCC deve ser coberto imediatamente após a colocação da argamassa.
 - 3) A pavimentação do BCC deve ser executada numa direcção fixa e faixa a faixa. Num espaço de 3 m a 5 m da superfície a montante da barragem, a direcção de nivelamento deve ser paralela à direcção do eixo da barragem.
 - 4) Quando forem utilizados camiões de carroçaria móvel para descarregar materiais directamente no armazém, a altura de empilhamento deve ser controlada. Os agregados separados que aparecem ao lado da pilha de descarregamento devem ser distribuídos uniformemente no betão durante o processo de nivelamento.
 - 5) É rigorosamente proibida a entrada de misturas de betão não aprovadas no armazém. As que já se encontrem no armazém devem ser tratadas.
 - 6) Quando a espessura de compactação for de cerca de 300 mm, pode ser pavimentada de uma só vez. Para melhorar a condição de separação ou quando a espessura de compactação for grande, pode ser pavimentada em duas a três vezes.
 - 7) A superfície de betão deve ser plana e a espessura de laminagem deve ser uniforme após o nivelamento;

e) Laminagem

- 1) A selecção de uma máquina de laminagem por vibração deve considerar a eficiência da laminagem, a força de excitação, as dimensões do tambor, a frequência da vibração, a amplitude, a velocidade de deslocamento, os requisitos de manutenção e a confiança operacional.
- 2) As partes circundantes do edifício devem ser compactadas por cilindro vibratório do mesmo tipo, que se encontra directamente próximo da cofragem. Para as partes que não podem estar próximas, pode ser utilizado um cilindro vibratório pequeno. A espessura de compactação admissível e o número de vezes da execução da laminagem devem ser determinados mediante ensaios.
- 3) A velocidade de deslocamento do cilindro vibratório deve ser controlada no intervalo entre 1,0 km/h e 1,5 km/h.
- 4) A espessura e o número de vezes da execução da laminagem devem ser determinados mediante ensaios e considerados com a capacidade de produção geral da pavimentação e as diferentes espessuras de laminagem podem ser seleccionadas de acordo com as diferentes condições, como o clima e o método de pavimentação. A espessura de laminagem não deve ser 3 vezes inferior à dimensão máxima dos agregados do betão.
- 5) A direcção de laminagem deve ser perpendicular à direcção do fluxo de água no intervalo entre 3 e 5 m da superfície a montante da barragem. O método de sobreposição deve ser adoptado na operação de laminagem. A largura de sobreposição entre as bandas é de 100 mm a 200 mm, e a largura de sobreposição da extremidade deve ser de cerca de 1000 mm.
- 6) Após a finalização de cada operação de laminagem, a densidade compactada do betão deve ser medida de acordo com o esquema da rede ao longo do tempo. Quando a densidade for inferior ao índice prescrito, o ensaio deve ser imediatamente repetido e os motivos devem ser apurados, devendo ser implementadas medidas de tratamento. Se a densidade compactada cumprir os requisitos, as partes onde ocorre um fenómeno de soltura do solo após a laminagem não podem ser tratadas.
- 7) Tal como a junta de nível ou fria das juntas de construção horizontais, quando o número especificado de execuções da laminagem e a densidade compactada tiverem sido alcançados, é aconselhável executar uma ou duas vezes a laminagem sem vibração.
- 8) Todos os tipos de equipamento devem evitar danificar a superfície formada quando se deslocam ao nível do betão acabado. Devem ser tomadas medidas de reparação das partes danificadas em tempo útil.
- 9) Após a colocação do BCC no armazém, o nivelamento e a laminagem devem ser concluídos o mais rapidamente possível. A duração máxima admissível desde a mistura até à conclusão da laminagem deve ser testada ou comparada em conformidade com as diferentes estações, condições meteorológicas e alterações do BCC, e não deve exceder as 2 horas. A aresta da banda na camada de laminagem, a aresta do talude do método de colocação por camada de repouso e a aresta de ressalto do método por ressalto devem reservar uma largura entre 200 mm e 300 mm e a banda seguinte deve ser laminada ao mesmo tempo durante a laminagem. O tempo necessário para terminar a laminagem destas partes deve ser controlado no tempo permitido para a pavimentação directa;

f) Formação de juntas

- 1) A junta transversal pode ser formada pela máquina de corte, criando o furo de indução ou a divisória. A posição da superfície da junta, o molde estrutural da junta e o material de enchimento na junta devem cumprir os requisitos de concepção.
- 2) Ao utilizar a máquina de corte, esta deve adoptar a forma "cortar primeiro, laminar depois" ou "laminar primeiro, cortar depois" de acordo com as condições do projecto.
- 3) Criar o furo de indução, que deve ser concluído na folga entre as camadas. Após a formação do furo, este deve ser preenchido com areia seca em tempo hábil.
- 4) Quando a divisória é criada, a distância entre as juntas das divisórias não deve exceder 100 mm e a altura das divisórias deve ser 30 mm a 50 mm inferior à espessura compactada.
- 5) As juntas transversais com requisitos de gunitagem repetidos devem ser projectadas e montadas de forma a cumprirem os requisitos de concepção;

g) Tratamento da superfície da camada e da junta

- 1) O BCC deve ser continuamente erguido e pavimentado, e a folga entre as camadas deve ser controlada dentro do tempo admissível da pavimentação directa. Se a camada exceder o tempo admissível da pavimentação directa, as misturas da camada de amortecimento devem ser primeiro colocadas sobre a camada e, depois, a camada de BCC deve ser colocada sobre a camada. A camada que excede o tempo admissível da pavimentação da almofada de amortecimento é a junta fria.
- 2) O tempo admissível da pavimentação directa e da pavimentação da almofada de amortecimento deve ser determinado mediante ensaios, de acordo com os requisitos da estrutura da engenharia na capacidade anti-cisalhamento e qualidade da combinação da camada, e considerando de forma geral as características das misturas, da estação, do clima, do método de construção, das diferentes áreas a montante e a jusante e outros factores.
- 3) As juntas de construção e as juntas frias devem ser tratadas por tratamento da superfície da junta, que pode ser utilizado para remover a pasta fluante e os agregados soltos na superfície do betão mediante escovagem e lavagem. O tratamento das camadas é concluído e limpo. Após a conclusão e limpeza do tratamento da superfície e após a passagem na inspecção de aceitação, as misturas da almofada de amortecimento são pavimentadas antes e a camada de betão é imediatamente pavimentada antes da construção prosseguir.

- 4) O tempo de lavagem e escovagem pode ser determinado por ensaios de campo de acordo com a estação da construção, a resistência do betão, o desempenho do equipamento e outros factores. Não lavar demasiado cedo.
- 5) As misturas da almofada de amortecimento podem ser usadas com argamassa, pasta ou betão de agregados pequenos adequados para o BCC. A relação água-aglutinante da argamassa deve ser a mesma do BCC e o grau de resistência da argamassa e do betão de agregados pequenos deve aumentar um grau. As misturas da almofada de amortecimento devem ser pavimentadas faixa a faixa como BCC. Entre elas, a espessura de pavimentação da argamassa é de 10 mm a 15 mm e o BCC deve ser imediatamente pavimentado sobre ela, devendo ser laminado antes da presa inicial da argamassa.
- 6) Quando a construção é interrompida devido a uma alteração no plano de construção, chuva ou outros motivos, o betão pavimentado deve ser laminado em tempo hábil. A superfície de betão do local de paragem da pavimentação deve ser laminada numa superfície do talude não superior a 1:4, e a parte do sopé do talude com uma espessura inferior a 150 mm deve ser removida. Quando as condições de construção voltarem a ser cumpridas, a construção pode continuar depois de tomadas as medidas para o tratamento da superfície da camada e da junta, em função do tempo de interrupção.

7.4 Entradas, canais abertos e câmaras de carga

7.4.1 A construção de entradas deve cumprir os seguintes requisitos:

- a) A escavação e gunitagem de entradas deve cumprir os requisitos dos pontos 6.1, 6.5 e 6.7;
- b) Para uma entrada de nível baixo à cabeça de um túnel hidráulico que extrai água do reservatório, a relação entre controlo de cheias, escavação de talude alto e gunitagem de betão deve ser devidamente tratada, de acordo com as características da topografia, geologia e estrutura;
- c) O controlo de cheias de entradas de nível baixo deve cumprir os seguintes requisitos:
 - 1) O betão subaquático deve ser concluído numa estação seca antes da estação das cheias.
 - 2) As comportas devem ter capacidade operacional durante os períodos de cheias.
 - 3) A ensecadeira de construção deve ser demolida antes da época das cheias;
- d) No caso da escavação de um talude alto de entradas de baixo nível, consultar o ponto 6.1.3. A escavação e o reforço devem ser realizados em conformidade com as características de engenharia, e devem ser aplicadas medidas de protecção para garantir a estabilidade e a segurança;

- e) A gunitagem de betão de entradas de nível baixo devem tirar o máximo partido das condições topográficas, com as calhas simples podendo ser priorizadas para o transporte de betão de cima para baixo. A elevação com ferramentas tipo torre, tipo lagarta ou outras ferramentas de transporte também pode ser realizada, em função dos elementos pré-fabricados superiores;
- f) Para a gunitagem de betão das comportas de descarga de entrada sobre as fundações brandas, a gunitagem sobre uma base mais profunda deve ser concluída antes da gunitagem sobre uma base mais superficial, e a gunitagem de estruturas grandes e pesadas deve ser concluída antes da gunitagem de estruturas finas e leves.

7.4.2 A escavação de canais abertos deve cumprir os seguintes requisitos:

- a) As condições da topografia, geologia e construção devem ser consideradas, e a escavação deve ser executada parte a parte e segmento a segmento. O processo de escavação deve ser escolhido correctamente;
- b) A escavação do canal de terraplenagem deve impedir a falha do talude. A escória não deve ser empilhada na parte superior do talude. A drenagem deve ser desobstruída na parte superior do talude, de forma a evitar que a água passe para o talude e as estruturas laterais sejam destruídas. Deve ser aplicado um método de construção rápida para conseguir a escavação e o revestimento simultâneos;
- c) Para canais de terraplanagem comuns, deve ser utilizada a escavação de toda a superfície num só passo. Para a escavação mecanizada de canais grandes, devem ser escavadas primeiro as aberturas intermédias, depois os taludes esquerdo e direito e, então, deve ser executada a escavação manual para alcançar o fundo e cortar os taludes para a formação do canal final;
- d) Para a escavação de canais em fundações brandas, ou seja, areias movediças ou estratos mucosos com baixa capacidade de carga, a drenagem deve ser melhorada para manter o nível de água subterrânea entre 0,5 m e 1,0 m abaixo da superfície de escavação. A construção mecanizada deve aplicar o método de levantamento de placas ou utilizar balastro de pedra para converter para fundações. Com máquinas grandes sobre as fundações, deve ser executada a escavação inversa no método inverso. A escavação e o corte de um talude devem ser executados simultaneamente e concluídos numa única etapa;
- e) Os canais de cantaria devem ser escavados cumprindo os princípios de pré-divisão do talude, escavação de cima para baixo e colocação de bermas sempre que uma determinada altura for alcançada. A estratificação horizontal e o rebentamento ligeiro devem ser executados no meio canal. A espessura da camada horizontal deve ser determinada pelo factor de garantia da eficiência das máquinas de escavação e de carregamento. Durante a escavação entre o meio canal e o fundo do canal, deve ser reservada uma espessura entre 200 mm e 300 mm para a escavação manual, de forma a alcançar o fundo e evitar uma escavação excessiva. Para canais próximos de montanhas, os taludes acima da plataforma do canal devem ser escavados antes e o tratamento do talude deve ser adequadamente executado para garantir a estabilidade do mesmo.

7.4.3 O enchimento de canais abertos deve cumprir os seguintes requisitos:

- a) Canais completamente cheios: após a limpeza, o canal pode ser preenchido pelo método de superfície completa até à elevação adequada acima do fundo do canal e a escória no meio canal não deve ser vibrada e compactada. Posteriormente, a abertura intermédia pode ser escavada e a escória pode ser eliminada nos diques à esquerda e à direita e laminada e compactada camada a camada. Por fim, o corte dos taludes interiores e exteriores deve ser realizado para a frente. Toda a superfície deve ser preenchida até uma determinada altura, de forma a garantir que a eliminação de escória no meio canal satisfaça o uso de escória dos diques à direita e à esquerda;
- b) Canais de semi-enchimento e de semi-escavação: após a limpeza, as fundações da área de enchimento deve ser primeiramente laminada e compactada com cilindros lisos. O solo da área de escavação deve ser eliminado na área de enchimento e vibrado e compactado camada a camada;
- c) O enchimento deve cumprir os requisitos do ponto 6.1.4.

7.4.4 A engenharia de anti-infiltração dos canais deve cumprir os seguintes requisitos:

- a) Os materiais anti-infiltração dos canais incluem, principalmente, solo, cimento, alvenaria, betão, geomembranas, betão asfáltico. Os requisitos técnicos de cada material estão listados nas normas aplicáveis;
- b) O desvio na elevação, tamanho e lisura da secção da vala de fundação do canal deve cumprir os requisitos do Quadro 43;

Quadro 43 Desvio admissível da secção do canal

Elemento	Desvio admissível (mm)	
	Canal de solo	Canal de pedra
Elevação do fundo do canal	±(20~30)	±(30~50)
Linha central do canal	20~30	30~50
Largura do canal	+(30~50)	+(50~100)
Elevação superior do dique	+(20~30)	+(50~100)
Largura da saída superior do canal	+(40~80)	+(50~100)
Lisura do fundo do canal e talude interior (inspeccionados por uma régua de 2 m de comprimento)	±(20~30)	<30 para convexo <100 para côncavo
NOTA O valor máximo é aplicável para canais grandes e médios e o valor mínimo para canais pequenos.		

- c) O desvio admissível da lisura e tamanho da engenharia de anti-infiltração está listado no Quadro 43.

7.4.5 A anti-infiltração de solo-cimento deve cumprir os seguintes requisitos:

- a) O material do solo deve ser seco ao ar e pulverizado e passado por uma peneira de 5 mm de abertura. No cimento devem ser aplicadas medidas de protecção contra chuvas e humidade;

- b) A pavimentação no local de estruturas anti-infiltração de solo-cimento deve ser executada de acordo com as seguintes fases:
- 1) A amassadura deve ser realizada de acordo com a proporção de mistura de concepção e o desvio admissível do peso deve cumprir os requisitos aplicáveis. O tempo de mistura e pavimentação ou de formação da vedação da moldagem do solo-cimento não deve ser superior a 60 minutos.
 - 2) O solo-cimento deve ser misturado a seco primeiro e depois misturado a húmido para obter uniformidade.
 - 3) Antes de pavimentar a mistura plástica de solo-cimento, as fundações do canal devem ser molhadas lentamente com água e deve ser montado um molde para a junta de dilatação. Os taludes do canal devem ser pavimentados antes do fundo do canal. O material de solo-cimento deve ser pavimentado, vertido e apiloado uniformemente, bem como batido até à compactação. Após variação preliminar, uma camada de cimento de 1 mm a 2 mm de espessura deve ser espalhada sobre a superfície e imediatamente amassada, prensada e alisada. A pavimentação deve ser executada de forma contínua e, no caso do material de mistura, a pavimentação deve ser concluída no prazo de 1,5 horas após a rega.

Quadro 44 Desvios admissíveis do tamanho da secção do canal anti-infiltração e do tamanho da estrutura

Elemento		Valor de desvio admissível (mm)	
Elevação do fundo do canal		±(10~30)	±(10~20)
Linha central do canal		±(10~30)	±(10~20)
Largura do fundo do canal		+(20~40)	+(30~50)
Largura da saída superior da secção		+(30~50)	+(40~60)
Lisura		±(10~20)	±(10~20)
Espaçamento das juntas de dilatação	Gunitagem no local	±20	±20
	Pavimentação pré-fabricada	±50	—
Comprimento do chanfro do talude da estrutura anti-infiltração		+(10~20)	+(10~20)
Comprimento longitudinal da formação de maciços na construção no local, e estruturas anti-infiltração do talude e fundo do canal		±(5~10)	±(5~10)
Comprimento transversal da formação de maciços na construção no local, e estruturas anti-infiltração do talude e fundo do canal		+(30~50)	+(10~60)
Diferença de comprimento entre duas linhas diagonais de painéis pré-fabricados		±7	—
Espessura da estrutura anti-infiltração	Gunitagem no local	±5%	-5% ~ -15%
	Pavimentação pré-fabricada e anti-infiltração da alvenaria	±(5%~10%)	—

NOTA O valor máximo é aplicável para canais grandes e médios e o valor mínimo para canais pequenos.

- 4) Para a pavimentação de solo-cimento seco e áspero, o molde deve ser montado primeiro, e o material deve ser depois pavimentado e apilado camada a camada. A espessura de pavimentação de cada camada deve ser de 100 mm a 150 mm e as juntas da camada devem ser escarificadas e regadas.
- 5) No caso da mistura plástica de solo-cimento da camada protectora da pavimentação, a camada protectora deve ser concluída antes da presa inicial da mistura plástica do cimento.

7.4.6 A anti-infiltração da alvenaria deve cumprir os seguintes requisitos:

- a) Sequência da alvenaria: para canais trapezoidais abertos, o fundo do canal deve ser pavimentado com tijolo antes dos taludes do canal. Quando um talude do canal é pavimentado com tijolo, esta pavimentação deve iniciar no sopé do talude, e a alvenaria deve ser executada de baixo para cima camada a camada. Para canais abertos radiais e em U e para condutas fechadas arqueadas, deve iniciar da linha central do fundo do canal, e a alvenaria deve ser simetricamente alargada para ambos os lados. Para canais rectangulares abertos, as paredes dos flancos podem ser iniciadas primeiro, e a alvenaria deve ser alargada até ao fundo do canal. Para condutas fechadas arqueadas e tipo caixa, a parede dos flancos e o fundo do canal podem ser iniciados primeiro e o arco superior ou a placa de cobertura pode ser pavimentada com tijolo. À medida que a pavimentação com tijolo do fundo do canal e do talude de vários canais abertos é concluída, o coroamento vedante deve ser pavimentado com tijolo em tempo hábil;
- b) Requisitos de localização do material de pedra: os maciços rochosos de alvenaria grande e regular devem ser pavimentados com tijolo no fundo do canal e no fundo do talude. O material de pedra de alvenaria e as lajes devem ser pavimentados com tijolo na vertical, ou seja, a aresta comprida do material de pedra de alvenaria e das lajes deve ser paralela à direcção do fluxo e deve ser pavimentada com tijolo na horizontal no fundo do canal. A alvenaria deve ser executada mediante juntas escalonadas, e a distância entre as juntas escalonadas do material de pedra deve ser 1/2 do comprimento da pedra. A junção de duas linhas adjacentes de calhaus de alvenaria deve ser escalonada e devem ser escolhidos calhaus grandes para a pavimentação com tijolo do fundo do canal e do sopé do talude. A secção maior de cada pedra deve ser pavimentada com tijolo virada para baixo, de forma que as pedras sejam encaixadas e apertadas com firmeza;
- c) A alvenaria de material de pedra deve cumprir os requisitos do ponto 6.6.

7.4.7 A anti-infiltração do betão deve cumprir os seguintes requisitos:

- a) A construção do molde, barra de reforço e betão deve cumprir os requisitos dos pontos 6.5 e 6.7;
- b) Betão no local: devem ser utilizados os moldes deslizantes ou móveis (viragem inversa) e a construção deve ser executada pelo método de sequência bloco a bloco. À medida que a gunitagem do betão é concluída, os trabalhos de flutuação devem ser realizados em tempo hábil. Para betão de areia fina e superfina, os trabalhos de flutuação devem ser realizados duas vezes. Após a realização dos trabalhos de flutuação, a superfície de betão deve ser densa, lisa, clara e limpa, e nenhum paralelepípedo deve ser exposto;

- c) Anti-infiltração da gunite: a resistência e a espessura da gunite devem cumprir os requisitos de concepção;
- d) O painel pré-fabricado de betão anti-infiltração deve cumprir os seguintes requisitos:
 - 1) Devem ser evitadas fendas nas costuras de pavimentação na alvenaria com painéis de betão pré-fabricados. Para o enchimento dos diques do canal, a alvenaria deve ser executada quando o corpo de enchimento tiver terminado o assentamento. A resistência da argamassa das costuras de pavimentação não deve ser inferior a M10. Os maciços não devem ser muito grandes e a relação comprimento-largura deve ser de 1: 1 a 1: 1.5.
 - 2) Os painéis pré-fabricados de betão devem ser pavimentados com tijolo mediante cimento ou argamassa de mistura de cimento e unidos mediante argamassa de cimento. A alvenaria deve ser lisa e estável, e a argamassa da costura de alvenaria deve ser completamente preenchida, solidamente apilada, suavemente pressionada e alisada.
 - 3) Os painéis pré-fabricados não devem ser pavimentados com tijolo até que a vala da fundação tenha sido escavada e a pedra da fundação tenha sido montada. Para canais com taludes de solo, a distância entre um painel pré-fabricado e um talude de solo deve ser solidamente preenchida com areia e solo franco dos montes durante a alvenaria. Para canais com taludes de pedra, a distância entre um painel pré-fabricado e o talude de pedra deve ser solidamente preenchida com argamassa ou betão durante a alvenaria. Os painéis pré-fabricados superiores devem ser suavemente preenchidos com argamassa e, em seguida, deve ser montado um coroamento vedante.

7.4.8 O material anti-infiltração da membrana deve ser construído de acordo com os requisitos aplicáveis.

7.4.9 O betão asfáltico anti-infiltração deve cumprir os seguintes requisitos:

- a) As misturas asfálticas devem ser misturadas de acordo com a proporção de mistura seleccionada do betão asfáltico;
- b) A pavimentação no local deve cumprir os seguintes requisitos:
 - 1) No caso das estruturas anti-infiltração com camadas de cimentação de nivelamento, a camada de cimentação de nivelamento pode ser pavimentada primeiro e, em seguida, ser pavimentada a camada anti-infiltração.
 - 2) As ferramentas de transporte de misturas asfálticas devem aplicar medidas de preservação térmica para garantir que a temperatura no local da mistura asfáltica não seja inferior à temperatura de pavimentação.
 - 3) As camadas anti-infiltração devem ser uniformemente pavimentadas de acordo com a espessura de pavimentação determinada nos ensaios no local. O coeficiente de compactação deve ser determinado mediante ensaios e pode ser definido entre 1,2 e 1,5.
 - 4) A mistura anasfáltica deve ser compactada por cilindros vibratórios. Pode ser compactada estaticamente uma ou duas vezes e depois ser compactada por vibração. Para a compactação do talude do canal, a vibração deve ser executada na direcção ascendente e a não vibração na direcção descendente. A compactação deve ser executada de acordo com a temperatura e as durações de compactação determinadas por ensaios e não deve deixar de ser executada.

- 5) Para locais onde uma camada anti-infiltração está ligada a estruturas e onde é difícil compactar com máquinas, a compactação deve ser complementada por trabalho manual.
 - 6) As camadas anti-infiltração de betão asfáltico devem ser continuamente pavimentadas para reduzir as juntas frias.
 - 7) Se for aplicado um método de pavimentação em duas camadas, as superfícies das juntas devem estar secas e limpas e uma camada fina de asfalto quente ou atenuado deve ser uniformemente escovada. A quantidade de escovagem não deve exceder 1 kg/m². Os locais das juntas frias das camadas superior e inferior devem ser escalonados.
 - 8) Durante a construção, deve ser realizado um tratamento adequado para evitar a segregação e a refrigeração excessiva da mistura;
- c) A escovagem dos revestimentos de vedação deve cumprir os seguintes requisitos:
- 1) O mástique asfáltico é escovado sobre uma camada anti-infiltração limpa e seca e a espessura da camada de escovagem deve ser uniforme. A quantidade de escovagem deve ser de 2 kg/m² a 3 kg/m². Durante a escovagem, a temperatura do mástique asfáltico não deve ser inferior a 160 °C.
 - 2) Após a escovagem, pessoas, animais e máquinas estão proibidos de passar;
- d) Durante a construção, devem ser preparados equipamentos de protecção contra incêndios e dispositivos necessários para a protecção laboral.

7.4.10O enchimento das juntas de dilatação deve cumprir os seguintes requisitos:

- a) Antes do enchimento de uma junta de dilatação, os elementos diversos e a poeira contidos na junta devem ser limpos e a junta deve ser mantida seca;
- b) As juntas de dilatação devem ser preenchidas com materiais vedantes plásticos flexíveis, como piche, ou o fundo da junta deve ser preenchido com piche e a parte superior com argamassa asfáltica. Para juntas de dilatação com requisitos especiais, devem ser utilizados materiais de tubos (correias) de vedação hidráulica macromoleculares e tubos de vedação hidráulica macromoleculares complementados com borracha especial devem ser apilados em juntas e apertados e bem ligados à parede da junta. Se a gunitagem da correia de vedação hidráulica macromolecular for executada no local na estrutura anti-infiltração, a sua gunitagem na parede da junta deve estar em conformidade com os requisitos de concepção.
- c) Para o enchimento de juntas de dilatação, a forma da junta deve ser regular e as suas dimensões devem ser aprovadas, o enchimento deve ser estanque e a superfície deve ser lisa.

7.4.11A construção da câmara de carga deve cumprir os seguintes requisitos:

- a) A escavação e o tratamento da câmara de carga deve cumprir os requisitos de concepção e os requisitos dos pontos 6.1 e 6.3;
- b) A escavação do talude alto da câmara de carga deve ser executada de acordo com os requisitos do ponto 6.1.3 e deve ser realizado o tratamento de protecção para garantir a estabilidade e a segurança;
- c) No caso do esquema da câmara de carga num talude de monte, é necessário prestar atenção para impedir o colapso do talude do monte, avalanches rochosas e erosão devido a cheias por tempestades;
- d) O betão e alvenaria da câmara de carga devem ser construídos de acordo com os requisitos de concepção e com os requisitos dos pontos 6.5 e 6.6;
- e) A construção civil da câmara de carga deve ser coordenada com outras especialidades relevantes, como estruturas hidromecânicas.

7.5 Túneis

7.5.1 A escavação geral dos túneis deve ser realizada de acordo com as normas indicadas no ponto 6.2.

7.5.2 O revestimento do betão no local deve estar em conformidade com os seguintes requisitos:

- a) O procedimento de construção do revestimento do tubo: as operações de revestimento e escavação de túneis podem ser realizadas na mesma sequência ou em paralelo e sobreposição, a decidir de acordo com análises específicas de factores como o comprimento do túnel, as dimensões das secções, as características das rochas circundantes, o equipamento de construção e os requisitos do período de construção;
- b) Subsecção de moldagem de betão: a subsecção de moldagem do betão deve ser decidida de acordo com a análise geral das condições das rochas circundantes, capacidade de fornecimento de betão, velocidade de moldagem e estrutura do molde, bem como os requisitos de estruturas hidráulicas. Quando não houver normas de concepção, pode ser adoptado um comprimento entre 8 m e 12 m;
- c) Formação de maciços de betão: a formação de maciços das secções de revestimento dos túneis deve ser decidida de acordo com as condições, como as condições das rochas circundantes, forma e dimensão da secção do túnel, estrutura do molde, método e organização de construção;
 - 1) Revestimento de uma só vez de toda a secção sem formação de maciços: adequado para túneis com secções pequenas e médias, com moldagem a alta velocidade e boas condições geológicas. Quando as condições geológicas são más, o suporte de gunita-parafusos pode ser criado antes do revestimento de toda a secção (revestimento secundário).
 - 2) Dividida em duas partes, como telhado em arco invertido e lateral: o lingotamento do telhado em arco invertido antes do lateral e o telhado em arco é adequado para vários tipos de túneis de secção com boas condições geológicas. O lingotamento lateral e da abertura antes da soleira é adequado para várias condições geológicas e túneis de secções grandes.

- 3) Dividida em quatro partes de abertura, paredes laterais e soleira: quando as condições geológicas forem más e for necessária a execução da escavação do arqueamento ao mesmo tempo, verter primeiro a abertura (com viga secundária) e depois verter as paredes laterais e a soleira;
- d) O tratamento das juntas do revestimento deve cumprir os seguintes requisitos:
- 1) Junta na direcção do arco: para juntas de construção na direcção do arco de um túnel de escoamento livre sem requisitos anti-infiltração, é permitido que o reforço distribuído não trespasse a superfície da junta e que não haja vedantes estanques, mas o desbaste superficial deve ser realizado na junta. Para juntas de construção na direcção do arco de um túnel de escoamento livre com requisitos anti-infiltração ou de um túnel de pressão, é necessário o tratamento do desbaste superficial da junta e o reforço distribuído deve trespassar a superfície da junta e deve dispor de um vedante estanque. As juntas de dilatação na direcção do arco devem ser tratadas de acordo com os requisitos de concepção.
 - 2) Junta longitudinal: o ângulo central da soleira do maciço de revestimento dos túneis circulares deve ser controlado até cerca de 100°. A superfície das juntas de construção longitudinais deve ser rugosa e as juntas de construção longitudinais devem ser montadas em locais onde a tensão de tracção e a tensão de corte sejam relativamente baixas, enquanto as principais aberturas também são executadas. Se houver requisitos anti-infiltração, o vedante estanque deve ser montado. Se o revestimento da soleira for realizado após o revestimento lateral e da abertura, a superfície da junta (superfície da junta inversa) deve ser devidamente tratada;
- e) A construção do reforço deve cumprir os seguintes requisitos:
- 1) Subsecção de reforço: o reforço na direcção do arco dos túneis circulares pode ser dividido em evidente, abóbada lateral e invertido. Para secções transversais de grande diâmetro, são necessárias outras subsecções, de acordo com as condições do processo, transporte e montagem. O reforço na direcção do arco do túnel tipo porta pode ser dividido em reforço horizontal na abertura, parede lateral e chão do fundo, em conjunto com o reforço em "L" na parede lateral. O reforço em paredes laterais altas pode ser dividido na altura de moldagem de cada camada. O reforço axial deve ser dividido de acordo com o comprimento da secção de moldagem.
 - 2) Montagem do reforço: a montagem no local deve ser utilizada para todos os reforços. Para a abertura ou a abóbada lateral dos túneis circulares, o reforço deve ser montado após a montagem da cofragem
- f) A construção da cofragem deve cumprir os seguintes requisitos:
- 1) A cofragem de revestimento do túnel deve ser escolhida de acordo com o procedimento de construção do revestimento, condições de construção, requisitos de concepção, condições das rochas circundantes e forma e dimensões da secção, e o tipo de revestimento do túnel pode ser a cofragem ordinária, o carrinho para túneis de aço, o modo deslizante e o modo pá. Para túneis compridos com boas rochas circundantes, o carrinho de túnel para moldes em aço de secção completa é a melhor escolha.

- 2) Ao calcular o carregamento da cofragem, o peso da quantidade fora de perfil admissível ou de betão de enchimento excessivo para secções colapsadas deve ser completamente considerado. Ao utilizar uma bomba de betão na vedação do arco, a pressão adicional da bombagem de betão deve ser considerada ao calcular a carga da cofragem.
 - 3) O tempo de remoção da cofragem deve estar de acordo com as normas indicadas no ponto 6.5.1.6. Além disso, devem ser considerados factores, como o nível de estabilidade das rochas circundantes do túnel, a forma da secção, o vão e a carga exterior. Quando houver um ensaio de cálculo para demonstração, o tempo de remoção da cofragem pode ser avançado conforme apropriado;
- g) A moldagem do betão deve cumprir os seguintes requisitos:
- 1) Método de colocação: de preferência, deve ser escolhida a bombagem para a colocação do betão na lateral e na parte superior. A colocação do betão da soleira pode ser realizada directamente pelo veículo transportador ou pelo tapete transportador.
 - 2) A moldagem do betão bombeado deve estar de acordo com as normas indicadas no ponto 6.5.3.21.
 - 3) Ao transportar betão utilizando um tapete transportador, a inclinação máxima não deve exceder os valores indicados no Quadro 45. Para a proporção de mistura de betão, a proporção de areia deve ser adequadamente aumentada, a granulometria máxima não deve exceder 80 mm e o teor de cimento pode ser entre 50 kg/m³ e 75 kg/m³ inferior ao da bombagem. A velocidade de marcha do tapete transportador não deve ser superior a 1 m/s a 1,2 m/s.
 - 4) É necessário ter em consideração os seguintes pontos na moldagem de betão: a moldagem dos arcos das paredes laterais deve ser realizada camada a camada e ambos os lados devem aumentar de forma simétrica e uniforme; se a moldagem for interrompida, a superfície de construção deve ser desbastada mediante estiragem, devendo existir medidas para evitar a flutuação.

Quadro 45 A inclinação máxima do tapete transportador quando está a transportar betão

Abatimento do betão (mm)	Transporte para cima	Transporte para baixo
<50	16'	8'
50~100	14'	6'
100~160	12'	4'

7.5.3 O revestimento de maciços rochosos de alvenaria (material rochoso, maciços pré-fabricados de betão) deve cumprir os seguintes requisitos:

- a) A construção de alvenaria deve estar de acordo com as normas indicadas nos pontos 6.6. A junta alternada vertical das camadas superior e inferior de uma parede lateral não deve ser inferior a 100 mm. A parte fora de perfil atrás da parede deve ser preenchida por alvenaria;
- b) Ao construir o anel em arco seguindo o método de "parede antes do arco", as pedras em T devem ser estendidas ou devem ser permitidos furos, ou devem ser montados pilares no lado esquerdo e direito da parte superior da parede lateral, como suportes para a montagem da armação do arco. Instalar e dispor simetricamente de ambos os lados da nascente da abóbada e a parte fora de perfil do telhado em arco deve ser densamente preenchida;
- c) Ao construir o anel em arco seguindo o método de "parede antes do arco", é necessário aplicar gunita nas vigas secundárias de betão armado na nascente da abóbada, como suporte do anel em arco.

7.5.4 O revestimento dos componentes pré-fabricados de betão deve cumprir os seguintes requisitos:

- a) Formação do maciço do componente: a largura lateral ou longitudinal do componente deve ser decidida com base numa análise geral da estabilidade das rochas circundantes, do estado da resistência do componente e da pré-fabricação, transporte e montagem do componente pré-fabricado, bem como do enchimento;
- b) A montagem de componentes pré-fabricados de betão é realizada através de um carrinho de montagem. Durante o transporte, os componentes são dobrados e colocados na parte inferior do carrinho e desdobrados e montados no local de montagem;
- c) O conector do componente pré-fabricado deve ser construído de acordo com o estabelecido na concepção. No caso de conectores rígidos, deve ser permitida uma folga no conector durante a construção, o reforço é estendido e, quando o componente estiver posicionado, o centro do reforço é soldado e é vertido o betão secundário no conector. Devem ser utilizados conectores flexíveis se for permitida uma pequena distorção de compressão ou uma distorção rotacional no local do conector do componente;
- d) A construção de vedantes estanques deve cumprir os requisitos de concepção, e as normas indicadas no ponto 6.5.3.15 devem ser consultadas;
- e) A superfície de contacto das juntas deve ser rugosa, limpa e preenchida com argamassa que tenha o mesmo grau de resistência do betão e deve ser realizado o refechamento das juntas na superfície da costura circular.

7.5.5 A gunitagem dos túneis deve cumprir os seguintes requisitos:

- a) A gunitagem da secção de revestimento de betão do túnel hidráulico deve ser realizada na sequência da gunitagem de enchimento, seguida pela gunitagem de consolidação. A gunitagem de enchimento deve ser realizada quando o revestimento de betão alcança 70% da resistência de concepção. A gunitagem de consolidação deve ser realizada 7 dias após a conclusão da gunitagem de enchimento. Quando a gunitagem de cortinas é executada num túnel, a construção deve ser realizada na sequência da gunitagem de enchimento, da gunitagem de consolidação e da gunitagem de cortinas;

- b) A gunitagem do revestimento de aço do túnel hidráulico deve ser realizada em sequência de acordo com o projecto. A gunitagem de contacto do revestimento de aço deve ser realizada 60 dias após a conclusão do lingotamento do revestimento de betão;
- c) No final da gunitagem, os furos de gunitagem sem calda de injeção a fluir para cima ou para baixo devem interromper a gunitagem para ocorrer a solidificação;
- d) Se necessário, para a execução de observações e registos, devem ser montados dispositivos de supervisão de distorções;
- e) A gunitagem de enchimento deve cumprir os seguintes requisitos:
 - 1) A gunitagem de enchimento do arco superior deve ser dividida por secções. Cada secção não deve ser superior a três secções de revestimento e a extremidade da secção deve ser hermeticamente vedada durante a construção de betão.
 - 2) Os furos de gunitagem devem ser dispostos na linha central do arco do túnel e na faixa entre 90° e 120° do ângulo central do arco superior. A distância entre linhas dos furos de gunitagem pode ser entre 3 m e 6 m e cada linha pode ter entre 1 e 3 furos.
 - 3) O método de perfuração directa deve ser aplicado em furos de gunitagem no revestimento de betão, e a perfuração no tubo-guia construído deve ser adoptada no revestimento de betão armado. O diâmetro do furo de sondagem não deve ser inferior a 38 mm, a profundidade do furo de sondagem deve ser perfurada através da cavidade ou nas rochas circundantes em 100 mm e a espessura do betão e as dimensões da cavidade entre o betão e as rochas circundantes devem ser medidas e registadas.
 - 4) Quando a gunitagem de enchimento for aplicada em áreas com colapso das rochas circundantes, cavernas cársticas e escavação excessiva, devem ser construídas tubagens de gunitagem e tubagens de escape quando o betão for colocado e a gunitagem deve ser realizada através das tubagens. O número de tubos enterrados não deve ser inferior a dois e a localização é determinada no local.
 - 5) Antes da gunitagem, as juntas e os defeitos no revestimento do betão devem ser completamente inspeccionadas e as áreas com possíveis fugas de calda de injeção devem ser processadas primeiro.
 - 6) No caso da gunitagem que aplica o método de gunitagem por pressão pura, esta deve ser construída em duas sequências e o furo na última sequência deve incluir a abertura superior.
 - 7) A gunitagem de enchimento deve iniciar-se na extremidade inferior e ascender para a extremidade superior. A gunitagem dos furos na mesma sequência na mesma secção pode ser realizada após parte ou a totalidade dos furos ter sido criada. A perfuração e a gunitagem de furos simples em sequência podem ser realizadas.

- 8) Quando é realizada a gunitagem dos furos inferiores, os furos superiores podem ser utilizados para exaustão do ar e drenagem da água. Quando a pasta é vertida do furo mais alto (com uma relação água-cimento próxima ou igual à da pasta injectada), o furo mais baixo pode ser bloqueado e a gunitagem pode ser realizada do furo mais alto. Nessa sequência, este processo continua até ao fim.
- 9) A relação água-cimento da pasta pode ser de grau 1 e grau 0,5, e a gunitagem dos furos na primeira sequência pode ser directamente realizada com pasta de grau 0,5. Nas partes com grandes espaços vazios, deve ser vertida pasta misturada à base de cimento ou betão de alta fluidez. Quando é utilizada argamassa de cimento, o teor de areia não deve exceder 200% do peso do cimento. Para a gunitagem de enchimento de bueiros de túneis num maciço rochoso brando ou completamente desgastado, deve ser executada a gunitagem de argila de cimento ou a gunitagem de outro composto.
- 10) A pressão de gunitagem deve ser determinada de acordo com a espessura do revestimento do betão e com as condições do reforço. No revestimento de betão plano, pode ser utilizada uma pressão de gunitagem entre 0,2 MPa e 0,3 MPa e, no revestimento de betão armado, pode ser utilizada uma pressão de gunitagem entre 0,3 MPa e 0,5 MPa.
- 11) A gunitagem deve ser realizada continuamente. Os furos de gunitagem com gunitagem interrompida devido a acidentes devem ser limpos e, posteriormente, a gunitagem deve ser retomada até à conclusão dos trabalhos.
- 12) Condições de conclusão da gunitagem: sob a pressão prescrita, o furo de gunitagem interrompe a aspiração e a gunitagem pode ser concluída após continuar durante 10 minutos.
- 13) Os furos de gunitagem devem ser hermeticamente vedados com argamassa de cimento após a conclusão da gunitagem. As aberturas dos furos devem ser pressionadas e niveladas.
- 14) A qualidade da gunitagem de enchimento pode ser inspeccionada mediante um ensaio de gunitagem de furo de inspecção ou análise do núcleo. As inspecções serão realizadas 7 dias e 28 dias após a conclusão da gunitagem. Os furos de inspecção devem ser dispostos na linha central do arco superior e em partes com grandes espaços vazios e condições de gunitagem anormais. Os furos devem penetrar o revestimento e entrar 100 mm nas rochas circundantes. Para túneis de pressão, um furo ou um par de furos de inspecção deve ser disposto a cada 10 m a 15 m e o número de furos de inspecção para túneis de escoamento livre pode ser adequadamente reduzido.
- 15) A inspecção de qualidade da construção da gunitagem de enchimento deve cumprir as seguintes normas de qualidade e pode ser escolhido um ou dois métodos de inspecção, de acordo com as condições de engenharia. Para partes que não requeiram o enchimento de cavidades, a espessura da calda de injeção deve cumprir os requisitos de concepção.
 - Ensaio de gunitagem de furo único: a pasta de cimento com uma relação água-cimento de 2 é injectada no furo de inspecção e a espessura é a mesma da gunitagem. É correcto injectar não mais do que 10 l de pasta nos primeiros 10 minutos.

- Ensaio de conectividade de furo duplo: dois furos de inspecção com uma distância de 2 m são dispostos na posição designada. A pasta de cimento com uma relação água-cimento de 2 é injectada num dos furos. A pressão é a pressão de gunitagem. Se a extracção da pasta do outro furo for inferior a 1 l/min, o ensaio é positivo.
 - Verificar os furos de inspecção e a amostragem dos núcleos. Verificar os furos de sondagem e observar os núcleos; se a colocação da pasta for densa e cumprir os requisitos de concepção, são considerados aprovados;
- f) A gunitagem de consolidação deve cumprir os seguintes requisitos:
- 1) A gunitagem pode ser realizada mediante o método de gunitagem por pressão pura, de acordo com o princípio de gunitagem por sequências entre anéis e densificação no interior do anel. A gunitagem entre os anéis das rochas circundantes de Grau IV e V deve ser realizada por duas ou três sequências. A gunitagem entre os anéis das rochas circundantes de Grau II e III pode ser realizada sem seguir sequências.
 - 2) Os furos de gunitagem podem ser criados por uma perfuradora pneumática ou outro tipo de perfuradora. O diâmetro do furo acabado não deve ser inferior a 38 mm. A posição, direcção e profundidade do furo devem cumprir os requisitos de concepção.
 - 3) As fissuras para os furos de gunitagem de consolidação devem ser enxaguadas com água de pressão antes da gunitagem e o tempo de enxaguamento não deve ser superior a 15 minutos ou o enxaguamento deve ser interrompido quando o refluxo está limpo. A pressão de lavagem pode ser 80% da pressão de gunitagem e não pode ser superior a 1 MPa. A necessidade e a forma de enxaguar devem ser determinadas mediante ensaios de campo em condições geológicas complexas ou perante requisitos especiais.
 - 4) A gunitagem de consolidação deve aplicar o método de gunitagem de furo único. Em áreas com pequenos volumes de gunitagem, a aplicação de gunitagem nos furos de gunitagem no mesmo anel pode ser realizada em conjunto. O número de furos de gunitagem cuja aplicação de gunitagem ocorre ao mesmo tempo deve ser superior a três e a posição dos furos deve ser simétrica.
 - 5) Quando a rocha-mãe dos furos de gunitagem de consolidação tiver um comprimento inferior a 6 m, a gunitagem pode ser realizada em todos os furos ao mesmo tempo. Quando as condições geológicas forem más ou houver requisitos especiais, a gunitagem pode ser realizada por segmentos.
 - 6) A pressão da gunitagem de consolidação para o túnel pode ser de 0,3 MPa a 2,0 MPa e a pressão de gunitagem para os túneis com uma grande altura deve ser determinada mediante um ensaio de gunitagem, de acordo com os requisitos da engenharia e as condições geológicas das rochas circundantes.

- 7) A relação água-cimento da pasta de injeção e as condições de conversão e terminação da pasta devem cumprir os seguintes requisitos:
- A relação água-cimento da pasta de injeção pode aplicar quatro graus, incluindo 3, 2, 1 e 0,5. A relação água-cimento da pasta no início da gunitagem é de 3. O princípio de conversão da pasta é o seguinte: quando a pressão de gunitagem permanecer inalterada, a taxa de injeção continua a diminuir, ou quando a taxa de injeção permanecer inalterada e a pressão continuar a aumentar, a relação água-cimento não deve ser alterada; quando o volume de gunitagem injectada tiver alcançado 300 l ou mais, ou quando o tempo de gunitagem tiver sido mantido durante 30 minutos, a pressão de gunitagem e a taxa de injeção não se tiverem alterado ou se tiverem alterado de forma insignificante, deve ser aplicada uma relação água-cimento com um grau mais denso; quando a taxa de injeção for superior a 30 l/min, a relação pode tornar-se mais concentrada ao longo dos graus em circunstâncias específicas.
 - As condições de terminação da gunitagem em cada secção devem ser determinadas de acordo com as condições geológicas e os requisitos de engenharia. Quando a secção de gunitagem estiver sob a pressão máxima de concepção e a taxa de injeção não for superior a 1 l/min, a gunitagem pode ser concluída após gunitagem contínua durante 30 minutos.
- 8) Após a conclusão da gunitagem, devem ser removidas a água e a sujidade acumuladas no furo de sondagem, os furos devem ser vedados mediante os métodos de "gunitagem de furo completo" ou "gunitagem de condutas" e o lado esquerdo dos furos deve ser nivelado e preenchido com argamassa dura seca.
- 9) A inspecção de qualidade da engenharia para a gunitagem de consolidação das rochas circundantes deve ser baseada principalmente na medição da velocidade de ondas elásticas do maciço rochoso com gunitagem e complementada com o ensaio de pressão de água para a medição de permeabilidade. O método de ondas acústicas ou o método de ondas sísmicas deve ser aplicado no ensaio de ondas elásticas. O método do ponto único é aplicado no ensaio de pressão da água.
- 10) O ensaio de velocidade das ondas elásticas das rochas circundantes deve ser realizado 14 dias após a conclusão da gunitagem. O esquema dos furos de inspecção, a selecção dos instrumentos de testagem e as normas de qualidade devem corresponder às especificações de concepção.
- 11) A inspecção com o ensaio de bombagem da gunitagem de consolidação deve ser realizada 3 dias após a conclusão da gunitagem. O número de furos de inspecção não deve ser inferior a 5% do número de todos os furos de gunitagem. A permeabilidade das secções de ensaio com uma taxa de aprovação superior a 80% não deve ser superior ao estabelecido no projecto e a permeabilidade de outras secções não deve ser superior a 150% do valor de projecto. A distribuição não deve ser centralizada. O método do ponto único é aplicado no ensaio de pressão da água;
- g) A gunitagem por contacto do revestimento de aço deve cumprir os seguintes requisitos:
- 1) A área de contacto do revestimento de aço e a posição do furo de gunitagem podem ser

determinadas através da inspecção por percussão no local. A gunitagem deve ser realizada para áreas vazias superiores a 0,5 m² e o número de furos dispostos em cada área vazia separada não deve ser inferior a dois. Os pontos mais baixos e mais altos devem ser dispostos com furos.

- 2) Os furos de gunitagem por contacto do revestimento de aço podem ser reservados na placa de aço, devem ser fornecidos passos de parafuso no interior dos furos e as placas de aço reforçadas devem ser soldadas no exterior do revestimento de aço dos furos de pré-fixação. O tubo de gunitagem curto e o revestimento de aço podem ser aparafusados ou soldados.
- 3) Os furos de ligação devem ser colocados no anel de rigidez do revestimento de aço, e o diâmetro do furo não deve ser inferior a 16 mm, de modo a facilitar o fluxo da pasta.
- 4) Deve ser utilizada uma perfuradora magnética para perfurar furos de gunitagem no revestimento de aço e o diâmetro do furo não deve ser inferior a 12 mm. As dimensões da folga entre o revestimento de aço e o betão devem ser medidas para cada furo.
- 5) Deve ser utilizado ar comprimido limpo para verificar a ligação das folgas antes da gunitagem e a sujidade e água existentes nas folgas devem ser eliminadas. A pressão do vento deve ser inferior à pressão de gunitagem.
- 6) A pressão de gunitagem deve ser controlada, uma vez que a distorção do revestimento de aço não deve exceder o valor de projecto. A pressão pode ser determinada de acordo com a forma e espessura do revestimento de aço, a área vazia e o grau de vazio, que não deve ser superior a 0,1 MPa. Quando a profundidade dos espaços vazios for grande, a influência do peso da pasta deve ser considerada na pressão de gunitagem.
- 7) A relação água-cimento da pasta de gunitagem pode ser de 0,8 ou 0,5 e o redutor de água deve ser adicionado à pasta.
- 8) A gunitagem deve começar nos furos inferiores. No processo de gunitagem, bater e vibrar o revestimento de aço. Quando furos altos vertem pasta espessa, fechar as válvulas dos orifícios sequencialmente. Ao mesmo tempo, devem ser medidos e registados o volume e a concentração de pasta vertida por cada furo.
- 9) Sob a pressão de concepção, o furo de gunitagem interrompe a aspiração, e a gunitagem pode ser interrompida após durante 5 minutos.
- 10) Se a gunitagem única não cumprir os requisitos de concepção, podem ser implementadas medidas, como aplicar gunitagem novamente ou utilizar pasta de cimento fino ou química.
- 11) Os furos de gunitagem podem ser vedados por rebites de soldadura ou soldadura após a conclusão da gunitagem, e a mó é utilizada para triturar o orifício.
- 12) A gunitagem por contacto do revestimento de aço também pode ser realizada por meio de tubos de gunitagem especiais pré-construídos ou caixas de gunitagem sem a perfuração de furos, e os requisitos técnicos e de qualidade devem corresponder às especificações de concepção.

- 13) A qualidade da gunitagem deve ser inspeccionada 7 dias após a conclusão da gunitagem, utilizando o método de percussão ou outros métodos. O alcance e o grau de vazio da placa de aço devem cumprir os requisitos de concepção.

7.5.6 A segurança operacional da construção de túneis deve cumprir os seguintes requisitos:

- a) O transporte, armazenamento, processamento e carregamento no local do material de rebentamento, bem como o tratamento de rebentamento falhado devem ser executados de acordo com as especificações de segurança da operação aplicáveis. O material de rebentamento escolhido deve estar em conformidade com as normas técnicas nacionais aplicáveis e o seu desempenho deve ser verificado antes da utilização. Os novos materiais de rebentamento só podem ser utilizados quando o seu desempenho tiver sido comprovado de acordo com as normas e aprovado pelos serviços responsáveis pela segurança e tecnologia;
- b) Deve ser garantida uma taxa e duração de ventilação suficientemente altas após o rebentamento, e é proibida a entrada prematura na superfície de rebentamento. É proibida a criação de um furo não rebentado, e devem ser tomadas medidas para evitar que correntes parasitas e a electricidade estática provoquem danos;
- c) Após o rebentamento e antes da entrada no túnel, a estabilidade da rocha e do estrato deve ser verificada. Verificar cuidadosamente o estado das rochas críticas e tratá-las com seriedade, até que o revestimento do telhado do túnel esteja concluído;
- d) Ao passar por estratos especiais ou encontrar sinais incomuns, devem ser desenvolvidas medidas tecnológicas especiais dedicadas à prevenção de desastres, de acordo com as condições específicas da construção.

7.6 Aquedutos

7.6.1 A construção das fundações dos aquedutos deve cumprir os seguintes requisitos:

- a) A escavação, o enchimento e o tratamento das fundações dos aquedutos devem cumprir os requisitos de concepção e os requisitos indicados nos pontos 6.1 e 6.3;
- b) O erro admissível para fundações de pilares de gravidade de alvenaria ou betão deve cumprir os requisitos do Quadro 36;
- c) A construção de estacas de escavação e estacas perfuradas deve cumprir os requisitos do ponto 6.3.

7.6.2 As estruturas de suporte dos aquedutos devem cumprir os seguintes requisitos:

- a) Suportes de pilares: os suportes de pilares de betão e alvenaria devem cumprir os requisitos de concepção e os requisitos dos pontos 6.5 e 6.6. O erro admissível pode ser consultado no Quadro 36.
- b) Grupos de estacas no betão moldado no local: a colocação dos grupos de estacas de betão deve ser devidamente ordenada. Controlar a velocidade de subida do betão para que seja de cerca de 1,0 m/h. Antes da colocação de grupos de estacas de betão, os apoios da cofragem devem ser reforçados para manter a estabilidade da cofragem. Durante o processo de colocação, o grupo de estacas deve ser observado em todos os momentos. Se houver alguma deflexão, esta deve ser imediatamente ajustada;

- c) Pré-fabricação e elevação de grupos de estacas: a elevação e montagem de grupos de estacas devem cumprir os requisitos do ponto 6.7.
- d) O erro admissível da montagem do grupo de estacas pré-fabricadas e moldadas no local deve cumprir os requisitos dos pontos 6.5.3.12 e 6.7.3;
- e) A construção de estruturas em arco construídas por meio de alvenaria ou maciços pré-fabricados de betão deve cumprir os requisitos do ponto 6.6.12 e outros requisitos aplicáveis;
- f) Arcos de nervuras construídos: a pré-fabricação, o transporte e a elevação de arcos de nervuras devem cumprir os requisitos dos pontos 6.5 e 6.7.

7.6.3 A construção de corpos de aquedutos de betão moldado no local deve cumprir os seguintes requisitos:

- a) Os suportes de cofragem para o corpo do aqueduto de betão moldado no local devem cumprir os requisitos do ponto 6.5.1.
- b) A ordem de moldagem do corpo do aqueduto de betão moldado no local pode ser de uma extremidade para a outra, de ambas as extremidades para o centro ou do centro para ambas as extremidades. O lingotamento de aquedutos de secção pequena deve ser uniforme;
- c) Dividir o corpo do aqueduto em várias camadas mediante diferentes métodos, de acordo com diferentes tipos de corpo de aqueduto. Determinar cuidadosamente a altura de cada camada e dividi-la no menor número de camadas possível. O número de camadas não deve ser superior a quatro. A altura da primeira camada deve ser superior à das demais camadas.

7.6.4 A construção de corpos de aquedutos de betão pré-fabricado deve cumprir os seguintes requisitos:

- a) A escolha do local de pré-fabricação deve considerar o relevo, as estradas, a distância de transporte;
- b) A moldagem dos suportes da cofragem é a mesma dos corpos dos aquedutos de betão pré-fabricado;
- c) A duração dos tratamentos e da manutenção do corpo do aqueduto de betão não deve ser inferior a 28 dias;
- d) Ao erguer o corpo do aqueduto, a resistência do betão deve ter alcançado a resistência de concepção.

7.6.5 Uma vez que a construção de aquedutos é um tipo de operação a alta altitude, o equipamento de elevação e transporte deve ser escolhido de acordo com a situação prática de cada aqueduto. Se as condições o permitirem, os guindastes de cabo devem ser escolhidos primeiro.

7.6.6 Se as duas extremidades dos aquedutos estiverem ligadas a canais de enchimento, não só a qualidade de enchimento das juntas deve cumprir os requisitos aplicáveis como o pré-assentamento do enchimento deve ser realizado. É necessário ter em consideração a qualidade da construção da superfície de contacto dos anéis de corte nas extremidades dos aquedutos e do solo de enchimento.

7.6.7 O tipo de cordão de estanquidade das juntas de dilatação deve cumprir os requisitos de concepção e os requisitos do ponto 6.5.3.15.

7.6.8 A gestão técnica de construção e elevação de aquedutos deve ser reforçada para garantir que o esquema de construção foi aprovado, a divisão do trabalho é clara, foram definidas as medidas e as responsabilidades e a construção está devidamente organizada através de uma estrutura de comando unificada.

7.7 Veios de compensação

7.7.1 O método de construção do veio de compensação (doravante referido como veio) deve ser determinado de acordo com factores, como a estabilidade das rochas circundantes, as dimensões da secção de escavação, as condições dos canais superior e inferior do veio, a forma da estrutura do telhado, a influência na construção de estruturas superiores após escavação alargada das partes inferiores, bem como o equipamento de construção. Os seguintes elementos devem ser incluídos:

- a) Processo de fluxo adequado para veios de secção pequena e média com rochas circundantes tipos I e II ou com rochas circundantes tipo III com suporte de ancoragem de gunita que pode manter a estabilidade das rochas circundantes, ou para veios de secção grande com boa estabilidade;
- b) Processo de fluxo segmentado adequado para veios de secção grande e média com rochas circundantes tipos III e IV, ou veios com más condições locais que necessitem de revestimento atempado, ou veios de secção grande com rochas circundantes tipos II, III e IV.

7.7.2 A escavação do veio deve cumprir os requisitos do ponto 6.2.

7.7.3 O reforço de uma boca do poço a céu aberto deve cumprir os seguintes requisitos:

- a) Os taludes laterais da boca do poço devem ser reforçados de acordo com os requisitos dos taludes laterais, de forma a manter a estabilidade das rochas circundantes. A dimensão da escavação do nível de água do poço deve ser decidida de acordo com as condições de construção e os requisitos dos edifícios superiores. Para cada lado, deve ser permitida uma plataforma de 3 m a 5 m. No sopé do talude lateral, devem ser permitidos canais de drenagem, de forma a evitar que a água superficial passe para o poço;

- b) Para veios de secção grande, após a escavação até uma determinada profundidade proveniente da parte superior da boca do poço, o reforço deve ser executado de acordo com as condições de estabilidade das rochas circundantes, ou o revestimento deve ser realizado previamente, de acordo com os requisitos dos edifícios permanentes, de forma a garantir a estabilidade das rochas circundantes superiores durante a escavação.

7.7.4 O reforço das bocas do poço integrado deve cumprir os seguintes requisitos:

- a) Quando é adoptada uma estrutura de betão para a parte superior do veio, para que o estabelecimento do molde e da segurança da construção da parte inferior seja mais prático, a construção de betão da parte superior deve ser realizada antes da escavação da parte inferior, o que é bom para a estabilidade das rochas circundantes;
- b) As rochas circundantes no segmento de ligação entre o veio e o veio inclinado da tubagem de alta pressão normalmente apresentam fraca resistência a qualquer tensão, e devem ser reforçadas antes da construção do veio.

7.7.5 Os suportes provisórios devem cumprir os seguintes requisitos:

- a) Os suportes temporários após a escavação do veio devem cumprir os requisitos do ponto 6.2.
- b) Quando houver quebra de rochas de um veio de secção pequena, pode ser aplicado o método de protecção de paredes do veio através do betão no local;
- c) As secções com rochas circundantes tipos Jtf e V devem ser reforçadas em tempo útil. Para o reforço das rochas, pode ser aplicado o método de revestimento durante a perfuração ou de perfuração durante o revestimento ou de pré-gunitagem;
- d) Quando houver uma composição de juntas desfavorável nas paredes do veio, a ancoragem deve ser realizada em tempo hábil.

7.7.6 A construção da subsecção de barras de aço deve cumprir os seguintes requisitos:

- a) Para a construção mediante moldes ordinários, devem ser segmentadas barras de aço circulares de acordo com as dimensões reais, e as barras de aço verticais devem ser sempre segmentadas de acordo com a elevação vertical do molde;
- b) Para a construção através do modo de deslizamento, as barras verticais (ou barras axiais) não devem ter mais de 6 m, e as barras circulares não devem ter mais de 7 m.

7.7.7 A montagem de barras de aço deve cumprir os seguintes requisitos:

- a) Para a construção mediante moldes ordinários, as barras de aço verticais devem ser montadas antes da montagem da cofragem. As barras de aço circulares devem ser montadas após a montagem da cofragem;

- b) Para a construção através do modo de deslizamento, as barras de aço do corpo do veio devem ser montadas por subsecção e o lingotamento deve ser realizado ao mesmo tempo que a montagem das barras circulares.

7.7.8 O revestimento de betão deve cumprir os seguintes requisitos:

- a) A elevação da subsecção do revestimento de betão do veio deve ser decidida de acordo com as condições de estabilidade das rochas circundantes, tipo de estrutura de revestimento e método de lingotamento.
- 1) Se a estabilidade das rochas circundantes for fraca, os veios devem ser escavados por secção e revestidos por subsecção.
 - 2) Quando o tipo de estrutura de revestimento for alterado, o lingotamento do ponto de mudança deve ser realizado por subsecção.
 - 3) Quando for utilizado no lingotamento de veios de secção grande, o molde ordinário pode ser dividido uniformemente em maciços para o lingotamento, de acordo com a estrutura do molde, capacidade de mistura e capacidade de transporte;
- b) O método de colocação do betão deve ser decidido de acordo com as condições de construção. Quando o veio estiver a uma profundidade de 15 m, pode ser utilizado um tubo de controlo de descida directamente para transportar o betão para o local. Se o veio estiver a uma profundidade entre 15 m e 100 m, o betão deve ser transportado mediante uma calha vibratória para a plataforma de lingotamento montada no fundo e depois colocado no local por um tubo de controlo de descida. Se o veio estiver a uma profundidade muito elevada, ou a central de mistura do betão estiver localizada debaixo do veio, deve ser utilizada uma gaiola para transportar o betão;
- c) O molde deslizante deve ser utilizado no revestimento de betão do veio. O molde pode ser feito em estruturas completas ou montadas de acordo com o diâmetro do veio e a forma da secção e pode ser montado mediante grampos. A altura do molde depende do tempo de presa do betão e da velocidade de subida do molde e a velocidade de subida deve estar entre, geralmente, 1,0 m/dia e 1,4 m/dia. O molde deve ser em forma de cone com um fundo ligeiramente mais pequeno do que o topo, o adelgaçamento é normalmente de 1% e a resistência de desmoldagem do betão no molde deslizante deve estar entre 0,1 MPa e 0,3 MPa;
- d) As juntas de construção circulares e longitudinais do revestimento de betão não só devem receber tratamento contra o desbaste de acordo com os requisitos das juntas de construção comuns e devem ser criadas formas de chaveta. No caso de haver requisitos de impermeabilização, deve ser criado um cordão de estanquidade.

7.7.9 A operação de segurança da construção deve cumprir os seguintes requisitos:

- a) Quando o veio-piloto e o corpo do veio ou boca de poço são operados em conjunto, devem ser aplicadas medidas de vedação fiáveis;
- b) Quando um dispositivo de elevação for adoptado num veio, deve ser montado um indicador de profundidade no veio para evitar o enrolamento e velocidades excessivos e deve haver dispositivos de protecção destinados à sobreintensidade e à perda de tensão, bem como um sistema de travagem. Deve haver conexões para comunicações e sinais fiáveis e os sinais devem incluir som e luz;

- c) Deve ser colocada uma escada de mão com guarda de segurança nos veios e deve ser colocada uma plataforma de descanso a cada 8 m.

7.8 Construção civil de condutas forçadas

7.8.1 A escavação subterrânea de condutas forçadas enterradas deve cumprir os requisitos do ponto 6.2.

7.8.2 A construção em betão de condutas forçadas enterradas abaixo do solo sem revestimento de tábuas de aço deve cumprir os seguintes requisitos:

- a) O lingotamento do revestimento de betão do veio inclinado deve ser realizado mediante um molde deslizante. O molde de aço deve ser feito numa forma cónica, com a parte frontal grande e a parte final mais pequena, e o adelgaçamento deve estar entre 3‰ e 8‰. O painel deve ser plano e o desvio admissível do convexo-côncavo é de 2 mm a 3 mm. O revestimento do molde deslizante é dividido em revestimento por cobertura e revestimento por contra-abertura e deve ser dada prioridade ao uso do revestimento por cobertura;
- b) O desempenho do betão deve ter um tempo de presa inicial não inferior a 1,5 horas, um tempo de presa final não superior a 4 horas e um abatimento de 40 mm a 60 mm;
- c) Se o talude do veio inclinado estiver entre 30° e 45°, utilizar uma calha para o lingotamento de betão e a calha deve ser coberta. Montar um deflector metálico a cada 5 m a 8 m e um deflector na extremidade da calha, de forma a evitar a separação do betão. Quando o comprimento do veio inclinado for grande, devem ser utilizados baldes ou carrinhos para transportar o betão para a parte superior do armazém de lingotamento. Em seguida, utilizar as calhas para o transporte para o armazém;
- d) Ao utilizar um molde deslizante no lingotamento de betão, é necessário ter em consideração os seguintes pontos:
 - 1) O lingotamento da abertura deve ser realizado em primeiro lugar. O lingotamento dos lados direito e esquerdo deve ser simétrico.
 - 2) O intervalo de tempo de deslizamento do molde deslizante deve ser decidido mediante ensaios e deve ser mantido, geralmente, em cerca de meia hora, não podendo exceder 1 hora. O curso de extracção do molde deve ser sempre de 50 mm a 100 mm e os metros furados diariamente devem ser 2 m.
 - 3) A posição do molde deve ser ajustada em qualquer momento, mas nunca deve ser superior a 100 mm (radial).
 - 4) A superfície do molde deve ser mantida lisa, de forma a evitar a raspagem do betão durante o movimento.

7.8.3 As condições e procedimentos para uma conduta forçada subterrânea incorporada devem cumprir os seguintes requisitos:

- a) Antes da montagem de uma conduta forçada, devem ser respeitadas as seguintes condições:
 - 1) Após a escavação das rochas na caverna, uma folga de 400 mm deve ser deixada na parte superior e lateral do tubo horizontal e uma folga de 500 mm deve ser deixada no fundo. À volta do veio inclinado, deve ser deixada uma folga de 400 mm, que deve ser aumentada para veios com um diâmetro pequeno.
 - 2) O contraforte ou parede de betão que suporta a conduta forçada deve apresentar uma resistência superior a 70%.
 - 3) O diâmetro da barra de ancoragem incorporada à volta da conduta forçada não deve ser inferior a 20 mm e a argamassa no furo a integrar deve apresentar uma resistência superior a 70%.
 - 4) Os pontos de controlo de observação devem ser montados de forma segura com sinalizações claras. O número e a posição dos pontos de controlo devem cumprir os requisitos de montagem.
 - 5) Construir áreas de repouso, montar dispositivos de protecção de segurança e estabelecer sinais de contacto claros. Quando o veio inclinado for comprido, deve ser montado um sistema de ventilação eficaz e de fumos;
- b) Procedimento e princípios de montagem
 - 1) Os procedimentos de montagem das condutas forçadas devem ser decididos tendo em consideração alguns factores, incluindo a entrada da conduta forçada, a direcção de alimentação do betão, o número de superfícies de trabalho, o período de construção e as condições geológicas.
 - 2) Quando as condições de elevação e transporte o permitirem, deve ser favorecida a montagem da secção grande. A montagem da conduta forçada e o lingotamento de betão devem ser realizados de forma alternada por secção e o comprimento de cada secção deve basear-se no pré-requisito de garantir a qualidade do lingotamento de betão. O invólucro de betão deve ser criado por bombagem.
 - 3) Devem ser tomadas medidas para evitar a flutuação e distorção da tubagem de aço durante a montagem.

7.8.4 A construção de condutas forçadas expostas deve cumprir os seguintes requisitos:

- a) A escavação da linha da conduta forçada deve cumprir os requisitos do ponto 6.1.3, o rebentamento por pré-fendilhamento deve ser adoptado à volta do assento do tubo, as rochas desmoronadas devem ser removidas e devem ser implementadas medidas de tratamento do talude lateral e de boa drenagem;
- b) A construção de maciços de ancoragem e contrafortes deve cumprir os requisitos de concepção e também os requisitos dos pontos 6.5, 6.6 e 6.1.3.

- c) O procedimento e os requisitos de montagem de condutas forçadas devem cumprir os seguintes requisitos:
- 1) Durante a produção e a montagem de condutas forçadas, devem ser evitadas distorções ou danos.
 - 2) Escolher o procedimento de montagem correcto, ou seja, montar e fixar os cotovelos, em seguida, e de acordo com a posição das juntas de dilatação, montar de baixo para cima (quando a junta de dilatação estiver muito próxima do lado a jusante do maciço de ancoragem), ou nas direcções a montante e a jusante (quando a junta de dilatação estiver entre dois maciços de ancoragem).
 - 3) A temperatura da conduta forçada deve ser medida em tempo útil durante a montagem e, com base nisto, é necessário determinar correctamente o comprimento excedentário da junta de dilatação.
 - 4) As juntas longitudinais de secções de tubos adjacentes não devem estar dispostas na mesma linha recta.
 - 5) A elevação por guindaste de cabos ou vagões para carris planos de condutas forçadas podem ser utilizados para transportar condutas forçadas, de acordo com as condições de construção.
 - 6) O fundo da conduta forçada deve ser pelo menos 600 mm mais alto do que o nível do chão.
 - 7) As medições durante a construção devem ser realizadas em horários fixos ou quando a luz do sol não for intensa.
 - 8) Outros requisitos devem cumprir os requisitos do ponto 8.4.

7.8.5 A construção de condutas forçadas de betão armado deve cumprir os seguintes requisitos:

- a) A construção do leito do tubo e da boca do tubo deve cumprir os seguintes requisitos:
- 1) A escavação do leito da conduta forçada deve seguir os requisitos do ponto 6.1.
 - 2) O leito da conduta forçada com fundações de solo deve ser densamente compactado. As almofadas de amortecimento rígido do leito da conduta forçada devem ser dispostas numa boa base rochosa. A construção de maciços rochosos de betão ou alvenaria deve seguir os requisitos dos pontos 6.5 e 6.6. A qualidade do solo preenchido na parte superior das condutas forçadas incorporadas deve cumprir os requisitos de concepção.
 - 3) O asfalto pintado ou feltro asfáltico disposto entre as linhas da conduta forçada e os suportes devem cumprir os requisitos de concepção;
- b) A construção dos maciços de ancoragem deve cumprir os requisitos do ponto 7.8.4;
- c) A distância da folga entre as juntas de dilatação do betão armado moldado no local deve ser de 15 m a 20 m para fundações de solo e de 10 m a 15 m para bases rochosas. Existem dois tipos de juntas de tubagem, estilo abertura e estilo telescópico, e deve ser dada prioridade ao último. A largura da junta de dilatação deve ser de 15 mm a 20 mm. A qualidade das juntas de tubagens e das juntas de dilatação deve cumprir os requisitos de concepção e do ponto 6.5 e garantir uma vedação hermética;

- d) O comprimento da secção do tubo de betão armado pré-fabricado é determinado de acordo com as condições específicas de produção, transporte e montagem e, geralmente, não deve ser superior a 5 m. Os tubos chanfrados devem ser prioritários como molde de secção de tubos. Durante a elevação da secção do tubo, a resistência do betão deve cumprir os requisitos de concepção. Quando não houver requisitos de concepção, não deve ser inferior a 70% da resistência de concepção. A posição, o molde e o material de vedação das juntas de subsidência e das juntas de dilatação e o material de vedação das juntas de secção do tubo deve cumprir os requisitos de concepção. O material de vedação deve ser firmemente ligado e rigorosamente tapado sem apresentar sinais de fugas. O desvio admissível de montagem da secção do tubo pré-fabricado deve cumprir os requisitos do Quadro 46.

Quadro 46 Desvio admissível de montagem da secção de tubo pré-fabricado Unidade: mm

N.º	Elemento	Desvio admissível
1	Deslocamento do eixo de montagem da secção do tubo	±5
2	Diferença de elevação da superfície entre dois tubos adjacentes	3
3	Largura da junta de subsidência e da junta de dilatação	±5
4	Diferença entre o valor da folga da mesma junta de ligação de um tubo chanfrado	±5

7.8.6 A construção de condutas forçadas de outros materiais deve cumprir os seguintes requisitos:

- a) A construção civil das condutas forçadas de outros materiais deve ser realizada de acordo com os requisitos de concepção;
- b) De acordo com o material e o desempenho das diferentes condutas forçadas, seguir o projecto e os requisitos dos fabricantes para executar a ligação e a montagem das condutas forçadas de outros materiais e realizar ensaios de detecção e pressão para garantir a qualidade da construção de condutas forçadas.

7.9 Central eléctrica

7.9.1 A escavação e tratamento das fundações devem cumprir os seguintes requisitos:

- a) A escavação da central eléctrica da superfície deve ser executada em conjunto com a escavação da água a jusante e a escavação e tratamento das fundações devem cumprir os requisitos dos pontos 6.1 e 6.3;
- b) A escavação subterrânea da central eléctrica deve cumprir os seguintes requisitos, para além das disposições aplicáveis do ponto 6.2:

- 1) Os túneis de ramificação de construção devem ser criteriosamente dispostos e túneis permanentes devem ser utilizados tanto quanto possível como canais de construção.
- 2) Um túnel-piloto deve ser escavado primeiro e a sua posição pode ser decidida de acordo com o método de construção aplicado.
- 3) Geralmente, podem ser aplicados os seguintes métodos:
 - Para rochas circundantes tipos I a III, pode ser aplicado o método de construção do arco antes das paredes;
 - Para rochas circundantes tipos II a IV, pode ser aplicado o método de construção das paredes antes do arco; se for aplicado o método de construção do arco antes das paredes, as rochas e a base do arco devem ser protegidas e reforçadas;
 - Para rochas circundantes tipos IV a V, deve ser aplicado o método de parede nervurada ou arco nervurado e as rochas circundantes devem ser reforçadas primeiro, quando necessário;
 - Para rochas intermédias, pode ser aplicado o método de escavação em ramais ou de escavação de secção completa.
- 4) Durante a construção, a observação da construção deve ser devidamente realizada, de forma a identificar a tensão nas rochas e as estruturas de suporte e o alcance das zonas de falha das rochas circundantes e a observar o deslocamento e a distorção das rochas e dos suportes.
- 5) Quando existam cavernas paralelas adjacentes, a parede rochosa deve ser reforçada primeiro e depois escavada para baixo.
- 6) Ao construir numa intersecção da caverna da central eléctrica, a intersecção deve ser reforçada primeiro e o comprimento do reforço deve ser decidido de acordo com o estado das rochas circundantes e com o controlo da extensão de superfícies fracas. O comprimento não deve ser inferior a 5 m.

7.9.2 A contenção de cheias de uma central eléctrica deve cumprir os seguintes requisitos:

- a) As medidas de contenção de cheias devem cumprir os requisitos aplicáveis. Além disso, devem ser escolhidas medidas economicamente razoáveis e com um método fiável, que sejam seleccionadas mediante cálculo de maneira a garantir a segurança durante a época das cheias;
- b) Se a central eléctrica for utilizada para a retenção de águas, o betão subaquático da central deve alcançar a elevação de segurança de contenção de cheias antes da época das cheias e todos os orifícios relativos à contenção de cheias devem ser tapados;

- c) Para o tamponamento de orifícios durante a época das cheias, não deve ser utilizada nenhuma ensecadeira de águas a jusante. Se necessário, o tratamento do reforço deve ser realizado de acordo com o estado do tamponamento;
- d) É necessário terminar o tratamento de águas de infiltração na superfície de construção da central eléctrica subterrânea e executar uma combinação de bloqueio e descarga antes do início da época das cheias.

7.9.3 A drenagem da área da central eléctrica deve cumprir os seguintes requisitos:

- a) A drenagem da área da central eléctrica deve ser construída de acordo com os desenhos do projecto. Antes da conclusão do sistema de drenagem permanente, o sistema de drenagem temporária da área da central eléctrica durante a construção deve ser devidamente estabelecido;
- b) A água de drenagem temporária fora da área da central eléctrica deve ser directamente conduzida para fora das ensecadeiras a jusante e a montante;
- c) Antes da construção da central eléctrica e como principal medida para a drenagem da construção da mesma, deve ser construído um reservatório de água com fugas permanentes.

7.9.4 A divisão em camadas e em maciços de betão de construção da central eléctrica deve cumprir os seguintes requisitos:

- a) O princípio da estratificação e da formação de maciços:
 - 1) A estratificação e a formação de maciços devem ser realizadas de acordo com os factores das características da estrutura, forma e tensão da central eléctrica, bem como com a montagem dos equipamentos, de forma a evitar a incidência da tensão e fendas nas partes mais fracas da estrutura e a tentar evitar ângulos agudos e secções finas na forma geométrica. Durante a formação de maciços, tentar coordenar as juntas de construção e as juntas da estrutura e tentar não enfraquecer a integridade da estrutura. Na estratificação e na formação de maciços, também se devem considerar o molde, as barras de aço, as partes incorporadas, a vibração do betão e a construção de betão de segunda fase.
 - 2) A espessura da estratificação deve ser decidida de acordo com as características da estrutura e os requisitos de controlo da temperatura. A espessura da camada das zonas de retenção das fundações não deve ser superior a 2 m e a espessura pode ser aumentada acima da zona de retenção, mas não deve ser superior a 2,5 m. Para partes com uma grande superfície de dissipação de calor, a espessura da estratificação pode ser aumentada de acordo com as condições específicas, mas não deve ser superior a 4,0 m.
 - 3) Decidir as dimensões da área de formação de maciços de acordo com a capacidade de construção do betão e os requisitos de controlo da temperatura e tentar reduzir as juntas de construção desnecessárias. A relação de comprimento-largura do maciço não deve ser muito grande, geralmente inferior a 2,5 ■ 1.

- 4) Em partes mais fracas onde a divisão é absolutamente necessária e podem surgir fendas, devem ser colocadas barras de aço anti-fendas;
- b) O molde e os requisitos de estratificação e de formação de maciços:
- 1) A estratificação e a formação de maciços das estruturas da parte inferior da central eléctrica normalmente adoptam o molde de comprimento total, junta alternada e, em centrais eléctricas de estações de PCH, deve ser adoptado o lingotamento de comprimento total.
 - 2) A estratificação deve ser decidida em função do rodapé, do tubo de águas a jusante, das volutas, da sala da turbina hidráulica, da plataforma do gerador e da sala do gerador. A estratificação também pode ser considerada por referência para centrais eléctricas com turbinas tubulares e de impulso.
 - 3) A unidade do gerador deve ser considerada como o elemento individual da divisão longitudinal.
 - 4) O lingotamento dos maciços pode ser utilizado no betão das paredes a jusante e a montante, bem como nas paredes laterais esquerda e direita das estruturas da parte inferior, devendo ser montadas instalações de vedação nas partes com requisitos anti-infiltração.
 - 5) Para uma sala de gerador onde as partes incorporadas da turbina hidráulica são montadas por fases, pode ser realizado o lingotamento de maciços que utiliza a unidade do gerador como um elemento.
 - 6) A abertura da divisão deve ser directamente para cima e para baixo ou paralela ao chão e evitar juntas irregulares visíveis na superfície exposta.
 - 7) O comprimento de sobreposição do maciço de lingotamento da camada superior e inferior da junta alternada é normalmente 1/2 a 1/3 da espessura de lingotamento e não deve ser inferior a 500 mm. Devem ser adoptadas medidas para evitar que a junta de construção se prolongue ainda mais.
 - 8) Os maciços adjacentes devem crescer uniformemente e, quando construídos com juntas escalonadas, a diferença de elevação dos maciços adjacentes não deve ser superior a 4 m a 5 m.
 - 9) O lingotamento das paredes laterais e da chapa para telhado da voluta não deve ser realizado de uma só vez.

7.9.5 A construção de moldes da voluta de betão armado e do tubo de águas a jusante deve cumprir os seguintes requisitos:

- a) Os moldes de madeira devem ser utilizados em volutas, tubos cónicos circulares do tubo de águas a jusante e cotovelos. O molde pode ser feito de madeira de aço ou outros materiais como um substituto para a secção difusora do tubo de águas a jusante, mas devem existir medições viáveis e detalhadas na parte de ligação dos moldes de aço e madeira, para garantir que o desvio durante a montagem do molde e a construção do betão não é superior ao indicado nos requisitos do Quadro 47. Para a secção recta do tubo de água a jusante após o lingotamento, os moldes de betão, tijolo ou alvenaria podem ser utilizados no lugar de moldes de madeira de aço. Para a chapa para telhado da secção difusora do tubo de água a jusante, ao preparar as condições de elevação, devem ser utilizadas vigas invertidas em T pré-fabricadas na construção de elevação;

- b) Os moldes de madeira devem ser criados na fábrica de processamento, evitando a exposição ao sol e à chuva, e o comprimento do molde deve ser decidido de acordo com as dimensões do molde e a capacidade de produção, a elevação, o transporte e a capacidade de montagem e construção. Pode ser adoptada a produção do corpo completo ou por secções e deve ser dada prioridade à primeira. O corpo cónico da voluta pode ser produzido em conformidade com 1/4 de uma superfície cónica circular. O erro admissível na produção de moldes deve cumprir os requisitos de concepção do molde e não deve ser superior aos requisitos do Quadro 48;
- c) A criação do molde do tubo de água a jusante pode ser executada mediante um método gráfico, um método numérico ou por ampliação do molde;
- d) No transporte dos moldes, devem ser evitadas colisões e distorções e devem ser tomadas medidas de reforço se o molde for grande;
- e) A montagem do molde no corpo cónico da voluta deve ser realizada após a montagem do anel de paragem e a abertura superior do molde deve estar estreitamente ligada à parte inferior do corpo interligado;
- f) Quando o molde estiver em posição, a precisão correspondente ao eixo horizontal e vertical da unidade do gerador deve ser novamente verificada, bem como a elevação da montagem, e o erro de montagem não deve ser superior aos requisitos do Quadro 47;

Quadro 47 Desvio admissível da montagem de volutas e do molde de tubos de água a jusante Unidade: mm

N.º	Ponto de desvio	Volutas	Tubo de águas a jusante
1	Regularidade do molde: diferença de elevação da laje da superfície adjacente	3	3
2	Irregularidades locais	5	5
3	Substituição de eixos	±5	±5
4	Elevação do molde	±5	±5
5	Dimensão da secção	±10	±10
6	Peças incorporadas		5
7	Dimensões e posição dos furos pré-formados	5	10
NOTA	As dimensões internas da voluta dizem respeito às dimensões da secção radial.		

Quadro 48 Erro admissível na produção de volutas e de moldes de tubos de águas a jusante Unidade: mm

N.º	Elemento do erro	Volutas	Tubo de água a jusante
1	Comprimento e largura do molde	±5	±5
2	Largura entre as superfícies das chapas adjacentes	3	2
3	Irregularidades locais	5	3
4	Fenda na laje da superfície	2	2
NOTA	A irregularidade local diz respeito ao desvio do molde encurvado em relação às dimensões da estrutura. O erro é verificado com uma régua recta de 2 m para moldes planos.		

g) A remoção do molde deve cumprir os requisitos do ponto 6.5.1.6.

7.9.6 A construção do betão das partes inferiores deve cumprir os seguintes requisitos:

- a) A construção do betão das partes inferiores deve ser determinada principalmente pelo lingotamento do betão e coordenada com a montagem electromecânica. A construção do betão da parte superior deve ser determinada por montagem electromecânica e o lingotamento de betão deve ser colocado em segundo plano;
- b) O equipamento dos principais elementos das máquinas destinadas ao transporte e lingotamento de betão, bem como a produtividade que devem alcançar, devem ser decididos de acordo com as características da central eléctrica, como a forma das estruturas complexas, o número de peças incorporadas e o volume de trabalho auxiliar;
- c) As medidas de controlo de temperatura do betão da parte inferior devem cumprir os requisitos dos pontos 6.5.3.13, 6.5.3.14 e 7.3.6;
- d) Quando a temperatura do ar cair repentinamente durante a construção do betão da parte inferior, a protecção das superfícies expostas das estruturas de betão vertido deve ser reforçada e os furos vertidos devem ser fechados durante a estação de baixas temperaturas.

7.9.7 A construção do betão da parte superior deve cumprir os seguintes requisitos:

- a) A construção do betão da parte superior deve ser baseada principalmente na montagem mecânica e eléctrica e a construção civil deve ser coordenada. As estruturas da parte superior devem estar prontas antes da operação do guindaste;
- b) Deve ser construída uma plataforma de instalação antes da sala do gerador principal e deve ser utilizado equipamento exterior para elevar o guindaste para o local antes da realização da cobertura, de forma a criar condições para a testagem e pré-montagem dos componentes das unidades principais;
- c) As partes relacionadas com a geração de energia de primeira fase devem ser construídas previamente;

- d) A elevação de vigas de betão armado, chapas e armações de grupos de estacas deve ser realizada de acordo com os requisitos do ponto 6.7;
- e) Quando for adoptado o método de armação autoportante ou de armação estrutural na construção, devem ser realizadas verificações de resistência e rigidez no esqueleto e na armação, de forma a garantir suficiente estabilidade e praticidade na construção. Durante a construção, a curvatura deve ser definida de acordo com os requisitos de concepção.

7.9.8 A construção de betão de segunda fase da central eléctrica deve cumprir os seguintes requisitos:

- a) O betão da segunda fase da central eléctrica deve cumprir os requisitos do ponto 6.5, bem como os seguintes requisitos:
 - 1) A resistência do betão de segunda fase deve ser 5 MPa superior à resistência do betão de primeira fase.
 - 2) Os agregados do betão de segunda fase não devem ser superiores a 1/4 da espessura da estrutura mais pequena do betão de segunda fase ou superiores a 1/2 do menor espaçamento entre as barras de aço (ou peças incorporadas).
 - 3) Quando a espessura da estrutura mais pequena do betão de segunda fase for inferior a 300 mm, as barras de aço de ligação devem ser montadas na estrutura mais pequena do betão de segunda fase próximo do anterior betão de primeira fase e devem ser utilizadas para fixar as partes incorporadas do betão de segunda fase.
 - 4) Antes do lingotamento do betão de segunda fase, todas as partes incorporadas devem ter sido enterradas de acordo com os requisitos de concepção e outros requisitos aplicáveis; a superfície do silo de lingotamento deve ter sido eficazmente tratada de acordo com as normas.
 - 5) Durante o lingotamento do betão de segunda fase, a colocação do betão não deve ter impacto nas partes incorporadas e na cofragem e deve ser evitado qualquer impacto nas barras de aço. As matrizes mecânicas vibratórias de betão não devem vibrar numa faixa igual à distância entre a cofragem, partes incorporadas e os suportes de metade do raio efectivo do vibrador e não devem tocar nas partes incorporadas, cordão de estanquidade, barras de aço ligadas ao cordão de estanquidade. Nas partes onde não possa ser utilizado um vibrador, a compactação deve ser realizada manualmente;
- b) A construção do betão de segunda fase da central eléctrica deve ter em consideração os seguintes problemas:
 - 1) Quando os trabalhos de montagem de moldes e de amarração de barras de aço se sobrepuserem por vezes à montagem das partes incorporadas, a protecção das partes incorporadas deve ser assegurada.

- 2) Após a cobertura do telhado da central eléctrica, o transporte de betão e o método de colocação devem ser bem geridos durante o lingotamento do betão de segunda fase e deve ser evitado o transporte de betão por áreas acima de unidades em funcionamento ou em montagem.
- 3) A montagem de anéis de paragem deve ser realizada após a construção do betão do nível do tubo de águas a jusante, de forma que a sala da turbina hidráulica, plataformas do gerador e sala do gerador possam ser construídas em sequência.
- 4) O revestimento na conicidade do diâmetro, as câmaras da roda e as partes incorporadas do anel de paragem devem ser instalados de uma só vez, para a praticidade do controlo preciso de toda a montagem, e o lingotamento do betão de segunda fase também deve ser realizado de uma só vez.
- 5) Para locais onde o betão da segunda fase não possa ser combinado adequadamente com o betão de primeira fase, a injeção de cimento para as superfícies das juntas deve ser executada quando o betão de segunda fase alcançar a resistência de concepção, e durante a injeção a elevação das partes incorporadas provocada pela pressão de injeção deve ser evitada.
- 6) Para o betão de segunda fase em secções estreitas ou locais de difícil acesso, pode ser aplicado o método de betão de gunitagem de agregados pré-vedados na construção, devendo este método cumprir os requisitos do ponto 6.5.3.20.
- 7) As dimensões do betão de segunda fase reservado deve cumprir os requisitos espaciais da montagem da unidade e das partes incorporadas.

8 Montagem de estruturas hidromecânicas

8.1 Requisitos básicos

8.1.1 A documentação técnica deve cumprir os seguintes requisitos:

- a) Antes da montagem de estruturas hidromecânicas, devem ser preparados os seguintes documentos:
 - Documentos de produção de estruturas hidromecânicas; desenhos de montagem e documentos técnicos;
 - Certificações de qualidade do produto;
 - Desenhos do esquema das estruturas hidráulicas e desenhos dos pontos de referência;

- b) A montagem de estruturas hidromecânicas deve estar de acordo com os desenhos de projecto e os documentos técnicos relevantes. Se houver qualquer alteração, deve ser fornecida uma notificação de alteração ou uma autorização por escrito assinada pelo serviço de projecto.

8.1.2 Os materiais utilizados devem cumprir os seguintes requisitos:

- a) Os materiais utilizados na montagem de estruturas hidromecânicas devem cumprir os requisitos dos desenhos de projecto. As propriedades devem cumprir os requisitos das normas aplicáveis. O produto deve possuir certificação de qualidade; se não houver certificação ou se o número da marca não estiver claro, o material deve ser novamente verificado. O material só pode ser utilizado quando tiver passado na verificação posterior;
- b) O material utilizado na soldadura deve possuir certificações de qualidade. Os índices, como a composição química, propriedades mecânicas e teor de hidrogénio difusível, devem cumprir os requisitos.

8.1.3 Os pontos de referência e as ferramentas de medição devem cumprir os seguintes requisitos:

- a) Os pontos de referência e os pontos de controlo da montagem que são utilizados no levantamento e montagem da elevação ao longo do eixo devem ser todos visíveis, resistentes e fáceis de utilizar. O serviço de levantamentos deve explicar e fornecer o esboço das posições dos pontos ao serviço de montagem no local;
- b) A precisão das réguas de aço e dos aparelhos de medição utilizados na montagem de estruturas hidromecânicas deve cumprir os seguintes requisitos:
- A precisão da régua de aço deve ser de 1/10.000;
 - Teodolito J2;
 - Indicadores de nível S3;
- c) As ferramentas e instrumentos de medição utilizados na montagem da estrutura hidromecânica devem ser enviados a um serviço de calibração legal e verificados antes da sua utilização.

8.1.4 A ligação de estruturas hidromecânicas deve cumprir os seguintes requisitos:

- a) A soldadura das juntas importantes das estruturas hidromecânicas, como juntas de soldadura de junção no local das comportas de descarga seccionais, juntas longitudinais no local e costuras circulares das condutas forçadas, deve ser a mesma de juntas de soldadura semelhantes no fabrico e deve estar em conformidade com as normas correspondentes;

- b) Para ligações aparafusadas permanentes, a execução de furos roscados e parafusos, bem como de aperto de parafusos, deve cumprir os requisitos aplicáveis.

8.1.5 A anti-corrosão de estruturas hidromecânicas deve cumprir os seguintes requisitos:

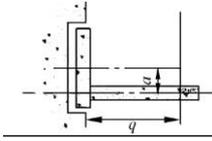
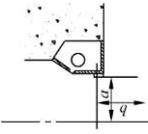
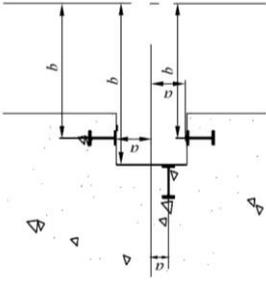
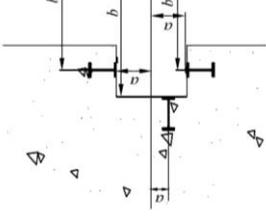
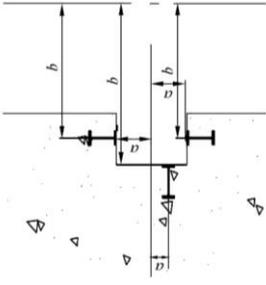
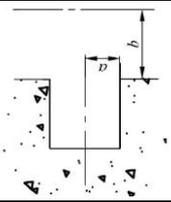
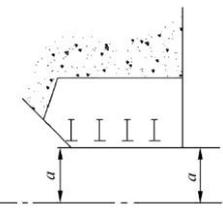
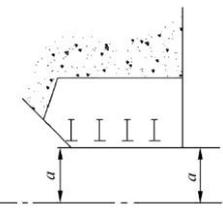
- a) O pré-tratamento da superfície, o revestimento com pintura e a pulverização a quente das estruturas hidromecânicas devem cumprir os requisitos dos desenhos do projecto e ser realizados pelo fabricante. O revestimento de juntas de soldadura da montagem com tinta numa faixa de 100 mm a 200 mm em ambos os lados deve ser executado após as juntas de soldadura terem passado nas verificações de qualidade;
- b) O revestimento não deve ser executado em peças de trabalho cuja temperatura à superfície é inferior a 3 °C acima do ponto de orvalho ou quando a humidade relativa do ar é superior a 85%. Se houver normas separadas do fabricante da tinta, estas devem ser seguidas durante a execução;
- c) A verificação da qualidade do revestimento a tinta e do revestimento metálico deve cumprir os requisitos aplicáveis.

8.2 Comportas de descarga e partes incorporadas

8.2.1 A montagem de partes incorporadas deve cumprir os seguintes requisitos:

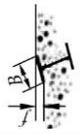
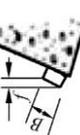
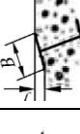
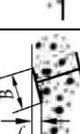
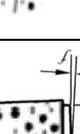
- a) As placas de ancoragem (parafusos) e barras de ancoragem incorporadas no betão de primeira fase devem ser produzidas de acordo com os desenhos de projecto. As placas de ancoragem (parafusos) devem ser marcadas e fixadas na cofragem de acordo com os desenhos de construção. As placas de ancoragem (parafusos) devem estar bem fixas à cofragem. A posição das placas de ancoragem (parafusos) e barras de ancoragem incorporadas deve ser verificada antes de o betão ser vertido;
- b) Antes da montagem de partes incorporadas, devem ser removidos elementos diversos, como a cofragem, das aberturas da comporta. A interface entre o betão de primeira fase e de segunda fase deve ser picada. No betão de segunda fase, as dimensões da secção e a posição das lajes, parafusos e barras de ancoragem incorporados devem cumprir os requisitos do desenho de projecto;
- c) Na montagem das partes incorporadas das comportas planas, o erro admissível deve cumprir os requisitos do Quadro 49;
- d) A montagem das partes incorporadas de comportas planas deve cumprir os requisitos do Quadro 49 e o deslocamento escalonado nas juntas da superfície do rolamento da pista principal não deve ser inferior a 0,2 mm. As juntas devem ser processadas para apresentar taludes suaves. As superfícies do rolamento da pista principal em ambos os lados da abertura da comporta de descarga devem estar na mesma superfície. A tolerância de planidade deve cumprir os requisitos do Quadro 50.

Quadro 49 Desvio admissível da montagem das partes incorporadas das aberturas da comporta plana
 Unidade: mm

N.º	Descrição das partes incorporadas	Soleira da parte inferior	Lintel	Pista principal		Pista lateral	Pista inversa	Placa base do cordão de estanquidade de lateral	Cordão de ângulo e pista lateral	Muro corta-águas			
				Processada	Não processada					Utilizado como cordão de	Parte superior	Parte inferior	
1	Croquis									+5 -0	+2 -1	+8 -0	+2 -1
										Na faixa de trabalho	Para a linha central da abertura da comporta a	Fora da faixa de trabalho	Na faixa de trabalho
2	Para a linha central da abertura da comporta b	±5	H2 -1	+2 -1	+3 -1	±5	+3 -1	±5	±5	±5	±3	±5	±5
3	Elevação	±5											

Quadro 49 (continuação)

Unidade: mm

8	Distorção da superfície f	Croquis								
			1	1	0,5	1	2	2	1	
		Largura da superfície dentro da faixa de trabalho	B<100	1	1	2	2,5	2	1,5	2
			B=100 -200	1,5	1	2	2,5	2,5	1,5	2,5
			B>200	2	1	2	3	3		3
		Desvio adicional admissível fora da faixa de trabalho			2	2	2	2		2

NOTA 1 L indica a largura da comporta;

NOTA 2 Os membros devem ser medidos pelo menos um ponto por metro;

NOTA 3 O muro corta-águas está conectado ao lintel na parte inferior;

NOTA 4 A altura da abertura da comporta na faixa de trabalho é a altura do orifício na condição de água estática e a altura da pista principal resistente à pressão na condição de água dinâmica;

NOTA 5 Se a roda lateral for um dispositivo resiliente pré-carregado, o desvio do carril lateral deve ser especificado de acordo com o desenho;

NOTA 6 O deslocamento da parte de ligação deve ser transformado num talude suave;

NOTA 7 As direções do desvio admissível das partes incorporadas montadas nas aberturas esquerda e direita da comporta devem permanecer tão consistentes quanto possível.

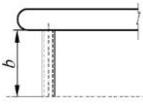
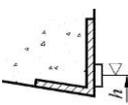
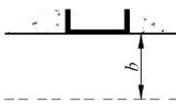
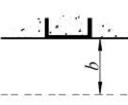
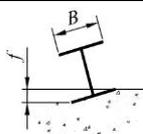
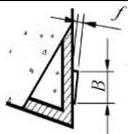
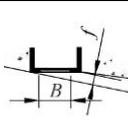
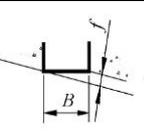
Quadro 50 Tolerância de planidade das superfícies de suporte da pista principal

Comprimento da pista principal (mm)	Tolerância (mm)
≤1000	0,4
>1000–2500	0,5
>2500–4000	0,6
>4000–6300	0,8
>6300–10 000	1,0

- e) O erro de montagem admissível das partes incorporadas para comportas planas de elevação deve cumprir os seguintes requisitos:
- O desvio de montagem do raio de viragem da pista principal não deve ser superior a 1/1000 do raio de viragem e não deve ser superior a 2 mm. O erro admissível da posição central do arco não deve ser superior a 2 mm.
 - O erro de planidade vertical da pista principal deve cumprir os requisitos do desenho. Se não houver qualquer requisito, deve ser inferior a 2 mm.
 - A placa de assento do cordão de estanquidade deve ser superior à superfície de betão em 3 mm a 5 mm e o erro de planidade admissível não deve ser superior a 2 mm;
- f) No caso das dobradiças da comporta Tainter, o desvio de montagem das posições centrais dos parafusos das fundações não deve ser superior a 1 mm;
- g) A tolerância de montagem ou desvio máximo das partes incorporadas da comporta Tainter deve cumprir os requisitos do Quadro 51;

Quadro 51 Desvio admissível da montagem das partes incorporadas da comporta radial

Unidade: mm

N.º	Peças incorporadas		Soleira da parte inferior	Lintel	Placa base do cordão de estanquidade lateral		Placa-guia das rodas laterais	
					Submerso	Imerso		
	Croquis							
1	Distância		±5	-1,2 -1				
2	Elevação		±5					
3	Distância entre o centro do lintel e a superfície das soleiras da parte inferior, h			±3				
4	Para a linha central do orifício, b	Na faixa de trabalho	±5		±2	+3 -2	+3 -2	
		Fora da faixa de trabalho			-4 -2	+6 -2	+6 -2	
5	Diferença de elevação entre uma extremidade e outra da superfície de trabalho.	L > 10 000	3					
		L < 10 000	2					
6	Planidade da superfície de trabalho		2	2	2	2	2	
7	Deslocamento das juntas na superfície de trabalho		1	0,5	1	1	1	
8	Raio de curvatura da linha central de uma placa de assento do cordão de estanquidade lateral e de uma placa-guia da roda lateral				±5	±5	±5	
9	Distorção da superfície de trabalho, f	Croquis						
		Largura da superfície dentro da faixa de trabalho	B < 100	1	1	1	1	2
			B = 100 - 200	1,5	1,5	1,5	1,5	2,5
			B > 200	2		2	2	3
Desvio adicional admissível fora da faixa de trabalho					2	2	2	
<p>NOTA 1 L é a largura da comporta de descarga.</p> <p>NOTA 2 Geralmente, o lintel é fixado durante a montagem, pelo que a posição do lintel deve ser ajustada de acordo com a posição real do tabuleiro da comporta.</p> <p>NOTA 3 A faixa de trabalho diz respeito à altura do orifício.</p> <p>NOTA 4 Os membros devem ser medidos pelo menos um ponto por metro.</p>								

- h) Para comportas Tainter que funcionam sob uma alta pressão hidrostática da água com aberturas tipo garganta, o desvio máximo da distância entre a linha central da superfície de base do assento do cordão de estanquidade da pista lateral e a linha central do orifício da comporta de descarga é de $\pm 2,0$ mm. O desvio máximo do raio da curvatura da superfície de base do assento do cordão de estanquidade da pista lateral é de $\pm 3,0$ mm, a direcção do desvio deve estar em conformidade com a direcção do desvio do raio da curvatura da superfície arqueada exterior do tabuleiro da comporta. O desvio máximo da folga entre a superfície de base do assento do cordão de estanquidade da pista lateral e a superfície arqueada exterior do tabuleiro da comporta não deve ser superior a 1,5 mm. Se a base do cordão de estanquidade do fundo do furo for feita de aço inoxidável, a combinação do deslocamento deve ser de 0,5 mm e deve ser polida;
- i) Quando a viga de aço das dobradiças da comporta Tainter for montada de forma individual, o desvio máximo do curso do centro da viga de aço, elevação e distância à linha central da abertura da comporta de descarga é de $\pm 1,5$ mm. O diagrama esquemático da inclinação da viga de aço das dobradiças é apresentado na Fig. 1. O desvio das dimensões de projecção horizontal deve ser controlado para garantir que o desvio de L não seja superior a $1/1000$ de L ;

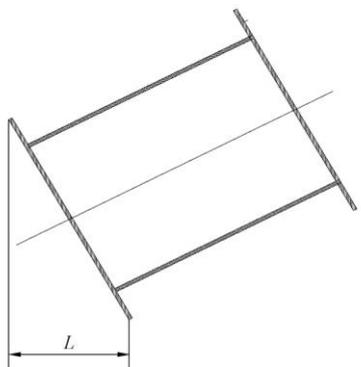


Fig. 1 Diagrama esquemático da inclinação da viga de aço das dobradiças

- j) O desvio máximo da elevação do revestimento de aço horizontal é de $\pm 1,5$ mm. O desvio máximo da distância entre o revestimento de aço lateral e a linha central do orifício da comporta de descarga está entre -2 mm e $\pm 6,0$ mm. A tolerância de planidade máxima da superfície é de 4,0 mm. A tolerância de perpendicularidade máxima é de $1/1000$ da altura e não deve ser superior a 4,0 mm. O deslocamento escalonado das superfícies compostas não deve ser superior a 2,0 mm;
- k) Quando as partes incorporadas tiverem sido bem ajustadas, os parafusos de regulação, as lajes de ancoragem e os parafusos devem ser firmemente soldados de acordo com os requisitos dos desenhos de projecto para garantir que as partes incorporadas não apresentem distorções ou deslocamentos no processo de moldagem do betão de segunda fase;
- l) O desalinhamento das juntas soldadas topo a topo nas superfícies de trabalho das partes incorporadas deve ser tratado para formar taludes suaves. As cicatrizes e reforços de soldadura nas superfícies de passagem de fluxo e de trabalho devem ser nivelados e polidos, enquanto os poços de soldadura devem ser reparados e polidos;

- m) O lingotamento das partes incorporadas montadas deve ser realizado com betão de segunda fase em tempo hábil após terem passado na inspecção. Se o intervalo de tempo é de 5 dias ou mais, ou as partes incorporadas tiverem colidido, elas devem ser novamente verificadas antes de serem vertidas com betão. A altura de lingotamento do betão de segunda fase não deve exceder 5,0 m de cada vez. Durante o lingotamento, é necessário prestar atenção para evitar o impacto das partes incorporadas e da cofragem, devendo ser tomadas medidas para tapar o betão, bem como para evitar a segregação do betão de segunda fase, o deslocamento da cofragem e fugas;
- n) Após a descofragem do betão de segunda fase, as partes incorporadas devem ser verificadas novamente e os resultados devem ser devidamente registados. Ao mesmo tempo, devem ser verificadas as dimensões das estruturas de betão e removidas as restantes barras de aço e elementos diversos para não afectar o funcionamento das comportas de descarga;
- o) Antes da retenção da água, deve ser realizada a montagem experimental de todas as aberturas da comporta ensecadeira e devem ser criadas aberturas partilhadas na comporta.

8.2.2 A montagem de comportas de descarga planas deve cumprir os seguintes requisitos:

- a) Antes da montagem de comportas integradas, as dimensões da comporta devem ser novamente verificadas de acordo com os desenhos de projecto e devem cumprir os requisitos aplicáveis indicados nesses documentos;
- b) Quando as comportas de descarga seccionais tiverem sido montadas, não só as dimensões da comporta devem ser novamente verificadas de acordo com os requisitos aplicáveis deste documento como devem ser cumpridos os seguintes requisitos: se os segmentos forem aparafusados em conjunto, os parafusos devem ser apertados uniformemente e o valor de compressão da borracha entre os segmentos deve estar em conformidade com os requisitos de concepção; se os segmentos forem soldados em conjunto, deve ser adoptado um processo de soldadura aprovado e tanto a soldadura como a verificação da qualidade da soldadura devem cumprir os requisitos de soldadura aplicáveis deste documento. Devem ser tomadas medidas durante a soldadura para controlar as distorções;
- c) As dimensões das válvulas de enchimento devem cumprir os requisitos dos desenhos de projecto e o mecanismo de guia deve ser flexível e fiável. O contacto entre os vedantes e as válvulas de sede deve ser uniforme e cumprir os requisitos de paragem da água;
- d) As propriedades físicas e mecânicas do vedante de borracha da água devem cumprir os requisitos aplicáveis;
- e) A posição dos furos dos parafusos dos vedantes de borracha deve corresponder à posição dos tabuleiros da comporta e das placas de pressão dos vedantes. O diâmetro do furo deve ser inferior ao dos parafusos em 1,0 mm e os furos devem ser feitos com perfuradoras ocas especiais. Os furos não devem ser tratados por escaldão. Quando os parafusos tiverem sido uniformemente apertados, as suas secções finais devem ser inferiores à superfície livre do vedante de borracha da água em pelo menos 8,0 mm;
- f) A superfície do vedante de borracha deve ser lisa e recta. Os vedantes compostos de borracha e plástico devem ser transportados na horizontal e não devem ser enrolados ou dobrados. O desvio máximo em espessura é de $\pm 1,0$ mm. O erro admissível de dimensões de outras secções é de 2% das dimensões de concepção;
- g) As juntas de vedação de borracha devem ser curadas por vulcanização e não deve haver desalinhamentos, irregularidades ou porosidade à volta das juntas. Se forem utilizadas colas à temperatura normal, a resistência à tracção do vedante de borracha não deve ser inferior a 85% da resistência à tracção;

- h) Quando os vedantes de borracha tiverem sido montados, o desvio máximo da distância entre os centros do cordão de estanquidade em ambos os lados e a distância entre o cordão de estanquidade da parte superior e a base do cordão de estanquidade inferior é de $\pm 3,0$ mm. A tolerância de planidade da superfície do cordão de estanquidade é de 2,0 mm. Quando as comportas de descarga estiverem a funcionar, o valor da compressão do vedante de borracha deve cumprir os requisitos dos desenhos de projecto. Também deve ser realizada uma inspecção à penetração da luz ou ensaios de lavagem com água;
- i) Devem ser realizados ensaios de equilíbrio estático nas comportas de descarga planas. O método do ensaio é o seguinte: elevar a comporta de descarga 100 mm acima do solo, medir o deslocamento da inclinação do lado esquerdo, do lado direito e dos lados a montante e a jusante utilizando o centro de uma roda intermédia ou um guia de deslizamento. Geralmente, o deslocamento da inclinação de uma comporta plana de um único ponto de suspensão não deve ser superior a 1/1000 da sua altura e também não deve ser superior a 8,0 mm. O deslocamento da inclinação de uma comporta de corrente plana não deve ser superior a 1/1500 da sua altura e não deve ser superior a 3,0 mm. Se o deslocamento da inclinação exceder os requisitos mencionados, devem ser adicionados contrapesos à comporta para equilibrar o peso.

8.2.3 A montagem da comporta segmento (Tainter) deve cumprir os seguintes requisitos:

- a) Para munhões cilíndricos, munhões esféricos e outros tipos de munhões, a tolerância ou o desvio máximo da montagem do suporte dos munhões deve cumprir os requisitos do Quadro 52;

Quadro 52 Tolerância de montagem ou desvio máximo dos rolamentos articulados da comporta Tainter

N.º	Elementos	Tolerância ou desvio máximo (mm)
1	Distância entre o centro do rolamento articulado e a linha central do furo da comporta de descarga	$\pm 1,5$
2	Percurso	$\pm 2,0$
3	Elevação	$\pm 2,0$
4	Inclinação do furo do eixo do rolamento articulado	$\pm 1/1000$
5	Axialidade de dois eixos de rolamentos articulados	$\pm 1,0$
NOTA A inclinação do furo do eixo do rolamento articulado diz respeito à inclinação em qualquer direcção.		

- b) Quando um tabuleiro da comporta Tainter seccional tiver sido montado, todas as dimensões devem ser novamente verificadas de acordo com os desenhos de projecto e os resultados devem cumprir os requisitos aplicáveis deste documento. Se os segmentos forem soldados em conjunto, deve ser adoptado um processo de soldadura aprovado e tanto a soldadura como a verificação da qualidade da soldadura devem cumprir os requisitos de soldadura aplicáveis deste documento. Se os segmentos forem aparafusados em conjunto, os parafusos devem ser apertados e verificados de acordo com os requisitos de aparafusamento aplicáveis;

- c) A montagem de comportas Tainter, braços de suporte e munhões de suporte deve cumprir os seguintes requisitos:
- 1) Se as placas de junção nas duas extremidades de um braço de suporte precisarem de ser soldadas durante a montagem, devem ser tomadas medidas eficazes para reduzir qualquer distorção durante o processo de soldadura, de forma a garantir que as placas de junção e as principais vigas ou dobradiças estão devidamente ligadas.
 - 2) A placa de cisalhamento deve ser bem soldada à parte superior da placa de ligação.
 - 3) Os parafusos de ligação devem ser fixados e inspeccionados de acordo com as disposições aplicáveis das ligações aparafusadas. As superfícies de ligação devem prender-se umas às outras com mais de 75% da área e a folga máxima na aresta não deve ser superior a 0,8 mm.
 - 4) O desvio máximo de R , o raio da superfície exterior da comporta Tainter cujo centro é o centro do eixo do munhão, deve cumprir os seguintes requisitos: para comportas Tainter com a secção superior exposta, o desvio máximo deve ser de $\pm 8,0$ mm e a diferença entre o raio em dois lados não deve ser superior a 5,0 mm. Para comportas Tainter submersas, o desvio máximo deve ser de $\pm 4,0$ mm e a diferença relativa entre o raio em dois lados não deve ser superior a 3,0 mm. Para comportas Tainter que operam sob alta pressão hidrostática da água com ranhuras tipo garganta, incluindo comportas Tainter de dobradiça excêntrica e comportas Tainter hidráulicas com vedantes de expansão, o desvio máximo deve ser de $\pm 3,0$ mm e a direcção do desvio deve estar de acordo com a direcção do desvio do raio de curvatura da superfície de base do assento do vedante na pista lateral. O desvio máximo da folga entre a superfície de base do assento do vedante da pista lateral e a superfície arqueada exterior do tabuleiro da comporta não deve ser superior a 3,0 mm e, entretanto, a diferença relativa entre os raios em dois lados não deve ser superior a 1,5 mm.
 - 5) A qualidade do vedante de borracha deve cumprir os requisitos aplicáveis das normas técnicas nacionais ou da indústria. A montagem do cordão de estanquidade superior e lateral deve cumprir os requisitos aplicáveis do ponto 8.2.2.

8.2.4 Os ensaios das comportas de descarga devem cumprir os seguintes requisitos:

- a) Após a montagem das comportas de descarga, todos os ensaios de abertura e fecho de cursos devem ser realizados quando não houver água. Antes dos ensaios, deve ser realizada uma inspecção cuidadosa para observar se os ganchos podem ser desengatados de forma livre e segura, se o tabuleiro da comporta pode subir e descer facilmente ao longo de todo o curso e se o vedante não apresenta fugas na posição mais baixa. Simultaneamente, devem ser removidos todos os elementos do tabuleiro da comporta ou das aberturas. A ligação do tirante também deve ser verificada. Durante a operação, os vedantes de borracha devem ser lubrificados com água. Para as comportas em serviço, se as condições o permitirem, devem ser realizados ensaios de abertura e fecho em água dinâmica; para as comportas de emergência, devem ser realizados ensaios de fecho da água dinâmica;

- b) No processo de abertura e fecho da comporta, a condição de serviço das partes móveis (incluindo o cilindro, o munhão, os pinos superiores e inferiores) deve ser verificada e deve verificar-se se as comportas estão bloqueadas durante o processo de elevação ou deslocamento, se o equipamento de elevação é síncrono de ambos os lados e se os vedantes de borracha estão danificados;
- c) Quando as comportas de descarga estão todas na posição de serviço, deve ser aplicado o método de penetração de luz ou outros métodos para verificar o valor da compressão do vedante de borracha. Não deve haver penetração de luz ou folgas. Se estiver no lado a montante, o vedante deve ser verificado após os dispositivos de suporte terem sido ligados às pistas;
- d) Quando as comportas de descarga forem operadas sob a pressão hidrostática da água de projecto, as fugas de água do vedante por metro por segundo não deve ser superior a 0,1 l/s.

8.2.5 A montagem da plataforma do lixo e das partes incorporadas deve cumprir os seguintes requisitos:

- a) A tolerância da montagem das partes incorporadas ou o desvio máximo da plataforma do lixo móvel deve cumprir os requisitos do Quadro 53;
- b) Para a plataforma do lixo e partes incorporadas que são montadas de forma inclinada, o erro admissível do seu ângulo de inclinação é de ± 10 ;
- c) Ao montar uma plataforma de lixo fixa e respectivas partes incorporadas, todas as superfícies de trabalho da viga devem estar na mesma superfície e a diferença entre os dois pontos mais altos ou mais baixos da superfície de trabalho não deve ser superior a 3,0 mm;
- d) Quando a plataforma de lixo tiver entrado na abertura, devem ser realizados ensaios de elevação para verificar se há obstruções na abertura e se o movimento da plataforma do lixo e as juntas são fiáveis;
- d) Para plataformas do lixo que utilizem máquinas de limpeza para retirar o lixo, a estrutura e as partes incorporadas devem cumprir os requisitos da operação de máquinas de limpeza.

Quadro 53 Erro admissível da montagem das partes incorporadas da plataforma do lixo móvel Unidade: mm

N.º	Elementos	Soleira do solo	Pista principal	Pista oposta
		Erro admissível		
1	Percurso	$\pm 5,0$	—	—
2	Elevação	$\pm 5,0$	—	—
3	Diferença de elevação entre duas extremidades da superfície de trabalho	3	—	—
4	Linha central das aberturas da plataforma de lixo	—	+3,0 -2,0	+5,0 -2,0
5	Distância da linha central da plataforma	$\pm 5,0$	$\pm 5,0$	$\pm 5,0$

8.3 Cabeçote e equipamento de elevação

8.3.1 A montagem da via do curso da comporta deve cumprir os seguintes requisitos:

- a) Se a via de aço apresentar qualquer distorção, como flexão ou distorção, a forma da via deve ser reparada de acordo com os seguintes requisitos. A pista só pode ser montada depois de ser aprovada.
- 1) A falta de rectidão da via de aço à frente e dos lados não deve ser superior a 1/1500 do comprimento total e não deve ser superior a 2 mm;
 - 2) As duas extremidades da pista de aço devem ser rectas e as deformações do relevo não devem ser superiores a 1 mm;
- b) O desvio da distância entre os parafusos das fundações da pista e a linha central da pista não deve ser superior a ± 2 mm. Quando a pista tiver sido montada, devem estar expostas 2 a 5 roscas do parafuso;
- c) Os erros de montagem admissíveis das pistas devem cumprir os requisitos do Quadro 54;

Quadro 54 Erro de montagem admissível das vias Unidade: mm

N.º	Elemento	Erro admissível	Nota
1	Desvio entre a linha central real da pista e a linha central projectada L ≤ 10 000 L > 10 000	2 3	A linha central projectada dos traços deve ser medida de acordo com a linha central de elevação do cabeçote, eixo da barragem ou linha central da central eléctrica.
2	Bitola, L ≤ 10 000 L > 10 000	±3 ±5	—
3	Rectidão no sentido do comprimento da pista	1/1500 do comprimento do membro e não deve ser superior a 10	—
4	Inclinação transversal da pista	1/100 da largura da pista	Medir as extremidades e o centro de cada pista
5	Diferença de elevação relativa de duas pistas na mesma secção	L/800 e não deve ser superior a 10	—
NOTA L - Bitola.			

d) As juntas da via devem cumprir os seguintes requisitos:

- 1) O desalinhamento das juntas à esquerda, à direita e à frente da via não deve ser superior a 1 mm.

- 2) As posições das juntas de duas vias paralelas devem ser escalonadas e a distância escalonada deve ser igual ao comprimento da distância entre os eixos (entre as rodas frontais e traseiras) do dispositivo de elevação.
- 3) A folga entre as juntas deve ser de 1 mm a 3 mm. A folga entre as juntas de dilatação deve cumprir os requisitos dos desenhos e o desvio não deve ser superior a ± 1 mm.

8.3.2 A montagem do equipamento de elevação deve cumprir os seguintes requisitos:

- a) Geralmente, o equipamento deve ser montado na fábrica, mas equipamentos de grandes dimensões, difíceis de montar na fábrica, podem ser montados no estaleiro;
- b) Todos os componentes e peças devem ser aprovados nos ensaios de qualidade. As peças adquiridas e as peças co-produzidas só podem ser montadas quando possuem certificações de qualidade;
- c) Apertar todos os parafusos de aperto quando todas as peças estiverem na posição correcta. As arruelas de pressão devem estar em contacto total com as superfícies de suporte das porcas de parafuso e outras peças;
- d) As chaves soltas devem ser substituídas para evitar fendas na estrutura. É proibido introduzir juntas nas ranhuras de chaves;
- e) Os veios articulados dos travões não devem estar enferrujados e bloqueados, e a distância entre o volante do freio e a maxila deve cumprir os requisitos relevantes;
- f) Para uma elevação rápida, a superfície de impulso do regulador centrífugo deve manter a folga periférica uniformemente e o valor inicial da folga deve ser de 0,75 mm;
- g) A superfície de atrito entre o travão e o regulador centrífugo não deve apresentar manchas de óleo. A área de contacto deve ser plana com carga uniforme e não deve ser inferior a 75% de toda a superfície de atrito;
- h) Antes da adição de óleo, o redutor de velocidade deve ser limpo e verificado. A qualidade do óleo lubrificante utilizado nos redutores deve cumprir os requisitos de concepção de produção. O nível de óleo deve estar de acordo com a calibração da escala de óleo. Se não houver escala de óleo, o nível de óleo não deve ser inferior à profundidade do dente mais baixo da roda dentada nem demasiado alto. O redutor deve funcionar livremente e o respectivo vedante de óleo e superfície da junta não devem apresentar fugas de óleo durante o funcionamento;
- i) Os passos de parafuso dos parafusos utilizados para fixar os cabos de aço e as roscas dos furos de parafuso do tambor de cabo devem estar intactos. Os parafusos também devem dispor de dispositivos anti-afrouxamento;
- j) A graxa anti-corrosiva deve ser revestida nas superfícies dos cabos de aço e os cabos não devem apresentar defeitos, como corrosão, dobras duras, torções ou partes prensadas. Os tipos e comprimentos dos cabos devem cumprir os requisitos de desenho, e os cabos devem possuir certificações de qualidade. Se não possuírem certificações de qualidade, deve ser cortado 1500 mm de cabo para realizar um ensaio de resistência à tracção de um único filamento, de forma a calcular a resistência total à tracção do cabo. O cabo de aço só pode ser utilizado se a resistência cumprir os requisitos do desenho;

- k) Ao enrolar cabos de aço multi-camada num tambor de cabo, o cabo deve ser enrolado no tambor de cabo de forma ordenada, camada a camada, e não deve ser comprimido ou desordenado;
- l) As partes principais do indicador de carga do dispositivo de sobrecarga devem ser depuradas antes de sair da fábrica. Para um dispositivo de sobrecarga do tipo alavanca de mola, a alavanca deve mover-se livremente e a mola deve ser verificada mediante um ensaio de rigidez, cujos dados devem ser fornecidos ao utilizador nos documentos técnicos para facilitar o ajustamento no local. Ao utilizar uma escala electrónica indicadora de carga, a linha central de pressão da alavanca deve trespassar o eixo do sensor e o impulso horizontal deve ser impedido. Os sensores devem ser embalados separadamente ao sair da fábrica;
- m) Ao montar as rodas, as posições destas devem ser simétricas à placa base do porta-esferas de um rolamento de esferas. As duas superfícies de apoio do porta-esferas de um rolamento de esferas devem estar nas duas superfícies verticais paralelas ao centro da roda, e o desvio paralelo não deve ser superior a 0,09 mm. Os rolamentos devem ser preenchidos com graxa;
- n) A montagem do equipamento eléctrico deve cumprir os requisitos aplicáveis das normas nacionais vigentes.

8.3.3 A montagem do tambor de cabo de elevação fixo deve cumprir os seguintes requisitos:

- a) Após a chegada, o equipamento deve ser aceite no local. As partes só podem ser montadas após terem passado na aceitação no campo;
- b) O redutor de velocidade deve ser preenchido com óleo lubrificante novo após ter sido limpo, e o nível de óleo não deve ser inferior à profundidade do dente mais baixo da roda dentada de alta velocidade nem superior ao dobro da profundidade do dente. O vedante de óleo e a superfície da junta não devem apresentar fugas de óleo;
- c) Verificar se a posição de inclusão dos parafusos das fundações e o comprimento da extensão dos parafusos cumprem os requisitos de montagem;
- d) Verificar a elevação da plataforma do tambor de cabo. O desvio não deve ser superior a ± 5 mm, e o desvio horizontal não deve ser superior a 0,5/1000;
- e) A montagem do tambor de cabo deve ser alinhada com a linha central de elevação. Os desvios das linhas centrais longitudinais e transversais não devem ser superiores a ± 3 mm;
- f) Quando o ponto de elevação estiver no limite inferior, o número de laços de cabo de aço no tambor de cabo de aço não deve ser inferior a quatro, dos quais dois são mantidos para a fixação e os outros dois são mantidos para segurança. Quando o ponto de elevação estiver no limite superior, o cabo de aço não deve ser enrolado fora do percurso do cabo do bloco de enrolamento do tambor de cabo;

- g) O ângulo-limite de guia do cabo de aço não deve ser superior a $\pm 6^\circ$. Para o enrolamento multicamada, o ângulo do cabo de aço deve estar entre $0,5^\circ$ e $2,5^\circ$. O ângulo de retorno de cada camada deve estar entre $0,5^\circ$ e $2,5^\circ$;
- h) No caso do tambor de cabo com dois pontos de elevação que utilizem dois tambores em tandem, o desvio da distância entre os pontos de suspensão deve ser inferior a ± 3 mm. Qualquer que seja a posição da comporta de descarga na abertura da comporta, o desvio horizontal da linha central da orelha de elevação deve cumprir os requisitos de concepção. Se exceder o valor admissível de concepção, o tambor de cabo deve emitir um indicação de alarme ou dispor de uma função de correcção;
- i) O cabo de aço deve ser enrolado de forma ordenada no tambor de cabo de aço camada a camada. O cabo não deve ser comprimido ou sobreposto e não deve ignorar ranhuras ou estar enredado;
- j) Para o cabeçote do tambor de cabo com um guia para cabos, assegurar que ele dobra suavemente;
- k) A precisão de indicação do dispositivo de indicação da posição da comporta não deve ser inferior a 1%. O dispositivo deve ter um valor de regulação limite ajustável, uma função de paragem automática do circuito principal e uma função de alarme. O visor do instrumento deve apresentar indicações de correcção e uma função de retorno ao zero. Os componentes de ensaio do curso devem ter funções de impermeabilização e anti-interferência;
- l) A precisão do sistema do dispositivo de controlo de carga não deve ser inferior a 2% e a precisão do sensor não deve ser inferior a 0,5%. Quando a carga alcança 110% da força de elevação nominal da comporta, o dispositivo de controlo de carga deve cortar automaticamente o circuito principal e emitir um alarme. O visor do instrumento deve cumprir os requisitos de capacidade do tambor de cabo. Se o tambor de cabo dispuser de dois ou mais pontos de elevação, o instrumento deve ser capaz de exibir a força de elevação de cada ponto. O sensor e o respectivo circuito devem ter propriedades de impermeabilização e anti-interferência;
- m) O óleo lubrificante utilizado nas peças rotativas, como redutores, engrenagens abertas, rolamentos e travões hidráulicos, deve ser bem seleccionado de acordo com a temperatura e as condições de trabalho;
- n) A montagem do equipamento eléctrico deve cumprir os requisitos aplicáveis.

8.3.4 A montagem do guincho hidráulico deve cumprir os seguintes requisitos:

- a) Após a chegada ao local, em primeiro lugar, o equipamento deve ser desembalado, verificado e aceite. As peças só podem ser montadas quando tiverem passado na inspecção;

- b) A distância entre a linha central transversal da plataforma do guincho hidráulico e a linha central de elevação real não deve ser superior a ± 2 mm. O desvio da elevação não deve ser superior a ± 5 mm. Para o guincho hidráulico com dois pontos de elevação, a diferença de elevação da superfície de suporte não deve ser superior a $\pm 0,5$ mm;
- c) A superfície composta das vigas de aço da plataforma e dos suportes de impulso não deve apresentar fissuras superiores a 0,05 mm e as fissuras localizadas não devem ser superiores a 0,1 mm. A profundidade não deve ser superior a 1/3 da largura da superfície composta. O comprimento acumulado não deve ser superior a 20% do seu perímetro. O desvio horizontal da superfície superior do suporte de impulso não deve ser superior a 0,2/1000;
- d) Ao elevar o cilindro hidráulico, devem ser tomadas medidas para evitar distorções. Determinar o número de pontos de suporte e elevação de acordo com o diâmetro, comprimento e peso do cilindro hidráulico. Todos os pontos de suporte devem ser suportados por blocos padrão;
- e) As tubagens montadas no campo devem ser totalmente lavadas por óleo de reciclagem e a velocidade da lavagem deve ser alta o suficiente para gerar um fluxo turbulento. A precisão de filtração da peneira do filtro não deve ser inferior a 10 urn e o tempo de lavagem não deve ser inferior a 30 minutos;
- f) Ajustar os pontos-limite superior e inferior e os contactos de enchimento de água para garantir que o dispositivo indicador da altura exibe a posição correcta da comporta de descarga;
- g) O tipo, quantidade e nível de óleo hidráulico que abastece o campo deve cumprir os requisitos de concepção e a precisão de filtração do óleo hidráulico não deve ser inferior a 20 urn.

8.3.5 A montagem de guinchos móveis, como guinchos para comportas rolantes, guinchos de pontes-guindaste e de comportas de pórtico, deve cumprir os seguintes requisitos:

- a) Após a montagem, a armação da ponte e o pórtico devem cumprir os seguintes requisitos:
 - 1) A curvatura do meio do vão da viga $F = (0,9 \sim 1,4) L/1000$ e a curvatura máxima devem ser controladas de forma a estarem em $L/10$ no centro do vão (Figuras 1 e 2). O grau de elevação da extremidade da consola $F_o = (0,9 \sim 1,4) L_i/350$ (ou L_2). O grau de curvatura e elevação deve ser medido sem a influência da luz solar e da temperatura.
 - 2) A flexão horizontal da viga $f \leq L/2000$, mas o valor máximo não deve exceder 20 mm (Fig. 2). Deve ser medida na placa de reforço que está a cerca de 100 mm da placa de cobertura superior.

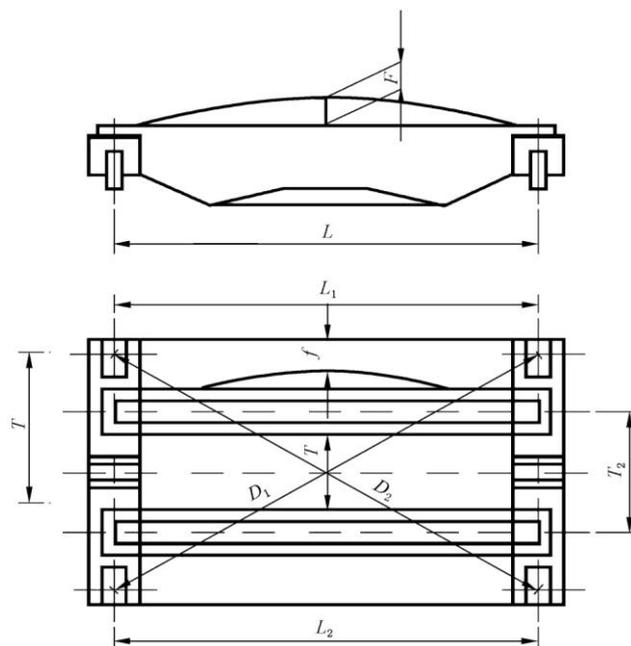


Figura 2 Diagrama esquemático da curvatura superior da viga principal e flexão horizontal do cabeçote móvel

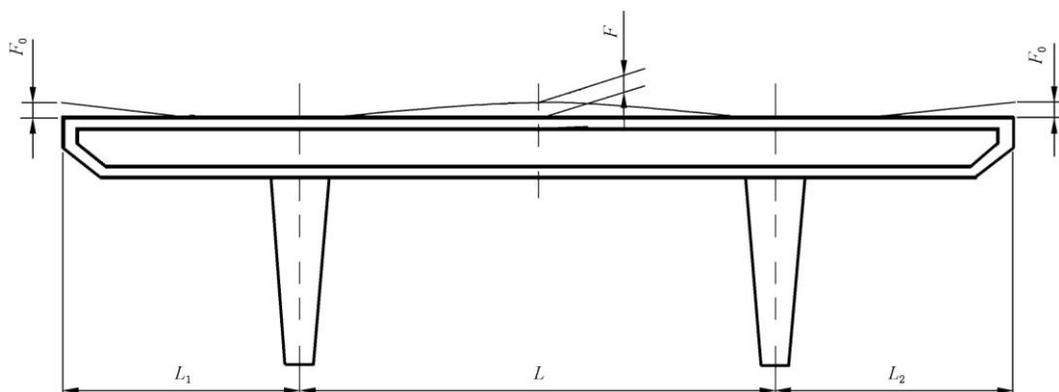


Figura 3 Diagrama esquemático da curvatura superior da viga principal do cabeçote móvel

- 3) A deflexão horizontal da placa de cobertura superior da viga bCB/200 (Fig. 4). Pode ser medida na laje nervurada antes de a viga ter sido colocada na pista.
- 4) A deflexão vertical do reforço da viga bCH/500 (Fig. 5). Deve ser medida na laje de nervuras comprida.
- 5) A diferença diagonal da armação da ponte $|D_1 - D_2| \leq 5 \text{ mm}$ (Fig. 2).
- 6) A ondulação da placa de reforço principal da viga, que é verificada por uma régua de nivelamento de 1 m, deve ser superior a $0,7 \delta$ a uma distância de $1/3H$ da placa de cobertura superior e não deve ser superior a 1,05 em outros locais. (Fig. 6).

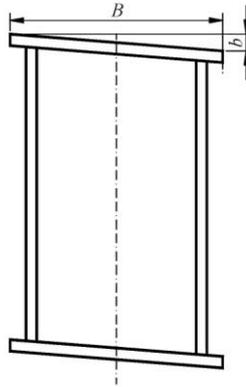


Figura 4 Diagrama esquemático do desvio lateral da placa de cobertura superior da viga principal do cabeçote móvel

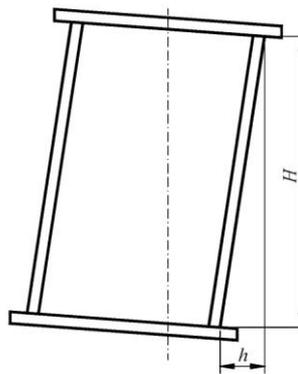


Figura 5 Diagrama esquemático do desvio vertical do reforço da viga principal do cabeçote móvel

- 7) O grau de verticalidade do lado do suporte na direcção do vão $h_1 \leq H_1/2000$ (Fig. 7) e a direcção da inclinação devem ser simétricos um ao outro. Se outros métodos puderem ser aplicados para garantir o alcance do cabeçote, este ponto pode ser omitido.
- 8) A diferença relativa da altura dos dois lados do suporte, considerada como a distância da superfície de trabalho da roda à superfície do flange superior do lado do suporte, não deve ser superior a 8 mm.

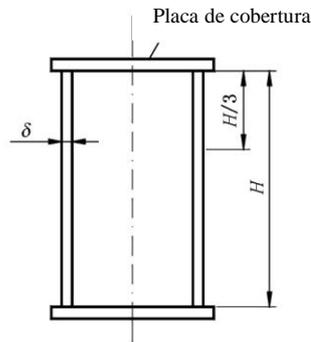


Figura 6 Diagrama esquemático dos graus de onda do reforço principal da viga principal do cabeçote móvel

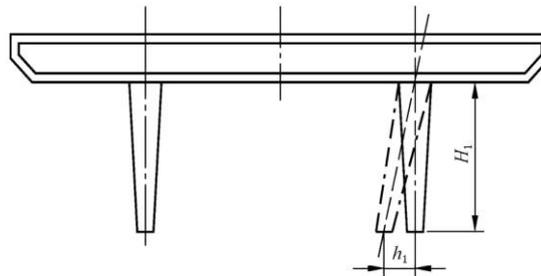


Figura 7 Diagrama esquemático da perpendicularidade das forquilhas na direcção do limite do cabeçote móvel

- b) A montagem na pista de um carrinho/carro (ou trólei móvel) pequeno deve cumprir os seguintes requisitos:
- 1) O desvio da bitola do carro (Fig. 2) não deve ser superior a ± 3 mm.
 - 2) A diferença relativa do vão do carro Λ , T_2 (Fig. 3) deve ser inferior a 3 mm.
 - 3) A diferença relativa da elevação da pista do carro (Fig. 8) na mesma secção transversal deve ser inferior a 3 mm.
 - 4) O desvio da posição entre a linha central da pista do carro e a linha central do reforço da viga da pista (Fig. 9) deve ser inferior a 0,55, em que 5 é a espessura da placa de reforço da viga da pista.
 - 5) A flexão local da pista do carro na direcção lateral não deve ser superior a 1 mm em qualquer segmento de 2 m de comprimento.
 - 6) A pista do carro deve estar estreitamente ligada à placa do flange superior da viga. Se a largura da folga local for superior a 0,5 mm e o comprimento superior a 200 mm, deve ser adicionada uma placa base à folga.
 - 7) A diferença de altura e o desalinhamento lateral da junta da pista do carro deve ser inferior a 1 mm, e a folga entre as juntas deve ser inferior a 2 mm;

- c) A montagem de pista grande para carrinhos deve cumprir os seguintes requisitos:
- 1) As rodas dos carrinhos devem estar ligadas à superfície da pista e não devem estar suspensas.

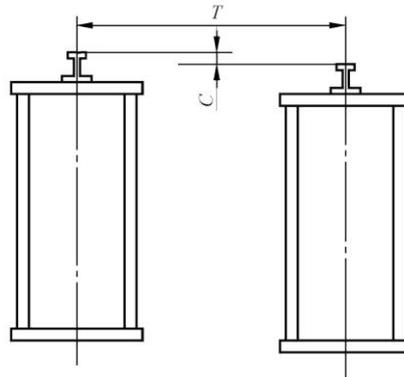


Figura 8 Diagrama esquemático da diferença de elevação da pista do trólei na mesma secção do cabeçote móvel

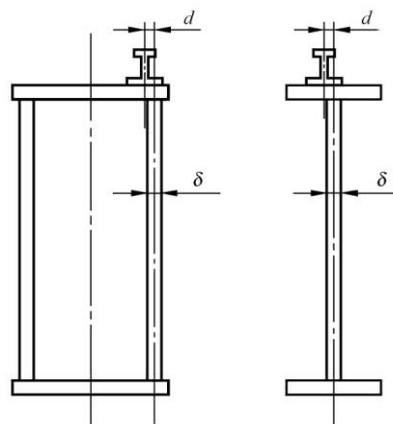


Figura 9 Diagrama esquemático do desvio de posicionamento entre a linha central da pista do trólei e a do reforço da viga da pista do cabeçote móvel

- 2) Antes da colocação das pistas de aço, devem ser verificadas as certificações de qualidade das pistas de aço. As pistas só podem ser colocadas quando tiverem passado na inspeção.
- 3) Antes de erguer as pistas, a linha de referência da montagem das pistas deve ser determinada e o desvio entre a linha central da pista real e a linha de referência deve ser inferior a 2 mm.
- 4) O desvio da bitola não deve ser superior a ± 5 mm.
- 5) A flexão local lateral da pista não deve ser superior a 1 mm em qualquer segmento de 2 m de comprimento.
- 6) A diferença entre os pontos mais altos e mais baixos de cada via ao longo de todo o curso deve ser inferior a 2 mm.

- 7) A diferença relativa na elevação da pista na mesma secção transversal deve ser inferior a 5 mm.
 - 8) As posições das juntas de duas pistas paralelas devem ser escalonadas e a distância escalonada deve ser superior à distância entre os eixos das rodas frontais e traseiras. A diferença de altura e o desalinhamento lateral das juntas deve ser inferior a 1 mm e a folga entre as juntas deve ser inferior a 2 mm.
 - 9) Para a ligação do fio de terra à pista, deve ser realizado um ensaio de resistência à terra e a resistência à terra deve ser inferior a 4 Ω ;
- d) A montagem do mecanismo de deslocação deve cumprir os seguintes requisitos:
- 1) O desvio do vão não deve ser superior a ± 5 mm e a diferença relativa do vão deve ser inferior a 5 mm.
 - 2) A deflexão vertical da roda deve ser medida quando a roda está suspensa e deve ser inferior a $L/400$ mm (L é o comprimento de medição).
 - 3) A deflexão horizontal da roda deve ser inferior a $L/1000$ (L é o comprimento de medição). A deflexão na mesma linha axial da roda deve ocorrer em direcções opostas.
 - 4) Posição diferencial das rodas na mesma viga final. Se houver duas rodas, deve ser inferior a 2 mm; se houver mais de duas rodas, deve ser inferior a 3 mm. A posição diferencial das rodas no mesmo balanceiro não deve ser superior a 1 mm.

8.3.6 A montagem do cabeçote de parafuso deve cumprir os seguintes requisitos:

- a) Após a chegada ao local, o equipamento do cabeçote deve ser desembalado e verificado. O cabeçote só pode ser montado quando passar na aceitação;
- b) Após a limpeza da caixa de velocidades do cabeçote, deve ser adicionado um novo óleo lubrificante para cumprir os requisitos de nível do óleo. A junta estanque ao óleo e a interface não devem apresentar fugas de óleo;
- c) Verificar a posição de inclusão dos parafusos das fundações para garantir que o comprimento da extensão dos parafusos cumpre os requisitos de montagem;
- d) O desvio de elevação da plataforma do cabeçote não deve ser superior a ± 5 mm e o seu desvio horizontal não deve ser superior a $0,5/1000$;
- e) O desvio da distância entre a linha central longitudinal ou transversal da base do cabeçote e a linha central da argola de elevação da comporta de descarga não deve ser superior a ± 1 mm;
- f) A folga local entre a base do cabeçote e a placa das fundações não deve ser superior a 0,2 mm e a área da superfície sem contacto não deve ser superior a 20% da área total da superfície de contacto.

8.3.7 A operação experimental do cabeçote tipo guincho fixo deve cumprir os seguintes requisitos:

- a) Os ensaios da operação experimental devem ser realizados no local e os registos do ensaio e a inspecção de qualidade devem também ser terminados. Um ensaio de operação experimental pode ser realizado em coordenação com a montagem e a entrada em serviço do equipamento;
- b) Os requisitos do equipamento eléctrico são os seguintes: antes do ensaio de tomada de corrente, toda a fiação deve ser cuidadosamente verificada para cumprir os requisitos do desenho. O ensaio de tomada de corrente só pode ser realizado quando a resistência de isolamento de todo o circuito for superior a 0,5 M Ω . Durante o ensaio, o aumento de temperatura de cada motor e componente eléctrico não pode ser superior ao seu valor admissível. O equipamento eléctrico do cabeçote deve ser usado para a realização do ensaio. Se algum componente, como um terminal de contacto, se queimar durante o ensaio, deve ser substituído;
- c) Ensaio de carga zero. O cabeçote deve ser operado para a frente e para trás 3 vezes ao longo de todo o curso durante o ensaio de carga zero. Verificar e ajustar as seguintes partes eléctricas e mecânicas:
 - 1) O motor eléctrico deve funcionar de forma estável e o grau de desequilíbrio da corrente trifásica não deve ser superior a $\pm 10\%$. O equipamento eléctrico não deve revelar um aquecimento anormal.
 - 2) Quando o cabeçote chega à posição limite do curso, o interruptor de controlo pode enviar sinais e cortar automaticamente a energia para parar de funcionar.
 - 3) Quando todas as partes mecânicas estiverem a funcionar, não deve haver sons de impacto ou outros sons anormais. O cabo de aço não deve estar em atrito com outras partes em qualquer posição;
- d) Ensaio de carga.
 - 1) O ensaio de operação do guincho e da comporta deve ser realizado nas condições de altura total de concepção e a comporta deve ser fechada duas vezes em condições hídras dinâmicas.
 - 2) As peças de transmissão funcionam bem, sem qualquer som anormal, aquecimento ou fuga de óleo.
 - 3) A acção do interruptor de curso deve ser sensível e fiável.
 - 4) Para guinchos de parafuso equipados com dispositivo de controlo de carga e indicador de altura, devem ser realizados ensaios especiais na transmissão e recepção dos sinais dos sensores para assegurar que a acção é sensível e que as instruções são correctas, seguras e fiáveis.

- 5) A elevação síncrona de guinchos com argolas de elevação duplas não deve estar bloqueada.
- 6) As operações motorizadas devem ser estáveis e a correia de transmissão não deve escorregar.

8.3.8 A operação experimental do cabeçote hidráulico deve cumprir os seguintes requisitos:

- a) Antes da operação experimental do cilindro hidráulico, todos os obstáculos na área de trabalho devem ser removidos para garantir que a comporta de descarga e o cilindro hidráulico possam funcionar sem obstruções;
- b) O núcleo filtrante do óleo deve ser limpo e substituído, se necessário, para garantir que o grau de poluição do sistema hidráulico não seja inferior ao nível NAS9;
- c) A temperatura ambiente não deve ser inferior à temperatura de concepção mais baixa;
- d) Se a plataforma for fixada por soldadura, as juntas de soldadura devem ser verificadas para cumprir os requisitos aplicáveis. Se a plataforma for fixada por parafusos de ancoragem, as porcas de parafuso devem ser verificadas para evitar o afrouxamento;
- e) Todos os componentes devem ser depurados no circuito eléctrico para garantir que cumprem os requisitos aplicáveis;
- f) Quando a bomba de óleo arrancar pela primeira vez, abrir completamente a válvula de fluxo e mantê-la ao *ralenti* durante 30 minutos. A bomba de óleo não deve apresentar fenómenos anormais;
- g) Se o *ralenti* da bomba de óleo for normal, a válvula de fluxo deve ser gradualmente aparafusada para encher o sistema de tubagem com óleo. O ar deve ser extraído no processo de enchimento de óleo. Quando a tubagem estiver repleta de óleo, a válvula de fluxo da bomba de óleo deve ser ajustada para garantir que o sistema da bomba de óleo não apresenta vibrações, ruídos e sobreaquecimento quando continua a funcionar, respectivamente, abaixo de 50%, 75% e 100% da pressão de funcionamento durante 5 minutos. Verificar as válvulas e as tubagens para observar se existe alguma fuga de óleo;
- h) Ajustar a válvula de fluxo da bomba de óleo para garantir que esta possa extrair óleo automaticamente quando a sua pressão alcança 1,1 vezes a pressão de funcionamento. A bomba não deve apresentar vibrações e ruídos fortes neste momento;
- i) Abrir e fechar as comportas de descarga. Verificar a função de redução da velocidade do tampão do cilindro hidráulico. Verificar se a comporta de descarga apresenta obstruções. Registrar a pressão hidrostática da água corrente e a pressão do sistema da comporta de descarga no processo de abertura;
- j) O ensaio de operação automática só pode ser realizado quando o ensaio de operação manual tiver sido correctamente realizado;
- k) Ao realizar o ensaio de fecho rápido da comporta de descarga, alguns valores devem ser devidamente registados, como a força de elevação da comporta, o fecho rápido, o esforço de retenção, o tempo de reserva, o nível de água do reservatório e a pressão do sistema naquele momento. O tempo de fecho rápido deve cumprir os requisitos de concepção. Ao realizar os ensaios de fecho rápido, devem ser implementadas medidas de emergência de corte do circuito de óleo para evitar que a comporta de descarga abra ou feche a uma velocidade muito elevada;

- l) O cabeçote hidráulico deve ser utilizado para erguer a comporta de descarga. É realizado um ensaio de deslizamento que deve cumprir os seguintes requisitos: o volume de deslizamento da comporta de descarga p devido a fugas de óleo no interior do cilindro hidráulico não deve ser superior a 100 mm durante 24 horas. Quando o deslizamento da comporta de descarga for superior a 100 mm após 24 horas, devem ser gerados sinais de alerta. Quando o deslizamento da comporta de descarga for superior a 200 mm, o sistema hidráulico deve poder ser repostado automaticamente. O sistema não deve ser repostado automaticamente mais de duas vezes em 72 horas;
- m) Para um único cabeçote hidráulico com pontos de elevação duplos e função rectificadora automática, se o desvio do curso síncrono entre ambos os seus cilindros hidráulicos exceder o valor de projecto em qualquer posição do curso, este deve ser corrigido por dispositivos rectificadores automáticos.

8.3.9 A operação experimental do cabeçote móvel deve cumprir os seguintes requisitos:

- a) Antes da operação experimental, os seguintes pontos devem ser verificados:
 - 1) Verificar a montagem de todas as peças mecânicas, peças de ligação, dispositivos de protecção e o estado de enchimento de óleo do sistema de lubrificação. O resultado da verificação deve cumprir os requisitos aplicáveis e todos os elementos de ambos os lados da pista devem ser removidos.
 - 2) Verificar o cabo de aço para garantir que as extremidades estão firmemente fixadas e assegurar que o cabo foi enrolado na direcção correcta no conjunto de enrolamento ou na roldana dentada.
 - 3) Verificar o conjunto de enrolamento do cabo, o dispositivo central de condução eléctrica, o cursor, o transformador e todos os motores para observar se a fiação está correcta ou se não está solta. A ligação a terra também deve ser verificada.
 - 4) Para um mecanismo de elevação com dois actuadores por motor, o motor eléctrico deve ser verificado para observar se a direcção de circulação é correcta e se as velocidades de rotação dos dois actuadores são síncronas. Para um mecanismo de elevação com dois pontos de elevação, os cabos de aço em ambos os lados devem ser ajustados para terem o mesmo comprimento.
 - 5) Verificar o mecanismo de funcionamento para ver se a direcção de circulação é correcta e se as velocidades de rotação são síncronas.
 - 6) Girar manualmente o volante do freio de todos os mecanismo para assegurar que o último eixo (como o eixo da roda e o eixo do conjunto de enrolamento) não apresenta obstruções ao completar uma única volta;
- b) A operação experimental deve cumprir os seguintes requisitos:

- 1) O mecanismo de elevação e o mecanismo de funcionamento devem ser operados 3 vezes para a frente e para trás ao longo de todo o curso. O grau de desequilíbrio da corrente trifásica do motor eléctrico não deve ser superior a 10%. O equipamento eléctrico não deve apresentar fenómenos de aquecimento anormal e os terminais de contacto do controlador não devem ser queimados.
 - 2) Os interruptores de fim de curso, os dispositivos de protecção e os dispositivos de trava devem mover-se de forma correcta e fiável.
 - 3) Quando o carrinho e o carro estão a funcionar, as rodas não devem morder o carril.
 - 4) Quando o carrinho e o carro estão em funcionamento, os dispositivos de condução eléctrica devem funcionar de forma estável e não devem apresentar obstruções, saltos ou faíscas graves.
 - 5) Quando todas as partes mecânicas estão em funcionamento, não devem sofrer impactos ou apresentar outros sons anormais.
 - 6) Durante o processo de funcionamento, a maxila deve estar completamente separada do volante do freio e não deve criar atrito contra a roda.
 - 7) Todos os rolamentos e engrenagens devem estar bem lubrificados e a temperatura dos rolamentos não deve ser superior a 65 °C.
 - 8) O ruído medido sem perturbação no banco do condutor (quando a janela está fechada) não deve ser superior a 85 dB (A).
 - 9) No caso do cabeçote com viga de engate, devem ser realizados ensaios de engate na comporta de descarga.
 - 10) No caso do cabeçote com dois pontos de elevação, devem ser realizados ensaios para inspeccionar o desvio horizontal da linha central da argola de elevação da comporta de descarga. Também devem ser realizados ensaios síncronos nos dois pontos de elevação;
- c) Os ensaios de carga morta devem cumprir os seguintes requisitos:
- 1) Verificar a capacidade de carga de cada parte do equipamento do cabeçote e das estruturas hidromecânicas.
 - 2) Medir a curvatura real das vigas e o grau real da consola de elevação.
 - 3) Determinar a secção mais fraca das vigas e da plataforma e definir os pontos de ensaio de resistência.
 - 4) O local da montagem deve dispor de blocos de carga em conformidade com o exigido pelos ensaios de carga morta. Devem ser utilizados blocos especiais específicos.
 - 5) Aumentar a carga gradualmente de 75% para 125% da carga nominal durante o ensaio. Manter a comporta entre 100 mm e 200 mm acima do solo durante não menos de 10 minutos e medir a deflexão da armação do pórtico ou da ponte. Posteriormente, descarregar e medir a distorção da armação do pórtico ou da ponte.

- 6) Durante o ensaio de carga morta, a deflexão medida das vigas deve ser inferior a $L/700$ e a deflexão medida da consola deve ser inferior a $L_n/350$.
 - 7) Após o ensaio de carga morta, cada componente e cada parte da estrutura hidromecânica não deve apresentar problemas de qualidade que afectem as propriedades e segurança do componente, como fracturas, distorções permanentes, ligações soltas ou danos;
- d) Os ensaios de carga dinâmica devem cumprir os seguintes requisitos:
- 1) Verificar as propriedades de funcionamento do mecanismo e do travão.
 - 2) Aumentar a carga gradualmente de 75% para 110% da carga nominal e continuar a repetir as operações, como elevar, descer, parar e voltar a elevar e a descer novamente durante 1 hora.
 - 3) Ao utilizar o cabeçote como guindaste, não só os ensaios de elevação, descida e pausa devem ser realizados com 1,1 vezes a elevação de carga nominal de acordo com a condição de funcionamento do guindaste e o peso de elevação nominal como os ensaios de procedimento do carrinho e do carro devem ser realizados.
 - 4) Verificar cuidadosamente todos os mecanismos durante o ensaio de carga dinâmica. Estes devem poder mover-se livremente e funcionar de forma estável e segura. Todos os interruptores de fim de curso e os dispositivos de trava de segurança devem mover-se de forma correcta e segura. Nenhuma junta deve estar solta.

8.3.10 Os ensaios de elevação de carga da ponte-guindaste devem cumprir os seguintes requisitos:

- a) Os ensaios de elevação de carga devem incluir os seguintes elementos:
- ensaio de carga estática;
 - ensaio de carga dinâmica;
 - ensaio de estabilidade (quando necessário);
- b) Os ensaios de carga estática devem cumprir os seguintes requisitos:
- 1) O objectivo dos ensaios de carga estática é testar a capacidade de carga dos guindastes e das suas partes estruturais. Se não forem observadas fendas, distorções permanentes, descascamento da pintura ou danos no desempenho e segurança do guindaste e as juntas não ficarem soltas ou danificadas, os resultados dos ensaios são considerados aprovados.

- 2) O ensaio de carga estática de cada mecanismo de elevação deve ser realizado separadamente. Se a especificação do guindaste o permitir, também deve ser realizado o ensaio de carga estática da acção combinada do mecanismo de elevação. O guindaste deve estar numa posição e estado em que as partes principais suportem a carga máxima, o momento de flexão máximo e/ou a força axial máxima de acordo com o uso real. A carga de ensaio deve ser gradualmente adicionada e erguida para uma distância entre 100 mm e 200 mm do solo e o tempo de suspensão não deve ser inferior a 10 minutos. O valor mais alto deve estar em conformidade com as normas nacionais ou com o contrato.

Quando um ensaio de carga estática impossibilitar que cada componente principal do guindaste suporte o momento de flexão máximo e/ou a força axial máxima, devem ser realizados ensaios de carga estática adicionais ou ensaios de suporte das forças necessárias.

- 3) Se as normas nacionais ou os contratos não apresentarem requisitos de valores mais altos, a carga do ensaio de todos os guindastes deve ser de $1,25 P$, em que P é definido como

Para guindastes móveis, o peso de elevação nominal (a massa da carga no mecanismo de elevação, incluindo o peso de elevação efectivo e a massa do conjunto de roldanas de gancho);

Para outros tipos de guindastes, o peso de elevação máximo especificado pelo fabricante;

- c) O ensaio de carga dinâmica deve cumprir os seguintes requisitos:

- 1) O principal objectivo dos ensaios de carga dinâmica é verificar as funções do mecanismo do guindaste e do travão.
- 2) Além do mecanismo de elevação, todos os mecanismos do guindaste devem realizar ensaios com carga de $1,25 P$ a baixa velocidade, como especificado pelo fabricante.

Todos os mecanismos do guindaste devem realizar ensaios de carga dinâmica de $1,1 P$ separadamente. Se indicado nas especificações do guindaste, deve ser realizado o ensaio de acção das juntas. O ensaio deve ser realizado na posição e estado de todos os mecanismos de suporte da carga máxima. O ensaio deve incluir a repetição do arranque e travagem de todos os mecanismos em toda a sua amplitude de movimento, bem como o arranque da carga de ensaio suspensa, o momento em que a carga de ensaio não deve se mover de forma incontrolável.

- 3) Se o ensaio funcional de todos os componentes puder ser concluído e não forem encontrados danos no mecanismo ou componente estrutural na inspecção visual posterior e a ligação não estiver solta ou danificada, o resultado do ensaio deve ser considerado aprovado.
- 4) Nos ensaios de carga dinâmica, o guindaste deve ser controlado de acordo com o manual da operação e a aceleração, desaceleração e velocidade devem ser limitadas à amplitude de serviço normal do guindaste;

- d) Ensaio de estabilidade:
- 1) O objectivo dos ensaios de estabilidade é testar a capacidade do guindaste de resistir ao momento de capotagem. Quando a carga de ensaio for aplicada ao gancho do guindaste sem impacto, o guindaste pode manter a estabilidade e os resultados do ensaio são considerados aprovados.
 - 2) O ensaio de estabilidade deve ser realizado na posição ou estado mais desfavorável na área de trabalho especificada. Se as cargas especificadas em diferentes locais ou áreas de trabalho forem diferentes, os ensaios de estabilidade para estas condições devem ser realizados de forma selectiva.
 - 3) A carga de ensaio deve ser gradualmente adicionada, elevada para uma distância entre 100 mm e 200 mm do solo e o tempo de suspensão não deve ser inferior a 5 minutos. O valor mais alto deve estar em conformidade com as normas nacionais ou com o contrato.
 - 4) Para guindastes que não sejam guindastes móveis, a carga de ensaio deve ser de 1,25 P, o valor mais alto deve ser especificado pelas normas nacionais ou pelo contrato e P deve ser definido pelo fabricante;
- e) Condições de ensaio:
- 1) Para a realização do ensaio, os guindastes devem montar dispositivos de trabalho adequados à operação de acordo com as especificações.
 - 2) Para guindastes que operam sobre carris, os ensaios devem ser realizados nos carris fabricados e dispostos de acordo com as especificações do guindaste.
 - 3) Para guindastes que não operam sobre carris, os ensaios devem ser realizados de acordo com as normas nacionais ou com os contratos.
 - 4) A velocidade do vento não deve ser superior a 8,3 m/s (30 km/h) durante o ensaio. Excepto se estipulado no contrato de encomenda, o guindaste não precisa de estar na direcção mais desfavorável do vento.

8.3.11A operação experimental do cabeçote de parafuso deve cumprir os seguintes requisitos:

- a) A operação experimental deve ser realizada no estaleiro. O registo dos ensaios e os controlos de qualidade devem ser efectuados adequadamente. A execução do ensaio deve ser combinada com a depuração do equipamento;
- b) Os ensaios do equipamento eléctrico devem cumprir os seguintes requisitos:
 - 1) Antes do início do ensaio de tomada de corrente, toda a fiação deve ser verificada para cumprir os requisitos do desenho.

- 2) A resistência de isolamento do circuito deve ser superior a 0,5 MΩ.
 - 3) Durante o ensaio, cada aumento da temperatura do motor eléctrico e dos componentes eléctricos não pode ser superior ao valor admissível.
 - 4) Durante o ensaio, deve ser adoptado o equipamento eléctrico do cabeçote.
 - 5) Os terminais de contacto dos componentes que se queimam devem ser substituídos;
- c) Os ensaios de carga nula devem cumprir os seguintes requisitos:
- 1) Os ensaios de funcionamento do cabeçote sem a comporta de descarga devem ser realizados para a frente e para trás por três vezes ao longo de todo o curso.
 - 2) Quando o motor eléctrico está em funcionamento, o grau de desequilíbrio na corrente trifásica não deve ser superior a $\pm 10\%$ e o equipamento eléctrico não deve apresentar fenómenos de aquecimento anormal.
 - 3) Quando o cabeçote se desloca para a posição de limite superior e inferior do curso, o interruptor de limite deve poder enviar sinais e cortar automaticamente a energia para parar o funcionamento do cabeçote.
 - 4) Quando todas as partes mecânicas estiverem em funcionamento, não deve haver nenhum impacto ou outros sons anormais;
- d) Os ensaios de cargas devem cumprir os seguintes requisitos:
- 1) O ensaio de execução do cabeçote com comporta de descarga deve ser realizado à pressão hidrostática da água de concepção. A comporta de descarga deve ser fechada duas vezes em condições de água corrente.
 - 2) As partes de transmissão devem funcionar de forma estável e não devem apresentar sons anormais, aquecimento ou fugas de óleo.
 - 3) O interruptor de curso deve mover-se de forma sensível e segura.
 - 4) Para cabeçote de parafuso com controlo de carga e dispositivos com indicação de altura, devem ser realizados ensaios para verificar o envio e a recepção do sinal do sensor, de forma a garantir que o mecanismo se mova de forma sensível e dê indicações de forma correcta, segura e fiável.
 - 5) Para o cabeçote com pontos de elevação duplos, a elevação e descida síncronas não devem apresentar obstruções.
 - 6) O funcionamento do motor eléctrico deve ser estável e a correia de transmissão não deve apresentar qualquer fenómeno de deslizamento.

8.4 Instalação de condutas forçadas

8.4.1 A montagem de condutas forçadas deve cumprir os seguintes requisitos:

- a) Os pontos de controlo do centro da tubagem, da elevação, do percurso, entre outros, devem ser retidos permanentemente e claramente sinalizados antes da montagem das condutas forçadas;
- b) O corte térmico semi-mecanizado deve ser utilizado para cortar a margem das juntas das condutas forçadas no local, e a qualidade e desvio dimensional do corte devem cumprir as disposições aplicáveis. A camada de óxido, a escória fundida e as rebarbas na superfície de corte devem ser trituradas com a mó. A profundidade da abertura provocada pelo corte não deve exceder 0,5 mm. Caso contrário, a abertura deve ser triturada. Se a profundidade da abertura for superior a 2 mm, a abertura deve ser soldada e triturada para cumprir os requisitos obrigatórios. O ensaio de penetração deve ser realizado a uma distância máxima de 20 mm da área soldada e da área circundante. O grau de aceitação para a visualização de defeitos é 2;
- c) A resistência, rigidez e estabilidade dos suportes da conduta forçada devem ser calculadas pela estrutura e não devem ocorrer capotagem ou colapso;
- d) A plataforma de operação a alta altitude para a produção e montagem da conduta forçada deve cumprir os seguintes requisitos:
 - 1) A plataforma de operação, o cabo de aço e o dispositivo de trava devem ser determinados através de cálculos de concepção.
 - 2) Devem existir dispositivos de protecção de segurança.
 - 3) É estritamente proibido que os cabos de aço trespasssem elementos pontiagudos.
 - 4) Os dispositivos eléctricos, como máquinas de soldar, devem ser isolados da electricidade e ligados à terra de forma segura. As plataformas em funcionamento não devem ser utilizadas como circuitos de terra.
 - 5) Devem ser tomadas medidas fiáveis de prevenção de incêndios e quedas;
- e) Os pilares das condutas forçadas devem apresentar resistência e estabilidade suficientes e não deve ocorrer qualquer deslocamento ou distorção durante a montagem das condutas forçadas;
- f) Não é adequado soldar quaisquer outros componentes provisórios, como o suporte ou a plataforma, livremente na parede da conduta forçada.

8.4.2 A montagem da conduta forçada incorporada deve cumprir os seguintes requisitos:

- a) O erro de montagem admissível do centro da conduta forçada incorporada deve cumprir os requisitos do Quadro 55;
- b) O desvio do segmento inicial ao longo do seu comprimento não deve ser superior a ± 5 mm. O desvio do comprimento do ponto inicial do cotovelo não deve ser superior a ± 10 mm. O grau de desvio vertical do orifício do tubo do segmento inicial não deve ser superior a ± 3 mm;

Quadro 55 Erro admissível do centro de montagem da conduta forçada incorporada Unidade: mm

Diâmetro interior D da conduta forçada	Erro admissível do centro do orifício do segmento inicial	Erro admissível do centro do orifício dos segmentos do tubo e dos pontos iniciais dos cotovelos que estão ligados à volutas, juntas de dilatação, válvulas borboleta, válvulas de esfera e tubos bifurcados	Erro admissível do centro do orifício dos tubos noutras partes
$D \leq 2000$	5	6	15
$2000 < D \leq 5000$		10	20
$D > 5000$		12	25

- c) O desvio da forma da secção transversal da conduta forçada deve cumprir os seguintes requisitos:
- 1) Para condutas forçadas com secções transversais, a circularidade não deve ser superior a $5D/1000$ nem superior a 40 mm (devem ser medidos dois pares de diâmetros em cada extremidade).
 - 2) Para condutas forçadas com secções transversais não circulares, o desvio dimensional não deve ser superior a 5% da dimensão de projecto e o valor absoluto não deve ser superior a 8 mm;
- d) A planidade do orifício da conduta forçada não deve ser superior a 6 mm;
- e) A menos que os desenhos o exijam, as costuras circulares devem ser soldadas uma a uma e não devem estar desordenadas ou montadas à força. Componentes, como suportes provisórios ou placas de pedal, não devem ser soldados à parede do tubo deliberadamente. As costuras circulares não devem ser soldadas novamente após a moldagem do betão;
- f) Quando as fixações da conduta forçada, argolas de elevação, suportes internos e outros componentes provisórios forem desmontados, deve ser utilizada a goivagem a arco com eléctrodo de carvão e jacto de ar comprimido ou a chama oxiacetilénica em vez da martelagem a fim de cortar estes componentes numa posição a pelo menos 3 mm da parede do tubo e o metal de base não deve ser danificado. Após a desmontagem, os vestígios residuais e as cicatrizes de soldadura na parede interior da conduta forçada aplainados por mós. A parede do tubo deve ser devidamente inspeccionada para verificar a existência de pequenas fissuras;
- g) Após a montagem, a conduta forçada deve ser soldada em conjunto com o contraforte e os parafusos de ancoragem, de maneira a impedir o deslocamento causado pela moldagem do betão;
- h) Para as paredes externas e internas do tubo, qualquer poço localizado cuja profundidade não seja superior a 10% da espessura da parede e não seja superior a 2 mm, pode ser polido com mós para alisar a superfície. Para poços cuja profundidade seja superior a 2 mm, deve ser utilizada a goivagem a arco com eléctrodo de carvão e jacto de ar comprimido ou as mós, de forma a goivar ou friccionar os poços de maneira a que se transformem em aberturas fáceis de reparar mediante soldadura;

- i) A construção posterior dos furos roscados dos furos de gunitagem não deve continuar até que a camisa roscada oca seja montada;
- j) Quando o tampão de um furo de gunitagem for soldado por fusão, a profundidade da abertura do tampão deve estar entre 7 mm e 8 mm. No caso de os tampões dos furos de gunitagem deverem ser bloqueados por adesão ou por outros métodos, tal prática deve ser demonstrada e testada;
- k) As condutas forçadas devem ser soldadas com contraforte e parafusos de ancoragem após a sua montagem. Após a montagem dos tubos de almofada de amortecimento flexível, o suporte exterior deve ser removido e os tubos devem ser polidos;
- l) O tubo enterrado deve ser suportado por um suporte interno móvel. Quando se utiliza um suporte fixo, a ligação entre o suporte fixo e a conduta forçada deve ser soldada pela placa de transição com o mesmo material da conduta forçada.

8.4.3 A montagem de condutas forçadas expostas deve cumprir os seguintes requisitos:

- a) A curvatura da superfície superior dos suportes tipo sela deve ser verificada pelos gabaritos regulares e a folga entre a superfície e o gabarito não deve ser superior a 2 mm;
- b) Para os contrafortes tipo cilindro e tipo baloiço, a elevação da placa base e os desvios longitudinais e transversais do centro não devem ser superiores a ± 5 mm. O desvio paralelo entre o eixo real e projectado da conduta forçada não deve ser superior a $2/1000$. Se o desenho tiver requisitos especiais, o desvio de elevação da placa base deve estar em conformidade com os mesmos;
- c) Após a montagem, o suporte tipo cilindro e tipo baloiço deve poder mover-se livremente sem obstruções. Todas as superfícies de contacto devem ser adequadamente ligadas e a folga local não deve apresentar uma largura superior a 0,5 mm;
- d) O desvio admissível do centro da montagem do tubo exposto deve estar em conformidade com o disposto no Quadro 55. Após a montagem dos tubos expostos, o desvio da circularidade e da forma do orifício dos tubos deve estar em conformidade com o disposto no ponto 8.4.2;
- e) A remoção de suportes internos, fixações, grampos e outros componentes provisórios das condutas forçadas e o tratamento e soldadura de poços nas superfícies internas e externas das condutas forçadas devem estar em conformidade com o disposto no ponto 8.4.2;
- f) Durante a montagem da junta de dilatação, a influência da temperatura ambiente deve ser considerada no ajustamento da dilatação e da contracção. O cálculo da dilatação e retracção da conduta forçada afectado pela temperatura ambiente deve estar em conformidade com as normas;

- g) A montagem de juntas de dilatação de tubos ondulados deve cumprir os requisitos técnicos do produto;
- h) Quando as juntas de dilatação de tubos ondulados forem soldadas, os eléctrodos de terra da máquina de soldar não podem ser soldados no corpo ondulado;
- i) Quando a última soldadura de encerramento entre dois pilares for executada, a junta de dilatação deve ser aliviada.

8.4.4 A soldadura de condutas forçadas deve ser executada de acordo com os seguintes requisitos:

- a) A aparência de todas as juntas soldadas deve ser inspeccionada e a qualidade da aparência deve estar em conformidade com os requisitos do Quadro 56;

Quadro 56 Inspeção da aparência das juntas soldadas

Unidade: mm

N.º	Elemento		Tipo de junta de soldadura		
			I	II	III
Dimensões admissíveis dos defeitos					
1	Fendas		Não permitido		
2	Inclusão na superfície		Não permitido	Profundidade: não superior a $0,1 \delta$ Comprimento: não superior a $0,3 \delta$ e 10	
3	Solapamento		Profundidade: não superior a 0,5	Profundidade: não deve ser superior a 1	
4	Soldadura com enchimento incompleto		Não permitido	Não deve ser superior a $0,2 + 0,02 \delta$ nem deve exceder 1 e o comprimento total de cada 100 defeitos de soldadura não deve exceder 25.	
5	Porosidade na superfície		Não permitido	Para poros com diâmetro inferior a 1,5, 5 poros permitidos em cada metro, e a distância não deve ser inferior a 20.	
6	Cordão de soldadura		Não permitido	—	
7	Salpicos		Não permitido	—	
8	Altura excedentária da costura Δ^h	Soldadura manual	$\Delta \leq 25$ $25 < \delta \leq 50$ $\Delta > 50$	$\Delta h = 0 \sim 2,5$ $\Delta h = 0 \sim 3$ $\Delta h = 0 \sim 4$	—
		Soldadura automática	0~4		—
9	Largura da junta soldada topo a topo	Soldadura manual	A largura da abertura entre 1 e 2,5 em cada lado é coberta e apresenta uma transição suave.		
		Soldadura automática	A largura da abertura entre 2 e 7 em cada lado é coberta e apresenta uma transição suave.		
10	Lado de uma soldadura de ângulo (K)		$K \leq 12, K^{+2}; K > 12, K^{+3}$		
NOTA 1	δ é uma nota da espessura da placa de aço.				
NOTA 2	A soldadura manual diz respeito à soldadura por arco metálico blindado, à soldadura semi-automática com gás de protecção CO ₂ , à soldadura semi-automática por arco com arame tubular de auto-protecção e à soldadura manual TIG. A soldadura automática diz respeito à soldadura por fusão de uniões, à soldadura automática MAG, à soldadura automática por arco com arame tubular de auto-protecção.				

- b) O ensaio ultra-sónico (UD ou ensaio radiográfico RD) é utilizado nos ensaios de qualidade interna das juntas soldadas. O ensaio de partículas magnéticas (MT) ou de penetração (PT) é utilizado nos ensaios de qualidade da superfície de juntas soldadas. O ensaio de partículas magnéticas (MT) é o preferido para materiais ferromagnéticos. Quando são detectados problemas na aplicação de um dos métodos de ensaios não destrutivos, deve ser aplicado outro método de ensaio não destrutivo para reanálise. Os ensaios ultra-sónicos incluem ensaios ultra-sónicos de reflexão de impulsos (UT), ensaios ultra-sónicos em fases (PA-UT) e difracção por tempo de voo (TOFD);
- c) Os ensaios ultra-sónicos em fases (PA-UT) podem ser realizados para juntas em T ou espaços estreitos;
- d) A percentagem do comprimento de ensaio não destrutivo da junta soldada em comparação com o comprimento total da junta de soldadura não deve ser inferior à especificada no Quadro 57;

Quadro 57 Percentagem do comprimento de ensaio não destrutivo em comparação com o comprimento total da junta de soldadura

N.º	Tipo de aço	Ensaio ultra-sónico de reflexão de impulsos (UT) ou ensaio ultra-sónico em fases (PA-UT) (%)		Difracção por tempo de voo (TOFD) ou ensaios radiográficos (RT) (%)	
		Soldadura classe I	Soldadura classe II	Soldadura classe I	Soldadura classe II
1	Aço macio e aço de baixa liga	100	50	25	10
2	Aço de alta resistência, aço inoxidável e placa composta de aço inoxidável	100	100	40	20
NOTA 1	É preferível escolher a soldadura topo a topo em T e outras partes, propensas a ter defeitos de soldadura, para uma inspeção informal. Pelo menos 2 pontos devem ser inspeccionados para cada soldadura e a distância entre os pontos de inspeção adjacentes não deve ser inferior a 300 mm.				
NOTA 2	O comprimento da inspeção da TOFD ou do RT não deve ser inferior a 150 mm. O UT ou o PA-UT deve ser escolhido para partes com mais defeitos ou onde seja necessário determinar mais detalhadamente a origem dos defeitos.				
NOTA 3	Quando houver dúvidas sobre a aplicação do método UT ou PA-UT, a TOFD ou o RT pode ser aplicado para reanálise;				

- e) O ensaio não destrutivo deve cumprir os seguintes requisitos:
- 1) O RT deve ser aplicado de acordo com as disposições aplicáveis. O nível técnico do RT será de Grau B. As soldaduras de primeira classe serão aprovadas se não forem inferiores ao Grau I e as de segunda classe serão aprovadas se não forem inferiores ao Grau II.
 - 2) O UT e o PA-UT devem ser executados de acordo com as disposições aplicáveis. O nível técnico do RT será de Grau B. As soldaduras de primeira classe serão aprovadas se forem de Grau I e as de segunda classe serão aprovadas se não forem inferiores ao Grau II.
 - 3) A TOFD deve ser executada de acordo com as disposições aplicáveis ou com as normas da indústria vigentes. As soldaduras de primeira classe e de segunda classe serão aprovadas se não forem inferiores ao Grau II.

- 4) O MT deve ser executado de acordo com as normas aplicáveis. As soldaduras de primeira classe de Grau II são aprovadas e as de segunda classe de Grau III são aprovadas.
- 5) Quando forem aplicados dois ou mais métodos de ensaio não destrutivos para detectar a mesma junta soldada ou o mesmo defeito soldado, a aprovação deve ser avaliada de acordo com as normas respectivas;
- f) Em ensaios não destrutivos parciais de juntas soldadas, quando for detectado um defeito não permitido, o ensaio não destrutivo deve ser realizado novamente na direcção da dilatação do defeito ou na parte suspeita e o comprimento do ensaio complementar não deve ser inferior a 250 mm. Quando o defeito não permitido ainda for detectado após a realização do ensaio não destrutivo complementar, as juntas soldadas operadas pelo soldador devem ser verificadas ou todas as juntas soldadas devem passar por um ensaio 100% não destrutivo;
- g) As juntas soldadas em reprocessamento de defeitos devem ser inspeccionadas novamente, de acordo com o processo de ensaio não destrutivo, e o alcance da inspecção deve alargar-se pelo menos 50 mm no sentido de ambas as extremidades da área reprocessada.

8.4.5 A anti-corrosão das condutas forçadas deve ser consistente com as seguintes especificações:

- a) O pré-tratamento da superfície deve cumprir os seguintes requisitos:
 - 1) Ferrugem, manchas de óleo, acumulação de água, rebarbas de soldadura omissas e salpicos devem ser removidos antes do pré-tratamento da superfície da conduta forçada.
 - 2) A ferrugem deve ser removida através de pulverização local ou rebentamento para o pré-tratamento da superfície. O material abrasivo a utilizar deve estar limpo e seco. São utilizados abrasivos metálicos, alumina, granada, escória de cobre, carboneto de silício e esmeril. As dimensões das partículas do abrasivo metálico devem estar entre 0,5 mm e 1,5 mm. O abrasivo mineral artificial e o abrasivo mineral natural devem ser seleccionados de acordo com os requisitos técnicos de rugosidade da superfície e as dimensões das partículas devem estar entre 0,5 mm e 3,0 mm. Não são permitidos abrasivos de aço em ambiente húmido.
 - 3) O óleo e a água devem ser filtrados e removidos do ar comprimido utilizado na pulverização local.
 - 4) A limpeza da superfície da parede interna da conduta forçada deve estar em conformidade com o grau PSa2.5 após a remoção da ferrugem da parede interna mediante injeção parcial ou rebentamento. Após a remoção da ferrugem, a rugosidade da superfície dos revestimentos em pasta espessa reforçada e da pulverização a quente do metal deve estar entre Rz60 μm e Rz100 μm e a rugosidade da superfície de outros materiais deve estar entre Rz40 μm e Rz70 μm . A rugosidade superficial é medida através de um gráfico de curva de nível do pino de contacto ou avaliada visualmente, mediante comparação com as placas de amostra.
 - 5) A limpeza da superfície da parede exterior da conduta forçada deve estar em conformidade com as especificações do Quadro 58, quando for utilizada pasta de cimento ou revestimento na protecção contra a corrosão, após a remoção da ferrugem da parede exterior mediante injeção parcial ou rebentamento.

Quadro 58 Requisitos de qualidade de pré-tratamento da superfície da parede exterior da conduta forçada

N.º	Posição	Tipo de revestimento	Limpeza da superfície	Rugosidade da superfície Rz (urn)
1	Parede exterior do tubo exposto	Revestimento por pulverização	PSa2.5	40, 70
2	Parede exterior do tubo enterrado	Argamassa de cimento modificado ou pasta de cimento de soda cáustica	PSa2	—

- 6) Após a remoção da ferrugem da conduta forçada, deve ser utilizado ar comprimido seco ou um aspirador para remover o pó. Quando a superfície da chapa de aço estiver contaminada ou enferrujada antes de ser pintada, a chapa de aço deve ser tratada novamente, de forma a alcançar o grau de remoção de ferrugem original.
- 7) A remoção da ferrugem não deve ser executada quando a humidade relativa do ar for superior a 85%, a temperatura ambiente for inferior a 5 °C e a temperatura da superfície da chapa de aço for inferior em 3 °C ao ponto de orvalho na atmosfera;
- b) O revestimento deve cumprir os seguintes requisitos:
- 1) O tipo de revestimento anti-corrosivo deve ser composto por primário, demão intermédia e demão de acabamento. Os primários devem apresentar boa aderência e bom desempenho anti-corrosão. As demãos intermédias devem apresentar propriedades de protecção e podem ser devidamente combinadas com primários e demãos de acabamento. As demãos de acabamento devem ser resistentes à abrasão, resistentes às intempéries ou resistentes à água.
 - 2) A escolha do tipo de revestimento deve basear-se no ambiente, da seguinte forma:
 - O revestimento para paredes exteriores de tubos enterrados é geralmente pasta de cimento modificado ou pasta de soda cáustica. Quando a parede exterior do tubo exposto estiver ao ar livre, deve ser escolhido um tipo de revestimento que apresente boa resistência às intempéries.
 - A parede interior do tubo de aço deve dispor de um tipo de revestimento que apresente uma boa resistência ao desgaste e à água.
 - Além da resistência ao desgaste e à água, o revestimento da parede interior da tubagem de transporte da água deve cumprir os requisitos das normas sanitárias.
 - 3) Na superfície de aço cuja ferrugem tenha sido removida deve ser aplicado um revestimento nas 4 horas seguintes à remoção. O revestimento deve ser aplicado, no máximo, nas 12 horas seguintes à remoção da ferrugem em condições atmosféricas normais e ensolaradas.
 - 4) Os revestimentos a utilizar devem estar em conformidade com os desenhos. O número de camadas de revestimento, a espessura de cada revestimento, o intervalo de tempo entre os revestimentos, a criação do revestimento e as notas sobre os revestimentos devem ser consistentes com os documentos de concepção ou as normas aplicáveis.

- 5) As juntas da conduta forçada devem ser revestidas com primários de oficina, como primários inorgânicos ricos em zinco, numa distância de 200 mm em ambos os lados da costura e de 100 mm à volta dos furos de gunitagem e drenagem. Após a montagem e a soldadura, o pré-tratamento e o revestimento da superfície são executados de acordo com as normas.
 - 6) O revestimento não deve ser aplicado quando a humidade relativa do ar for superior a 85% e a temperatura da superfície da placa de aço for inferior em 3 °C ao ponto de orvalho da atmosfera ou superior a 60 °C, ou a temperatura ambiente for inferior a 10 °C;
- c) A inspecção de qualidade do revestimento deve cumprir os seguintes requisitos:
- 1) Antes da aplicação de cada revestimento, deve ser inspeccionada a aparência do revestimento anterior. Os defeitos, como fugas, amolecimentos e rugas, devem ser tratados sem demora. A espessura do revestimento húmido deve ser medida com um medidor de espessura do revestimento húmido após a aplicação do revestimento.
 - 2) A aparência deve ser inspeccionada após o revestimento. A superfície do revestimento deve ser lisa, apresentar cor uniforme, sem rugas, bolhas, amolecimentos, furos, fendas, revestimento omissivo e outros defeitos. A espessura do revestimento de pasta de cimento deve ser praticamente a mesma, com uma forte aderência e sem pó.
 - 3) A qualidade interna do revestimento deve cumprir os seguintes requisitos:
 - A espessura do revestimento é medida com um medidor de espessura de revestimento. Devem ser efectuadas três medições no nível de base de 0,01 m². A distância entre as posições de medição deve ser de 25 mm a 75 mm. O valor médio aritmético de três valores de medição deve ser considerado como a espessura de um ponto de referência no nível de base. Para revestimentos com rugosidade de superfície superior a Rz100 µm antes do revestimento, o valor médio aritmético de 5 valores de medição deve ser considerado como a espessura dos pontos de referência.
 - Quando a superfície interior de uma única conduta forçada for superior ou igual a 10 m², não deve haver menos de 3 pontos de referência na superfície a cada 10 m². Quando a área da superfície interior de uma única conduta forçada for inferior a 10 m², deve haver pelo menos um ponto de referência na superfície a cada 2 m². É definido um ponto de referência a cada 1,5 m na circunferência da conduta forçada entre as duas extremidades e no meio. No caso da espessura do revestimento, a espessura em 85% dos pontos de referência deve cumprir os requisitos de concepção. No caso dos pontos de referência em que a espessura não cumpre os requisitos de concepção, a espessura mínima não deve ser inferior a 85% da espessura de concepção
 - Um detector de furos para revestimentos sem elementos condutores é utilizado principalmente para inspeccionar o revestimento em ambos os lados da costura circular. Os furos devem ser detectados de acordo com o valor de tensão indicado no Quadro 59. Os furos detectados devem ser polidos com papel abrasivo e disco rectificador flexível e devem ser novamente revestidos.

Quadro 59 Relação entre a espessura do revestimento e a tensão de detecção

Espessura do revestimento (ym)	100	150	200	250	300	350	400	500	600	800	1000
Tensão (kV)	≥1,0	≥1,2	≥1,5	≥1,7	≥2,0	≥2,2	≥2,4	≥2,9	≥3,3	≥4,0	≥4,7

- 4) A espessura do revestimento é insuficiente ou existem furos. Depois da reformulação, deverá ser verificada novamente.
- 5) O método de corte é adoptado na inspecção da força de adesão;
- Quando a espessura do revestimento for superior a 120 ym, traçar duas linhas de intersecção com um ângulo incluído de 60° através da uma ferramenta de montagem. O corte das linhas de intersecção deve penetrar o revestimento até aos materiais de base. As secções traçadas devem ser protegidas com fitas adesivas. Posteriormente, as fitas adesivas devem ser arrancadas na direcção vertical. O revestimento é aprovado sem descascar.
 - Quando a espessura do revestimento for inferior ou igual a 120 ym, dois conjuntos de linhas paralelas perpendiculares entre si são traçados na superfície a uma distância de 3 mm a 5 mm utilizando uma ferramenta especial, formando várias redes. A força de adesão do revestimento deve ser verificada de acordo com os requisitos do Quadro 60 e o revestimento com graus de 0 a 2 é aprovado.

Quadro 60 Ensaio da força de adesão através do método de corte

Grau	Resultado da detecção
0	A aresta cortada é completamente lisa, sem quedas de quadrados.
1	Algumas chapas finas são separadas na secção transversal de corte. A área da rede é afectada em menos de 5%.
2	O revestimento esfoliado ao longo do bordo cortado ou da intersecção da incisão é obviamente superior a 5%, mas o impacto não é superior a 15%.
3	Ao longo do bordo cortado, o revestimento descasca parcial e completamente com fragmentos grandes, ou em diferentes partes das redes. A área de descascamento é superior a 15%, e as redes afectadas não são superiores a 35%.
4	O revestimento descasca com fragmentos grandes ao longo do bordo de corte ou parcial e totalmente nas redes. A área de descascamento é superior a 35%, e as redes afectadas não são superiores a 65%.
5	O grau de descascamento não pode ser identificado pelo Grau 4.

- 6) Quando a detecção quantitativa da força de adesão é realizada pelo método de *pull-out* (método de *pull-off*), os índices da força de adesão podem ser negociados entre o fornecedor e o utilizador, de acordo com o Quadro 61. O ensaio de adesão do revestimento por *pull-off* pode ser realizado para o método de *pull-out*. Os ensaios podem ser realizados de acordo com as especificações do instrumento.

Quadro 61 Ensaio de força de adesão através do método de *pull-off* Unidade: N/mm²

Tipo de revestimento	Força de adesão
Revestimentos em epóxi, poliuretano, fluorocarboneto	≥5,0
Borracha clorada, resina acrílica, resina de etileno, asfalto epóxi inorgânico rico em zinco e resina alquídica	≥3,0
Revestimentos em resina fenólica e à base de óleo	≥1,5

- 7) O ensaio de força de adesão pode ser realizado mediante o método de corte ou o método de *pull-off*. Qualquer dos métodos é aceitável;
- d) A pulverização de metais deve cumprir os seguintes requisitos:
- 1) Os fios metálicos utilizados na pulverização de metais devem cumprir os seguintes requisitos:
 - Os fios de zinco devem cumprir os requisitos de qualidade e Zn>99,99%.
 - Os fios de alumínio devem cumprir os requisitos de qualidade e Al>99,5%.
 - O teor de alumínio nos fios de liga Zn-Al deve estar entre 13% e 35% e o restante deve ser zinco.
 - O teor de magnésio nos fios de liga AL-Mg deve estar entre 4,8% e 5,5% e o restante deve ser alumínio.
 - Os fios devem estar limpos, sem ferrugem, sem óleo e sem dobras, com um diâmetro de 3,0 mm.
 - 2) Deve ser utilizada a pulverização por arco eléctrico. A pulverização por chama pode ser aplicada nas partes onde a projecção por arco não puder ser realizada.
 - 3) A pulverização de metais deve ser executada por espessura, de acordo com os diferentes materiais a pulverizar e o ambiente de trabalho:
 - A espessura da camada de zinco ou alumínio pulverizada deve ser de 120 pm a 150 pm.
 - A camada de liga de zinco e alumínio, a camada de liga de alumínio e magnésio e a camada de liga de alumínio de terras raras devem ser de 100 pm a 120 pm.
 - 4) A superfície de aço pré-tratado deve ser pulverizada nas 2 horas seguintes. Deve ser revestida, no máximo, nas 8 horas seguintes em condições atmosféricas normais e ensolaradas.
 - 5) A pulverização não deve ser executada quando a humidade relativa do ar for superior a 85%, a temperatura da superfície de placa de aço for inferior em 3 °C ao ponto de orvalho da atmosfera, ou a temperatura ambiente for inferior a 5 °C.

- 6) A pulverização deve ser uniforme e realizada várias vezes. A espessura de cada revestimento por pulverização deve estar entre de 25 μm e 60 μm . Os feixes de pulverização de pulverizações adjacentes devem cruzar-se na vertical.
 - 7) Após ser verificado e confirmado como aprovado, o revestimento metálico por pulverização deve ser vedado com revestimentos orgânicos em tempo hábil. O pó na superfície do revestimento metálico por pulverização deve ser limpo antes da pintura. O revestimento deve ser aplicado quando o revestimento metálico por pulverização alcançar uma determinada temperatura;
- e) A inspecção de qualidade do revestimento metálico deve cumprir os seguintes requisitos:
- 1) A aparência do revestimento metálico deve ser inspeccionada. A superfície do revestimento deve ser uniforme, não apresentar impurezas, descascamento, bolhas, furos, irregularidades, partículas grossas instáveis de metal fundido, detritos, poros expostos no substrato ou fendas. A pulverização deve ser interrompida quando forem encontrados defeitos óbvios na aparência do revestimento. Quando for encontrada uma pequena quantidade de inclusão, esta pode ser raspada com ferramentas de corte. Quando a área com defeito for grande, a pulverização deve ser removida e refeita.
 - 2) A medida da espessura do revestimento metálico e o método de ensaio do desempenho da adesão devem cumprir os requisitos;
- f) A construção do sistema de protecção catódica do ânodo sacrificial deve cumprir os seguintes requisitos:
- 1) O sistema de protecção catódica do ânodo sacrificial deve ser combinado com a protecção do revestimento.
 - 2) As condutas forçadas com sistema de protecção do ânodo sacrificial devem ser electricamente isoladas de outras estruturas metálicas na água.
 - 3) Os seguintes requisitos devem ser cumpridos antes da construção do sistema de protecção catódica do ânodo sacrificial:
 - Medição do auto-potencial das condutas forçadas.
 - Confirma-se que as condições ambientais coincidem com os documentos de concepção.
 - Confirma-se que os instrumentos e materiais utilizados no sistema de protecção coincidem com os documentos de concepção.
 - 4) A disposição e a montagem do ânodo sacrificial devem cumprir os seguintes requisitos:

- A superfície dos ânodos sacrificiais não deve apresentar manchas de tinta e óleo.
 - A disposição e a montagem de ânodos sacrificiais não devem afectar o funcionamento normal da conduta forçada e devem poder cumprir os requisitos de concepção do potencial de protecção da conduta forçada.
 - O revestimento na posição de ligação entre o ânodo sacrificial e a conduta forçada deve ser removido e o substrato metálico deve ser exposto, e a área deve ser de cerca de 0,01 m².
 - O ânodo sacrificial deve estar em curto-circuito com o tubo de aço através do condutor de aço. Eles também podem ser conectados com cabos ou mecanicamente.
 - Os ânodos sacrificiais devem ser evitados em áreas de carga de alta tensão e alta fadiga dos tubos de aço.
 - Quando os ânodos sacrificiais forem montados por soldadura, as juntas de soldadura não devem apresentar rebarbas, arestas vivas e soldadura falsa.
 - Após a montagem dos ânodos sacrificiais, a superfície da área de montagem deve ser limpa e revestida novamente, de acordo com os requisitos técnicos, e a superfície dos ânodos sacrificiais não deve ser contaminada durante a nova pintura;
- g) A verificação da qualidade do sistema de protecção catódica do ânodo sacrificial deve cumprir os seguintes requisitos:
- 1) Após a conclusão da construção do sistema de protecção catódica do ânodo sacrificial, os desenhos da montagem completa do ânodo sacrificial devem ser apresentados e deve verificar-se se a quantidade real da montagem, a localização e a ligação do ânodo cumprem os requisitos.
 - 2) Antes de o sistema de protecção ser montado e entregue para uso, o potencial de protecção da conduta forçada deve ser medido e deve ser garantido que cumpre os requisitos de concepção.
 - 3) Após o ânodo sacrificial poder ser utilizado normalmente, o equipamento e os componentes do sistema de protecção devem ser inspeccionados e mantidos regularmente para garantir o seu funcionamento eficaz no período de vida útil.
 - 4) O utilizador deve medir e registar o potencial de protecção da conduta forçada pelo menos uma vez a cada seis meses. Quando os resultados medidos não cumprirem os requisitos, o motivo deve ser encontrado em tempo útil e devem ser tomadas medidas.

8.4.6 Os ensaios hidrostáticos das condutas forçadas devem ser aplicados de acordo com os seguintes requisitos:

- a) Os ensaios de pressão hidráulica e de pressão de ensaio das condutas forçadas e tubagens bifurcadas devem ser realizados de acordo com os documentos técnicos dos desenhos ou de concepção;
- b) Os planos e medidas de segurança devem ser elaborados antes dos ensaios hidráulicos das condutas forçadas e tubagens bifurcadas;
- c) O murete de protecção do ensaio deve ser determinado mediante cálculos de concepção;
- d) Quando a pressão é testada, a temperatura da água deve ser superior a 5 °C;
- e) Uma das extremidades do tubo de respiração deve ser montada na posição mais elevada quando a conduta forçada e a tubagem bifurcada forem testadas;
- f) Quando a diferença de altura for superior a 100 m durante um ensaio hidrostático da conduta forçada, a válvula de corte de vácuo deve ser montada na parte superior da secção da conduta forçada;
- g) O ensaio hidrostático deve ser realizado após a produção ou a montagem da conduta forçada e da tubagem bifurcada e após a respectiva aprovação na inspecção. Antes do enchimento com água, a fixação, o suporte provisório, o guia e o equipamento de elevação devem ser aliviados, e os defeitos de cicatrizes e arranhões de soldadura na estrutura devem ser reparados e polidos;
- h) A pressão da água da conduta forçada e da tubagem bifurcada deve ser aumentada passo a passo e testada nível a nível. Quando a pressão de funcionamento nominal for alcançada, manter a pressão durante mais de 30 minutos. Se a agulha do manómetro permanecer estável e não ocorrer movimentação na agulha ou outras situações anormais, é permitida a adição contínua de pressão. A taxa de pressão não pode ser superior a 0,3 MPa/min. Quando a pressão for superior a 10 MPa, a taxa de pressão não pode ser superior a 0,2 MPa/min. Quando a pressão máxima for alcançada, manter a pressão durante mais de 30 minutos. Nessa altura, a pressão indicada pelo manómetro deve permanecer inalterada. Posteriormente, a pressão máxima diminui para a pressão de funcionamento, manter a pressão durante mais de 30 minutos. Não deve haver infiltrações, fendas no betão, deslocamento anormal de pilares e outras situações anormais durante todo o ensaio;
- i) Após a conclusão do ensaio de pressão da água da conduta forçada e da tubagem bifurcada, a válvula de controlo de excesso de caudal do sistema elevatório é descarregada para a pressão auto-ponderada da água na conduta forçada a uma velocidade não superior a 0,5 MPa/min por fases, e, então, a válvula de tubo de ar na extremidade superior da secção da conduta forçada é aberta para a operação de drenagem;
- j) Quando ocorram problemas no sistema de testagem que precisem de ser solucionados, a pressão do sistema deve ser descarregada para a pressão de peso morto através da válvula de controlo de alívio do sistema elevatório, que é então operado de acordo com a situação específica;

- k) Quando forem necessárias operações de soldadura, corte a quente, goivagem a arco com eléctrodo de carvão, rectificação a quente, entre outras, primeiro é necessário esvaziar a água da tubagem.

9 Protecção ambiental

9.1 Disposições básicas

9.1.1 A protecção ambiental deve incluir a prevenção da poluição, a protecção ecológica, a protecção da saúde no trabalho, a gestão ambiental e a supervisão.

9.1.2 Devem ser implementadas as medidas de protecção ambiental propostas com base na avaliação do impacto ambiental do projecto, no esquema de conservação do solo e da água, no projecto da protecção ambiental e da conservação do solo e da água. A optimização deve ser realizada com base na premissa de cumprir os requisitos de protecção ambiental de acordo com as condições de construção específicas.

9.2 Prevenção e controlo da poluição

9.2.1 As medidas de controlo da poluição devem ser adaptadas às condições locais e coordenadas, de forma a cumprir os requisitos da função ambiental e da protecção dos alvos sensíveis.

9.2.2 As instalações de águas residuais, gases residuais, resíduos sólidos e de prevenção e controlo da poluição sonora devem ser dispostas de forma criteriosa e combinadas com o esquema de construção geral, fontes de poluição, métodos de descarga de poluentes e condições ambientais do projecto.

9.2.3 O tratamento de águas residuais deve cumprir os seguintes requisitos:

- a) As águas residuais da construção de uma estação de PCH incluem águas residuais geradas pelo processamento de areia e cascalho, mistura e lavagem de betão, injeção de cimento, cava de fundação (para desbaste do betão, limpeza e manutenção de silos), poros de fundação, limpeza e manutenção de equipamentos mecânicos e esgotos domésticos dos trabalhadores da construção civil;
- b) As descargas de águas residuais produzidas durante a construção e os esgotos domésticos devem cumprir os requisitos;
- c) A taxa de tratamento de águas residuais (esgotos) não deve ser inferior à estabelecida pela administração local da área do projecto e, se não houver especificações aplicáveis, não deve ser inferior a 80%;
- d) Quando a zona de protecção da fonte de água potável estiver situada próximo da área de construção, a disposição da boca de descarga deve ser consistente com as normas aplicáveis. É proibido montar bocas de esgotos em zonas de protecção de fontes de água potável. Se as bocas de esgotos forem montadas próximo das zonas de protecção, a massa de água das zonas de protecção não deve ser poluída;

- e) Quando o método de sedimentação natural for aplicado no tratamento de águas residuais dos sistemas de tratamento de areia e cascalho, deve ser assegurado tempo suficiente de sedimentação e o reservatório de sedimentação deve ser limpo regularmente. A lama deve ser seca e transportada para o aterro de resíduos;
- f) O tratamento das águas residuais de um sistema de mistura de betão deve ser combinado com o esquema do projecto e deve ser montado um reservatório de sedimentação de águas residuais nas proximidades. O sobrenadante pode ser reciclado e as águas residuais devem ser neutralizadas;
- g) Os sistemas de drenagem nas áreas de produção e habitação devem ser mantidos sem obstrução e os drenos principais devem ser endurecidos. A água das chuvas não deve ser importada para reservatórios de sedimentação, fossas sépticas, reservatórios de separação de óleo, lixeiras e locais de armazenamento de lama seca;
- h) Nas áreas de produção e habitação onde sejam armazenados óleo e electrólitos devem ser implementadas medidas de impermeabilização, resistência à infiltração e a perdas;
- i) As águas residuais de cantinas e casas de banho devem ser interceptadas e descarregadas através de reservatórios de captura de óleo (incluindo um conjunto completo de dispositivos de separação de óleo-água) ou fossas sépticas;
- j) Os esgotos domésticos não devem ser descarregados deliberadamente. Os esgotos devem ser transportados em tempo útil, quando uma fossa séptica for utilizada para os tratar. Quando forem utilizados sanitários ambientais móveis, o esgoto e as fezes devem ser reciclados de forma centralizada para um tratamento que não ocasione danos.

9.2.4 A prevenção e o controlo da poluição por gases de escape devem cumprir os seguintes requisitos:

- a) Devem ser implementadas medidas de prevenção e controlo da poluição do ar, como poeiras da escavação de terraplenagem, rebentamentos, processamento de areia e pedra, mistura de betão, transporte de materiais, armazenamento e transporte de resíduos, bem como de gases residuais do processamento de asfalto, óleo combustível, máquinas de construção, veículos e combustão de carvão doméstico;
- b) A qualidade do ar ambiente na área afectada deve cumprir os requisitos das áreas funcionais correspondentes, após a tomada de medidas preventivas;
- c) Devem ser tomadas medidas de aspersão de água e de ventilação na área de construção de uma central eléctrica subterrânea e de um túnel de desvio, de forma a melhorar as condições de difusão de ar nas cavernas subterrâneas. Os trabalhadores da construção civil devem ser protegidos de acordo com as disposições aplicáveis;
- d) O processo de britagem húmida deve ser adoptado para o processamento de agregados, de modo a reduzir a altura de queda durante a transferência e a vedar a fonte de poeira;
- e) O transporte de partículas finas, como cimento, cal e cinzas volantes, deve ser realizado em camiões-cisterna vedados. Devem ser utilizados toldos para cobrir os camiões durante o transporte. Deve ser impedida a dispersão de materiais durante o carregamento e o empilhamento;

- f) A manutenção das estradas de construção deve ser realizada regularmente e devem ser previstos camiões de aspersão ou aspersores artificiais para o tratamento contra as poeiras;
- g) Devem ser utilizados, de preferência, equipamentos de perfuração com captadores de poeiras nas operações de perfuração e rebentamento. Deve ser adoptada a perfuração húmida ou a pulverização de orifícios quando forem utilizados equipamentos sem dispositivo de captura de poeiras. Deve ser adoptado o rebentamento ligeiro e a aspersão de água na queda de poeiras em operações de rebentamento a céu aberto. A pulverização por aspersão deve ser adoptada em obras subterrâneas.

9.2.5 A eliminação de resíduos sólidos deve cumprir os seguintes requisitos:

- a) Os elementos de eliminação de resíduos sólidos devem incluir o lixo doméstico, o lixo de construção e os resíduos de produção, e a eliminação deve ser reciclagem, minimizada e inofensiva;
- b) Os caixotes do lixo ou pontos de recolha de lixo devem ser dispostos à volta dos edifícios de alojamento do pessoal. Os resíduos domésticos devem ser recolhidos de forma centralizada, transportados e eliminados de forma centralizada e, de preferência, através de aterros. Os aterros devem ser mantidos afastados das fontes de água potável e das zonas de pesca;
- c) Os resíduos de construção devem ser eliminados de forma centralizada e os recursos renováveis devem ser reciclados. Os resíduos sólidos perigosos devem ser tratados de acordo com as normas pertinentes.

9.2.6 O controlo do ruído deve cumprir os seguintes requisitos:

- a) Devem ser implementadas medidas de controlo do ruído para máquinas e equipamentos de construção, equipamentos de processamento de agregados, veículos de transporte e rebentamentos;
- b) O controlo do ruído deve cumprir os requisitos do ambiente sonoro na área do projecto;
- c) O controlo da fonte de ruído e o controlo da transmissão devem ser realizados de acordo com o tipo de fonte de ruído, intensidade do ruído e elementos afectados pelo ruído. Sempre que necessário, devem ser tomadas medidas de protecção pessoal;
- d) O controlo do ruído ambiente no limite do estaleiro deve cumprir os requisitos de 70 dB(A) durante o dia e 55 dB(A) durante a noite. O controlo do ruído para edifícios sensíveis na área afectada pela construção deve cumprir os requisitos de 55 dB(A) durante o dia e 45 dB(A) durante a noite;
- e) Deve ser dada prioridade a equipamentos que emitam menos ruído. Para controlar o ruído mecânico, deve ser enfatizada a manutenção dos equipamentos mecânicos. Os principais equipamentos mecânicos devem ser dispostos longe dos edifícios sensíveis e devem ser adoptadas medidas de redução do ruído e das vibrações;

- f) Para controlar o ruído dos veículos de transporte, deve ser reforçada a manutenção e a gestão das vias de construção. Devem ser colocados sinais, como o limite de velocidade e a recomendação de não buzinar, em áreas sensíveis. Devem ser montadas barreiras acústicas quando o ruído for inevitável em áreas sensíveis, como escolas e hospitais;
- g) O rebentamento por parte da engenharia deve utilizar tecnologias de rebentamento de baixo ruído e não deve ser executado à noite;
- h) A concepção do rebentamento deve ser executada de acordo com as características das rochas para controlar de forma criteriosa a quantidade de carga de efeito simples. Deve ser adoptada a construção por rebentamento por degraus e a linha de resistência ao rebentamento deve ser projectada de forma criteriosa. É proibido utilizar cargas de rebentamento sem revestimento nas operações de rebentamento;
- i) No limite do estaleiro, o nível sonoro máximo do ruído súbito à noite não deve exceder o valor-limite do ruído do limite do campo em mais de 15 dB(A);
- j) Devem ser implementadas medidas relativas à protecção dos trabalhadores da construção civil em posições de alto ruído e devem ser tomadas medidas de protecção pessoal.

9.3 Protecção ecológica

9.3.1 A protecção ecológica deve ser concebida tendo em consideração o desenvolvimento coordenado da protecção ambiental ecológica e da economia social e deve seguir o princípio da manutenção das funções ecológicas para cumprir os requisitos do desenvolvimento sustentável regional.

9.3.2 Na fase de implementação, as medidas de protecção ecológica devem ser optimizadas de acordo com as características e condições ecológicas da área de construção e devem ser implementadas simultaneamente com a construção principal.

9.3.3 É proibido atravessar as linhas vermelhas de protecção ecológica na área de construção e na área afectada ou danificar o ambiente ecológico no exterior do estaleiro.

9.3.4 A erosão e o controlo do solo devem cumprir os seguintes requisitos:

- a) As medidas de conservação do solo e da água devem ser implementadas nas áreas de construção de acordo com os planos e projeções de conservação do solo e da água;
- b) O terreno do estaleiro deve ser utilizado criteriosamente, de forma a controlar e a diminuir a perturbação e os danos ao relevo do terreno, à vegetação da superfície e ao sistema hídrico originais e deve proteger a vegetação da superfície, o solo da superfície e a camada da crosta originais;

- c) A escavação ordenada e o apoio atempado devem ser executados de acordo com a linha de abertura projectada e a razão do talude, de forma a evitar danos na vegetação no exterior da linha de abertura provocados pela instabilidade do talude;
- d) A escolha da área de entulho do solo (pedra e escória) e da área de empréstimo do solo (pedra e material) deve estar em conformidade com os requisitos de conservação do solo e da água;
- e) O solo residual da engenharia (escória) deve ser interceptado primeiro e abandonado depois e a escória deve ser criteriosamente utilizada para reduzir a quantidade de escória residual;
- f) Devem ser tomadas medidas, como o bloqueio, a protecção do talude, a interceptação de água e a drenagem, nos locais de escavação, descarga e empilhamento;
- g) A superfície do solo ligeiro descascado durante a recolha do material deve ser provisoriamente reservada como solo de aterro. O nivelamento do terreno deve ser executado em tempo útil, após os materiais serem recolhidos, e a vegetação deve ser reposta ou recuperada de acordo com as condições locais;
- h) Os detritos residuais da escavação das fundações da barragem e da central eléctrica devem ser transportados para a área de eliminação em tempo útil, de forma a evitar a sua descarga no curso do rio. O método de construção de "bloquear primeiro, descartar depois" deve ser aplicado no armazenamento de cinzas e escórias. As escórias de solo e pedra com várias propriedades físicas e químicas devem ser armazenadas em diferentes zonas. A plataforma superior do depósito de escória, a plataforma em degraus e o talude devem ser nivelados e cobertos com solo para repor ou recuperar a vegetação após o abandono das escórias;
- i) As escórias residuais escavadas na linha de construção do sistema de desvio devem ser empilhadas de acordo com os requisitos de concepção da conservação do solo e da água e a vegetação deve ser reposta de acordo com as condições topográficas e do solo;
- j) A protecção e drenagem do talude deve ser executada nas vias de construção, de acordo com os requisitos de conservação do solo e da água. As árvores adjacentes à faixa de rodagem devem ser plantadas de ambos os lados das vias permanentes;
- k) O arroteamento de terras deve ser realizada em tempo útil para o estaleiro e devem ser adoptadas medidas de conservação do solo e da água para repor a sua função original. Os trabalhos de ecologização e paisagismo devem ser realizados na barragem, centrais eléctricas, sistemas de desvio de água e áreas de escritórios e habitações.

9.3.5 A protecção da fauna e da flora deve cumprir os seguintes requisitos:

- a) Os elementos de protecção e reposição de plantas terrestres devem incluir ecossistemas importantes (incluindo vegetação, florestas, prados e zonas húmidas), reservas naturais, parques florestais, projectos de protecção de florestas naturais e plantas raras e em perigo em áreas afectadas pela engenharia;

- b) A construção de engenharia não deve danificar a vegetação fora da área de construção. As espécies raras ou ameaçadas devem ser transplantadas para locais fora da área de construção, de acordo com os requisitos ecológicos adequados, quando forem tomadas medidas de realocação para conservação. As espécies raras ou ameaçadas devem ser listadas e registadas com sinais de alerta quando forem tomadas medidas de conservação no local;
- c) A construção de engenharia não deve prejudicar animais selvagens protegidos. É proibido o abate ilegal, a domesticação, a reprodução, a venda de fauna selvagem rara e ameaçada, bem como a destruição dos principais habitats e locais de reprodução de animais selvagens protegidos;
- d) As medidas de protecção devem ser implementadas de acordo com os requisitos de concepção da protecção ambiental, se a construção for implementada em áreas com valores económicos importantes e organismos aquáticos raros e ameaçados, ou se o período de encerramento do rio tiver impacto na sobrevivência, reprodução e migração dos peixes;
- e) É proibido utilizar artes ou métodos de pesca proibidos para pescar em zonas de pesca proibida e durante períodos de pesca proibida, e é proibido montar redes para capturar aves em rotas migratórias, apanhar aves jovens e apanhar ovos em zonas húmidas;
- f) Deve ser prestado auxílio no caso de se verificar que a fauna selvagem protegida está a ser ameaçada ou afectada próximo da área do projecto. As informações devem ser comunicadas em tempo útil às autoridades ambientais ou florestais locais;
- g) A influência da construção do projecto nas reservas naturais deve estar de acordo com as normas sobre reservas naturais.

9.4 Gestão e supervisão ambiental

9.4.1. A gestão ambiental deve ser realizada em sincronia com a gestão do projecto durante o período de construção.

9.4.2 A gestão ambiental deve incluir principalmente:

- a) A elaboração do plano de implementação da protecção ambiental e a aplicação de várias medidas de protecção ambiental;
- b) O estabelecimento de regras e normas relativas ao controlo de emissão de poluentes, protecção ecológica e supervisão ambiental;
- c) O controlo da descarga de poluentes e a protecção do ambiente ecológico de acordo com as normas;
- d) A verificação do progresso da implementação e da qualidade das medidas de protecção ambiental;

- e) A realização da supervisão ambiental, a análise da qualidade ambiental e a tendência de desenvolvimento nas áreas de construção e nas áreas afectadas relevantes e a realização da avaliação de impactos pós-ambientais ou a sugestão de requisitos de optimização das medidas de protecção ambiental com base nos resultados da supervisão e da avaliação;
- f) A elaboração de planos para a eliminação de potenciais incidentes de poluição ambiental e a investigação e o processamento de incidentes de poluição ambiental e danos ecológicos.

9.4.3 Durante a construção, a supervisão ambiental deve ser realizada em tempo útil. A organização da supervisão deve realizar em tempo útil o trabalho de supervisão com base no plano e de acordo com o progresso do projecto. Os resultados da supervisão devem ser recolhidos, analisados, comentados, arquivados e comunicados em tempo útil. Os incidentes de poluição de emergência ou os incidentes com danos ecológicos graves devem ser supervisionados e comunicados em tempo útil.

9.4.4 Durante a implementação das medidas de protecção ambiental, o proprietário do projecto deve verificar, supervisionar e registar com veracidade a construção e a entrada em serviço das instalações de protecção ambiental do projecto.

9.5 Protecção da saúde no trabalho

9.5.1 A saúde e a segurança no trabalho devem cumprir as normas de saúde e segurança no trabalho do país.

9.5.2 Os planos especiais de saúde e segurança no trabalho durante o período de construção devem ser elaborados de acordo com as características do projecto.

Apêndice A

(Informativo)

Parâmetros de rebentamento por pré-fendilhamento da escavação da fundação rochosa

A.1 A distância entre furos de sondagem deve ser calculada de acordo com a fórmula (A.1):

$$a = (7 \sim 12) D \quad \dots\dots\dots (A.1)$$

em que

a é a distância entre os furos de sondagem, em mm;

D é o diâmetro dos furos de perfuração, em mm.

A.2 Coeficiente de desacoplamento.

O coeficiente de desacoplamento deve ser calculado de acordo com a fórmula (A.2):

$$D_d = D/d = 2 \sim 5$$

$$\text{or } D = (2 \sim 5) d \quad \dots\dots\dots (A.2)$$

em que

D_d é o coeficiente de desacoplamento;

d é o diâmetro do cartucho; $d = 20$ mm a 30 mm, geralmente.

A.3 Fórmula empírica da densidade de carga linear.

a) Calcular de acordo com a resistência máxima à compressão da rocha e a distância entre furos adjacentes:

$$Q_x = 0,589 a \sigma_p^{0,5} \quad \dots\dots\dots (A.3)$$

em que

Q_x é a densidade da carga linear (g/m), contando o comprimento total do furo;

a é a distância do furo de sondagem, em mm;

σ_p é a resistência à compressão máxima da rocha, em MPa.

Âmbito de aplicação:

$\sigma_p = 20 \sim 150$ (MPa)

$a = 450 \sim 1200$ (mm)

- b) Calcular de acordo com a resistência à compressão máxima da rocha e o raio do furo de perfuração (Q_x é a profundidade depois de deduzido o comprimento dos furos tapados):

$$Q_x = 9.22 r^{0.38} \sigma_p^{0.53} \dots\dots\dots (A.4)$$

em que

r é o raio dos furos de perfuração, em mm.

Âmbito de aplicação:

$\sigma_p = 10 \sim 150$ (MPa)

$D = 2r = 46 \sim 170$ (mm)

Apêndice B
(Informativo)

Quadro de classificação da geologia das rochas circundantes na engenharia de energia hidroeléctrica subterrânea

Quadro B.1 Quadro de classificação da geologia das rochas circundantes na engenharia de energia

Tipo	Designação	Principais características de engenharia das rochas circundantes		Estado activo das águas subterrâneas	Estabilidade das rochas circundantes dos túneis sem revestimento da superfície da escavação	Base de cálculo da pressão das rochas	Medidas de suporte provisórias (sugeridas)
		Estado das rochas	Características do plano estrutural				
I	Estável	A rocha é fresca, completa e a influência da estrutura geológica é pequena. As juntas e fissuras não estão desenvolvidas ou estão pouco desenvolvidas e a maioria encontra-se encerrada e sem grande extensão. A rocha não apresenta ou raramente apresenta planos estruturais fracos e a largura do plano é geralmente inferior a 0,1 m. A rocha é uma estrutura integral em bloco ou uma estrutura de alvenaria em bloco.	O plano estrutural não apresenta uma montagem instável. A direcção das camadas com falhas é quase ortogonal em relação à linha do túnel.	A parede do túnel está seca ou ligeiramente húmida. Várias juntas e fissuras apresentam uma ligeira fuga de água.	Bem moldado e sem queda de blocos	Ignorar a pressão das rochas	Pode ficar sem suporte, em geral
II	Praticamente estável	A rocha está fresca ou levemente desgastada e geralmente é influenciada por estruturas geológicas. As juntas e fissuras estão pouco desenvolvidas. A rocha tem alguns planos estruturais fracos, cuja largura é inferior a 0,5 m. A rocha é uma estrutura de alvenaria ou estratiforme.	As montagens do plano estrutural são praticamente estáveis. Existem montagens instáveis apenas em partes locais. A direcção de planos estruturais fracos, como falhas, cruzam-se obliqua ou ortogonalmente.	A parede do túnel está húmida. Algumas juntas, fissuras ou planos estruturais fracos apresentam fugas e quedas de água.	O túnel está mal formado nas partes locais e alguns maciços estão a cair. O pré-formado colapsou ligeiramente após um longo período de exposição das partes locais.	A carga do desabamento de pedras deve ser considerada em algumas partes. O método teórico de equilíbrio final ou de análise do plano estrutural pode ser aplicado no cálculo.	Necessidade de ter suporte nas partes locais

Quadro B.1 (continuação)

Tipo	Designação	Principais características de engenharia das rochas circundantes		Estado activo das águas subterrâneas	Estabilidade das rochas circundantes dos túneis sem revestimento da superfície da escavação	Base de cálculo da pressão das rochas	Medidas de suporte provisórias (sugeridas)
		Estado das rochas	Características do plano estrutural				
1	Estabilidade relativamente e fraca	<p>A rocha está ligeira ou moderadamente desgastada e é seriamente influenciada pelas estruturas geológicas. As juntas e fissuras estão desenvolvidas e algumas estão abertas e repletas de lama. A rocha apresenta muitos planos estruturais fracos, cuja largura chega a 1 m.</p> <p>A rocha é uma estrutura em mosaico com detritos.</p>	<p>A maioria das montagens do plano estrutural não são favoráveis à estabilidade das rochas circundantes. A direcção dos principais planos estruturais fracos, como falhas, é oblíqua ou paralela à linha do túnel.</p>	<p>A actividade das águas subterrâneas é significativa. As juntas, fissuras e zonas com falhas apresentam fugas, queda ou jactos de água.</p>	<p>A forma está num estado ligeiramente mau. Haverá um colapso em pequena escala se o túnel não tiver suportes. Às vezes, a instabilidade local ocorre em paredes laterais altas</p>	<p>Em conjunto com a análise geológica, a teoria do equilíbrio final ou teoria granular pode ser usada para o cálculo.</p>	<p>Necessidade de ter suporte, em geral</p>
jy	Estabilidade fraca	<p>O estado da rocha é o mesmo da Classe E, mas existem mais planos estruturais fracos com larguras até 2 m. São desenvolvidas partes das juntas e fissuras.</p> <p>A rocha é uma estrutura em mosaico com detritos. Em algumas partes, é uma estrutura triturada com detritos.</p>	<p>As montagens do plano estrutural não são favoráveis à estabilidade das rochas circundantes. A direcção do plano estrutural fraco, como falhas, deve ser oblíqua ou paralela à linha do túnel.</p>	<p>A actividade das águas subterrâneas é significativa. As juntas, fissuras ou zonas com fugas, queda ou jactos de água.</p>	<p>A forma está em mau estado. Geralmente, o arco superior será excessivamente escavado devido ao colapso. Pode ocorrer um grande colapso se não houver suporte. A instabilidade ocorre nas paredes laterais.</p>	<p>Utilização da teoria granular</p>	<p>Deve ter suporte</p>

Quadro B.1 (continuação)

Tipo	Designação	Principais características de engenharia das rochas circundantes		Estado activo das águas subterrâneas	Estabilidade das rochas circundantes dos túneis sem revestimento da superfície da escavação	Base de cálculo da pressão das rochas	Medidas de suporte provisórias (sugeridas)
		Estado das rochas	Características do plano estrutural				
V	Instável	<p>1. Rocha circundante litóide: A rocha está forte ou totalmente desgastada e é seriamente influenciada pelas estruturas geológicas. As juntas e fissuras estão altamente desenvolvidas. A rocha apresenta vários planos estruturais fracos com larguras até 1 m.</p> <p>A rocha é uma estrutura em mosaico em forma de cascalho. A largura da zona de falha-fractura é superior a 2 m e é composta, principalmente, por ranhuras, milonito e brechas. A maioria das fracturas está repleta de lama. A rocha é uma estrutura granular que tem forma de cascalho, areia ou detritos;</p> <p>2. Camadas soltas de solo, areia, acumulação e geralmente cascalho, calhau, terra de cascalho.</p> <p>3. Zona de grande falha fortemente extrudida. As fracturas estão desordenadas e são de terra misturada com rocha ou rocha misturada com terra.</p>	<p>Os planos estruturais estão desordenados e as montagens instáveis.</p> <p>A direcção dos principais planos estruturais fracos, como falhas, é paralela à linha do túnel.</p>	<p>A actividade da água subterrânea é intensa. Há uma grande quantidade de fugas e estas muitas vezes causam colapsos.</p>	<p>A forma está em muito mau estado. A rocha circundante colapsa facilmente. Até o chão irá afundar ou subir.</p>	<p>Utilização da teoria granular</p>	<p>Os suportes devem ser reforçados</p>

Apêndice C
(Informativo)

Parâmetros de rebentamento por parede lisa e de rebentamento por pré-fendilhamento
na escavação do túnel

Quadro C.1 Parâmetros de rebentamento por parede lisa

Tipo de rocha	Distância entre furos periféricos (mm)	Linhas de resistência dos furos periféricos (mm)	Densidade de carga linear (g/m)
Rocha dura	550~650	600~800	300~350
Rocha meio dura	450~600	600~750	200~300
Rocha branda	350~450	450~550	70~120

NOTA O diâmetro do furo de sondagem deve estar entre 40 mm e 50 mm. O diâmetro do cartucho deve estar entre 20 mm e 25 mm.

Quadro C.2 Parâmetros de rebentamento por pré-fendilhamento com furo escalonado (profundidade do furo ≤ 5 m)

Tipo de rocha	Distância entre furos periféricos (mm)	Linhas de resistência dos furos periféricos (mm)	Densidade de carga linear (g/m)
Rocha dura	400~500	400	350~400
Rocha meio dura	400~450	400	200~250
Rocha branda	350~400	350	70~120

NOTA O diâmetro do furo de sondagem deve estar entre 40 mm e 50 mm. O diâmetro do cartucho deve estar entre 20 mm e 25 mm.

Apêndice D (Informativo)

Combinação entre aparafusamento e gunitagem de túneis

D.1 O tipo de combinação entre aparafusamento e gunitagem deve ser determinado por observação da tensão no local, de acordo com as características das rochas circundantes, dimensão da secção e métodos de construção.

D.2 Seleção do material e tipo de parafuso de ancoragem.

- a) O material do parafuso deve ser de aço silico-manganês n.º 20 ou aço n.º 5;
- b) De preferência, devem ser utilizados parafusos de aço com cimento e gunita. Também podem ser utilizados parafusos de cunha e ranhura, parafusos de expansão ou parafusos de resina de ancoragem, de acordo com as condições de construção.

D.3 Parâmetros e disposição dos parafusos de ancoragem

- a) Os parâmetros dos parafusos de ancoragem devem ser determinados por analogia de engenharia ou ensaios de acordo com as condições de construção. Geralmente, podem ser referidos os seguintes requisitos:
 - 1) A profundidade do parafuso de ancoragem da unidade deve ser de 1,5 m a 3,5 m. A distância deve ser 1/2 da profundidade do parafuso de ancoragem e não deve ser superior a 1,5 m. A força de ancoragem de um único parafuso de ancoragem não deve ser inferior a 50 kN. Os parafusos de ancoragem dispostos localmente devem ser ancorados num maciço rochoso estável. A profundidade e a distância devem ser determinadas de acordo com a situação prática.
 - 2) Os parafusos de ancoragem profunda com comprimento superior a 5 m e cabos de ancoragem pré-tensionados devem ser especialmente projectados em conjunto com os suportes permanentes.
 - 3) Geralmente, o diâmetro do parafuso de ancoragem está entre 16 mm e 25 mm;
- b) Os parafusos de ancoragem devem ser dispostos de maneira a formar um grande ângulo com os principais planos estruturais das rochas. Se não houver um plano estrutural óbvio, os parafusos de ancoragem podem ser perpendiculares às curvas de nível periféricas;
- c) Os parafusos de ancoragem podem ser combinados com barras de aço, aço de secção ou rede metálica, de forma a evitar a queda de rochas, e as dimensões da rede devem ser de 50 mm x (50-80) mm x 80 mm.

D.4 A montagem de redes metálicas ou redes de barras de aço deve cumprir os seguintes requisitos:

- a) As redes metálicas devem ser colocadas na superfície da rocha e a folga não deve ser inferior a 30 mm;
- b) As dimensões da rede metálica utilizada no betão projectado devem ser de 200 mm x (200-300) mm x 300 mm. O diâmetro da barra de aço deve ser de 4 mm a 10 mm;

- c) As redes metálicas devem estar firmemente ligadas aos parafusos de ancoragem.

D.5 A verificação dos parafusos de ancoragem deve cumprir os seguintes requisitos:

- a) Os parafusos de ancoragem de cunha e ranhura devem ser novamente apertados 24 horas após a montagem, e o posto de trabalho deve ser verificado regularmente;
- b) A força de ancoragem do parafuso de ancoragem pode ser verificada por amostragem (colher três amostras de cada grupo contendo 300 parafusos de ancoragem. Se houver alterações no estado das rochas circundantes ou da matéria-prima, deve ser testado outro grupo de amostras). A taxa de amostragem não deve ser inferior a 1%. O valor médio não deve ser inferior ao valor de projecto. O valor médio de qualquer grupo de amostragem não deve ser inferior a 90% do valor de projecto;
- c) Durante a construção, deve ser verificada, respectivamente, a posição, direcção, profundidade, diâmetro do furo, qualidade da limpeza, propriedades da argamassa e compacidade da gunitagem.

D.6 A montagem dos parafusos de ancoragem da argamassa deve cumprir os seguintes requisitos:

- a) Argamassa:
 - 1) Deve ser utilizada areia média fina com um diâmetro máximo não superior a 3 mm.
 - 2) Deve ser utilizado cimento Portland ordinário com um grau de resistência superior a 32,5.
 - 3) A relação de peso entre o cimento e a areia deve ser entre 1: 1 e 1: 2 e a relação água-cimento deve ser entre 0,38 e 0,45;
- b) Instalação:
 - 1) A disposição dos furos de perfuração deve cumprir os requisitos de concepção. O erro da posição do furo não deve ser superior a 200 mm. O erro da profundidade do furo não deve ser superior a 50 mm.
 - 2) Antes da gunitagem, os furos devem ser limpos com ar ou água a alta pressão.
 - 3) A argamassa deve ser misturada uniformemente e utilizada imediatamente após a mistura.
 - 4) A argamassa deve ser aplicada com gunita na sua totalidade por meio de máquinas de gunitagem.
 - 5) Após a montagem, devem ser evitados impactos.

D.7 O material utilizado na gunitagem e as propriedades do material devem cumprir os seguintes requisitos:

- a) O grau de resistência do betão não deve ser inferior a C20;
- b) Deve ser utilizado cimento Portland ordinário de grau não inferior a 32,5;
- c) Deve ser escolhida areia grossa média e cascalho de diâmetro entre 5 mm e 15 mm. Outros requisitos relativos aos agregados devem cumprir o indicado nos pontos 4.5.12 e 4.5.13;
- d) O tempo de presa inicial do agente acelerador não deve ser superior a 5 minutos. Por sua vez, o tempo de presa final não deve ser superior a 10 minutos;
- e) Com base na experiência, a proporção da mistura pode ser determinada de acordo com os seguintes dados:
 - 1) A relação entre o peso do cimento e da areia deve ser de 1: 4 a 1: 4,5.
 - 2) A proporção de areia deve ser entre 45% e 55%.
 - 3) A relação água-cimento deve ser entre 0,4 e 0,5.
 - 4) A proporção de agente acelerador a misturar deve ser entre 2% e 4% da dosagem do cimento.

D.8 O processo de gunitagem deve cumprir os seguintes requisitos:

- a) Antes da pulverização, o revestimento das rochas deve ser lavado e qualquer rocha quebrada fraca deve ser removida;
- b) A pulverização deve ser executada por secções e, geralmente, a distância não deve ser superior a 6 m. A ordem de pulverização deve ser de baixo para cima;
- c) A pulverização seguinte deve ser executada após o conjunto final de betão. Se a pulverização for executada uma hora após o conjunto final, a superfície de betão deve ser lavada com ar e água;
- d) Espessura de pulverização: entre 40 mm e 60 mm para a parede lateral, entre 20 mm e 40 mm para o arco;
- e) O revestimento das faces rochosas deve ser regado e mantido entre 2 horas e 4 horas após a pulverização. Geralmente, a manutenção deve durar entre 7 dias e 14 dias;
- f) O tempo desde a pulverização do betão até ao ciclo seguinte de rebentamento deve ser determinado mediante ensaios e, geralmente, não deve ser inferior a 4 horas. O betão deve ser verificado após o rebentamento. Se houver alguma fissura, os parâmetros do intervalo de tempo do rebentamento ou da explosão devem ser ajustados;

- g) Em condições normais, a recuperação elástica dos arcos é de 20% a 30% e a recuperação elástica das paredes laterais é de 10% a 20%.

D.9 A qualidade da gunite deve cumprir os seguintes requisitos:

- a) A superfície de gunite deve ser plana, lisa e não apresentar falhas, como poros secos, áreas soltas, espaços ociosos, fissuras e barras expostas. Devem ser tomadas medidas correctivas na ocorrência de alguma falha. A espessura de pulverização deve cumprir os requisitos de concepção;
- b) A resistência da gunite deve ser controlada de acordo com os seguintes requisitos:
- 1) Deve ser colhido um grupo de amostras por 50 m³ de gunite. Deve ser colhido mais um grupo de amostras na ocorrência de alterações na proporção do material ou da mistura. Deve haver três amostras em cada grupo, que devem ser colhidas uniformemente.
 - 2) A resistência média à compressão não deve ser inferior à resistência padrão de concepção. A resistência média de qualquer grupo de amostras não deve ser inferior a 85% da resistência padrão de concepção.
 - 3) As amostras devem ser colhidas mediante o método de corte.

Apêndice E

(Informativo)

Carga calculada das armações e suportes comuns

E.1 A ponderação das armações e suportes deve ser determinada de acordo com os desenhos de projecto. O peso da madeira por volume unitário pode ser calculado da seguinte forma: para coníferas 6 kN/m³, incluindo larícios 8 kN/m³, e folhosas 8 kN/m³.

E.2 A ponderação da barra de aço deve ser determinada de acordo com os desenhos de projecto. Geralmente, o betão armado de estruturas de chapa e vigas por metro cúbico pode ser calculado como 1,1 kN/m³ para chapas e 1,5 kN/m³ para vigas.

E.3 A ponderação do betão fresco deve ser calculada como 24 kN/m³.

E.4 Carga de pessoas e máquinas de transporte: ao calcular as armações ou as vigas secundárias que suportam a armação directamente, a carga uniforme é de 2,5 kN/m² e deve ser utilizada uma carga concentrada de 2,5 kN para cálculos de verificação. Comparar os momentos de flexão nos dois cálculos e adoptar o momento mais abrangente. Ao calcular os membros que suportam vigas secundárias directamente, a carga viva uniforme é de 1,5 kN/m². Ao calcular as colunas de suporte e outros membros de suporte, a carga viva uniforme é de 1,0 kN/m².

E.5 Tanto as cargas horizontais como verticais causadas pela vibração do betão devem ser de 1,0 kN/m².

E.6 A pressão lateral do betão fresco sobre a estrutura: ao utilizar um vibrador de imersão, a pressão lateral pode ser calculada de acordo com a fórmula (E.1):

$$P = 8 + 24Kv^{\frac{2}{3}} \quad \dots\dots\dots (E.1)$$

em que

P é a pressão lateral do betão sobre a estrutura, em KN/m²;

K é o coeficiente de correcção da temperatura, pode ser consultado no Quadro E.1;

v é a velocidade de moldagem do betão, em m/h.

O gráfico de distribuição calculada da pressão lateral é apresentado na Figura E.1;

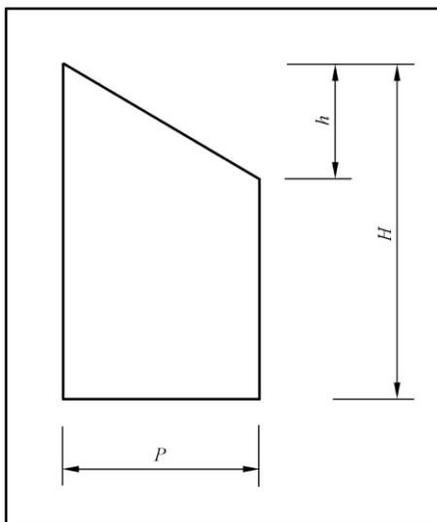


Figura E.1 Plano do esquema de cálculo da pressão lateral

em que

H é a espessura da camada de betonagem no estado líquido, em m;

h é a $h = \frac{P}{y}$;

Y é a densidade aparente do betão, considerar 24 kN/m^3 .

Quadro E.1 Coeficiente K de correcção da temperatura

Temperatura (°C)	5	10	15	20	25	30	35
K	1,53	1,33	1,16	1,00	0,86	0,74	0,65

NOTA A temperatura aqui representa a temperatura do betão. Em condições normais, o que significa que não são tomadas medidas para alterar a temperatura do betão quando é vertido sobre a armação, a temperatura ambiente no momento de moldagem do betão pode ser utilizada como temperatura.

E.7 Para cargas dinâmicas horizontais causadas pela colocação de betão, é possível consultar o Quadro E.2.

Quadro E.2 Carga dinâmica horizontal

Unidade: kN/m^2

Método de colocação do betão na estrutura	Acção da carga horizontal sobre a estrutura lateral
Saída directa dos tambores rotativos com canal de escoamento ou condutas de betão	2
Vertido por contentores de transporte de capacidade é inferior a $0,2 \text{ m}^3$	2
Vertido por contentores de transporte de capacidade está entre $0,2 \text{ m}^3$ e $0,8 \text{ m}^3$	4
Vertido por contentores de transporte de capacidade superior a $0,8 \text{ m}^3$	6

Apêndice F

(Informativo) Métodos de cálculo da resistência média do betão $m_{f_{cu}}$, desvio padrão $S_{f_{cu}}$ e taxa de garantia da resistência P

F. 1 Resistência média

Resistência média $m_{f_{aj}}$ - Valor próprio da resistência geral, que representa o valor médio aritmético da resistência à compressão de n grupos de amostras de betão com o mesmo grau de resistência:

$$m_{f_{cu}} = \frac{\sum_{i=1}^n f_{cu,i}}{n} \dots\dots\dots (F.1)$$

em que

$m_{f_{cu}}$ é a resistência média de n grupos de amostras, em MPa;

$f_{a,,}$ é a resistência à compressão média de cada grupo de amostras, em MPa;

n é o número de grupos de amostras.

F.2 A fórmula de cálculo do desvio padrão σ à resistência do betão do lote de aceitação é a mesma que a fórmula de cálculo de σ . Todos são calculados de acordo com a fórmula (F.2):

$$\sigma_0(\sigma) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n f_{cu,i}^2 - nm_{f_{cu}}^2}{n-1}} \dots\dots\dots (F.2)$$

em que

$f_{a,,}$ é o valor da resistência do grupo i amostras, em MPa;

$m_{f_{cu}}$ é a resistência média de n grupos de amostras, em MPa;

n é o número de grupos de amostras.

Quando o desvio padrão da resistência à compressão (σ) é inferior a 2,5 MPa, calcular o valor padrão da resistência de concepção do betão ($f_{cu,k}$) >C20, e σ <2,0 MPa, então deve considerar-se $\sigma = 2,0$ MPa; Ao calcular o valor padrão da resistência de concepção do betão ($O < X20$, e $\sigma < 1,5$ MPa, então deve considerar-se $\sigma = 1,5$ MPa.

F.3 Taxa de garantia da resistência P

a) Cálculo do coeficiente de garantia da resistência t

$$t = \frac{m_{f_{cu}} - f_{cu,k}}{\sigma} \dots\dots\dots (F.3)$$

em que

t é o coeficiente de grau de probabilidade;

$m_{f_{cu}}$ é a resistência média das amostras de betão, em MPa;

$f_{cu,k}$ é o valor padrão da resistência de concepção do betão, em MPa;

σ é o desvio padrão da resistência do betão, em MPa;

b) A relação entre a taxa de garantia P e o coeficiente de grau de probabilidade T pode ser vista no Quadro F.1 e na Figura F.1.

Quadro F.1 Relação entre taxa de garantia e coeficiente de garantia

Coeficiente de garantia	0,60	0,70	0,80	0,842	0,95	1,04	1,282	1,50	1,645	2,0	3,0
Taxa de garantia P (%)	73	76	79	80	83	85	90	93,3	95	97,5	99,9

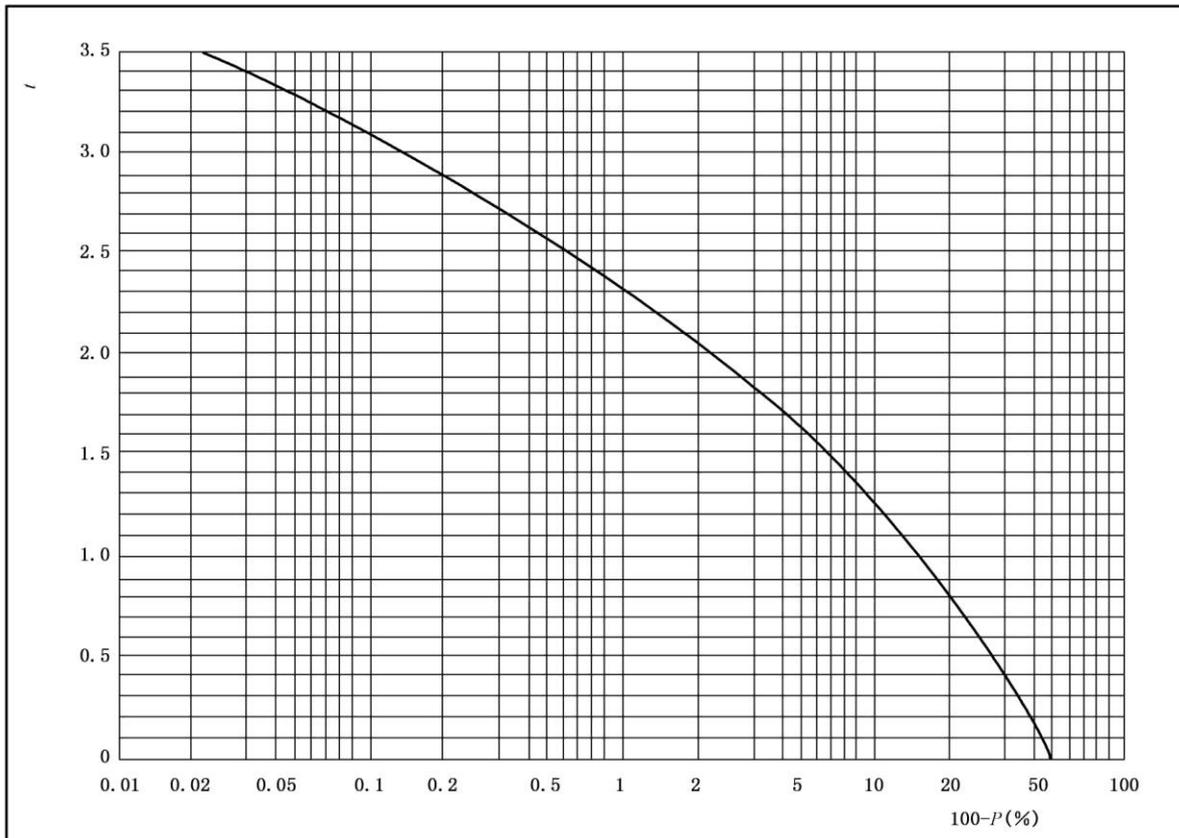


Imagem F.1 Relação entre o coeficiente do grau de probabilidade (t) e a taxa de garantia (P)