

Plano e Procedimento da Garantia de Qualidade para Projecto de Engenharia

Obras da perfuração de túnel

1. Generalidades e Campo de Aplicação

O conteúdo do presente capítulo aplica-se a obras da perfuração de túnel. É utilizado um método de escavação subterrânea de forma mecanizada, com o auxílio de cabeça de corte frontal para trabalhos de corte na camada de solo de frente, empurrado pelo macaco instalado na parte traseira para exercer pressão para avançar, à medida os resíduos são transportados até a parte traseira exterior do túnel. Para a construção da estrutura do túnel, é utilizado betão como material principal para a construção de painéis em betão pré-fabricado por segmentos dentro da tuneladora.

A garantia de qualidade de obras da perfuração de túnel consiste em seguintes procedimentos básicos:

- ✓ Teste do segmento do betão pré-fabricado e revestimento impermeável;
- ✓ Teste do sistema de fixação com parafusos do segmento do túnel;
- ✓ Teste de juntas de borracha de segmento do túnel;
- ✓ Estudo geológico e hidrológico do solo da obra;
- ✓ Inspeção do melhoramento do solo;
- ✓ Fiscalização do trabalho de perfuração;
- ✓ Inspeção de rejuntamento após montagem de painéis;
- ✓ Inspeção da selecção, produção e montagem da tuneladora.

Todos os requisitos mencionados devem estar de acordo com os requisitos do projecto e relevantes normas.

2. Requisitos dos Documentos de Garantia de Qualidade em Projectos de Obras

Os documentos abaixo referidos devem ser submetidos para fim de aprovação ou de registo para cada etapa de execução de obras da perfuração de túnel .

Fase antes de execução

- ✓ Relatório da investigação geológica e hidrológica do solo, e plano de teste do relativo solo/rocha;
- ✓ Registo das condições e medidas de protecção de edificações adjacentes incluindo plano de monitorização (pressão da água, deslocamento e assentamentos) e planos de protecção ambiental;
- ✓ Informações sobre equipamentos de execução, incluindo selecção do modelo da tuneladora, especificações técnicas e registos de recepção;
- ✓ Plano de execução, incluindo a produção e montagem da tuneladora; transporte até a obra, armazenamento, organização e colocação na obra de cada material e equipamentos; procedimentos de execução; controlo de qualidade; monitorização de execução, inspecção

- do nível de água subterrânea; medidas de protecção e de resposta a emergências ;
- ✓ Informações técnicas e relativos relatórios do material, incluindo material do betão, barras de aço, massa de enchimento, lama da parede de retenção, sistema de fixação com parafusos nos painéis, juntas de borracha, revestimento impermeável, etc. Os detalhes dos materiais podem ser consultado no Plano e Procedimento de Garantia da Qualidade de Betão Armado;
- ✓ Plano de inspecção do túnel deve incluir informações sobre a entidade do teste e recepção.

Durante a fase de execução e de recepção

- ✓ Registos e relatórios de testes de materiais;
- ✓ Registos de execução na obra, incluindo:
 - Registos de execução e inspecção do túnel;
 - Registos de execução e inspecção da montagem de painéis;
 - Registos de execução e inspecção de rejuntamento após montagem de painéis.
- ✓ Relatório de inspecção no local de obra;
- ✓ Registos do transporte e armazenamento dos materiais;
- ✓ Registos de monitorização do ambiente;
- ✓ Telas finais em plantas do túnel.

3. Inspeção, Ensaio e Recepção

Os itens para a inspeção de obras da perfuração de túnel representam-se no quadro seguinte:

Quadro dos Itens para Inspeção de Obras da Perfuração de Túnel							
Objectivos	Localização		Controlo de Execução	Controlo de Material	Frequência da Inspeção Recomendada	Norma a Cumprir	Nota
	Horizontal	Elevação					
Itens para Inspeção							
Estudo preliminar ¹	✓	✓	✓		100%	a, b	
Levantamento topográfico ²	✓	✓	✓		100%	a, b, f	
Monitorização da segurança de edificações adjuacentes ³	✓	✓	✓		100%	b, f	
Conceito técnico do projecto ⁴			✓		100%	b, f	
Montagem do túnel e teste de comprovativo da qualidade na fábrica ⁵			✓	✓	100%	b, f	
Recepção do túnel ⁶			✓		100%	e, f	
Produção e recepção dos painéis ⁷				✓	100%	b, d, f	
Execução do trabalho de escavação ⁸	✓	✓	✓		100%	b, f	
Montagem de painéis ⁹			✓		100%	b, f	
Rejuntamento após montagem de painéis ¹⁰			✓	✓	100%	b, f	
Impermeabilização do túnel ¹¹			✓	✓	100%	b, c, f	
Transporte e armazenamento do material			✓	✓	100%	b, f	
Protecção ambiental			✓		Se necessário	f	

Nota: Itens para inspeção

1 – Estudo preliminar

Deve ser realizado um estudo preliminar para as características geológicas e hidrogeológicas antes de execução. Caso for preciso, deve ser realizado uma investigação geológica.

2 – Levantamento topográfico

O trabalho do levantamento topográfico inclui: levantamento topográfico do solo, de interface, do túnel, da escavação do túnel, de penetração. Deve ser seguido requisitos indicados nos cadernos de encargos ou projecto; caso não existir requisitos especificados, pode consultar os requisitos do levantamento topográfico, consoante o quadro seguinte de GB50446[5]:

Túnel	Tolerância na penetração horizontal (mm)			Tolerância na penetração vertical (mm)
	L < 4	4 ≤ L < 7	7 ≤ L < 10	
Destinado a metro	100	-	-	50
Tipo autoestrada	100	150	200	70
Ferroviário	100	130	160	50
Subaquático	100	150	-	75
Rodoviário	100	150	200	70
Destinado a transporte de petróleo e gás	100	150	200	70

Nota: L, comprimento de penetração do túnel em (km)

3 – Monitorização de segurança edifícios adjacentes

Deve realizar trabalhos de monitorização para a segurança dos edifícios adjacentes, ductos subterrâneos, estradas, linhas ferroviárias durante a execução.

4 – Conceito técnico do projecto

A concepção e seleção de tuneladora devem ter em consideração a sua aplicabilidade, confiabilidade e económica. A concepção do sistema da tuneladora deve incluir (mas não se limitam a): cabeça de corte, sistema hidráulico de propulsão, equipamento de montagem dos painéis, rosca transportadora, sistema de circulação da lama, dispositivo articulado, sistema de modificação de lama e sistema de rejuntamento, etc. O conceito técnico do projecto e conclusão da reunião com especialistas (se aplicável) devem ser enviados para apreciação.

5 – Montagem do túnel e teste comprovativo da qualidade na fábrica

5.1 Produção de peças do túnel

A entidade de supervisão e controlo de qualidade deve deslocar a fábrica de produção para a inspecção da qualidade dos componentes principais do túnel durante a sua produção, a fim de garantir a qualidade de acordo com os requisitos das especificações técnicas. O empreiteiro deve submeter, periodicamente, documentos abaixo indicados para a apreciação da entidade de supervisão e controlo de qualidade.

- ✓ Registos de aceitação dos componentes principais;
- ✓ Registos e lista de desempacotamento dos equipamentos;
- ✓ Documento comprovativo da qualidade dos produtos;
- ✓ Cópia dos documentos comprovativos da qualidade dos componentes principais, incluindo, mas não limitado a:
 - Componentes principais dos equipamentos de maior dimensão
 - Bombas
 - Caixas de velocidade
 - Motores

5.2 Teste de comprovativo da qualidade da tuneladora realizada na fábrica

A entidade de supervisão e controlo de qualidade deve deslocar a fábrica de produção para a presenciar a realização do teste de comprovativo de qualidade da tuneladora. O empreiteiro deve submeter o plano do teste e amostra do relatório, antes do teste, para a apreciação. O relatório deve incluir mas não limitado a:

- ✓ Estrutura;
- ✓ Cortador;

- ✓ Sistema de propulsão;
- ✓ Compartmento;
- ✓ Equipamento de montagem dos painéis;
- ✓ Transportador;
- ✓ Sistema hidráulico;
- ✓ Sistema de fluído;
- ✓ Sistema de controlo eléctrico;
- ✓ Sistema de segurança;
- ✓ Equipamentos e sistemas auxiliares;

6 – Recepção da tuneladora no local

O empreiteiro deve submeter o plano de montagem no local e a amostra da ficha de teste e recepção para a apreciação antes da realização do trabalho de aceitação da tuneladora. O conteúdo deve incluir mas não limitado a:

- ✓ Estrutura;
- ✓ Cortador;
- ✓ Sistema de propulsão;
- ✓ Compartmento;
- ✓ Equipamento de montagem dos painéis;
- ✓ Transportador;
- ✓ Sistema hidráulico;
- ✓ Sistema de fluído;
- ✓ Sistema de controlo eléctrico;
- ✓ Sistema de segurança;
- ✓ Equipamentos e sistemas auxiliares;

A aceitação do teste e comissionamento deve ser confirmado e assinado pelo engenheiro registado na relativa área profissional na Direcção dos Serviços de Solos e Construção Urbana com a emissão de um relatório de inspecção geral da segurança para utilização da tuneladora e submissão dos formulários A, B, C e D da Direcção dos Serviços para os Assuntos Laborais.

7 – Produção e aceitação dos painéis em segmentos

Deve ser seguido requisitos indicados nos cadernos de encargos ou projecto; caso não existir requisitos especificados, pode consultar os requisitos de CJJ/T164[6] para trabalhos de produção e aceitação dos painéis em segmentos.

8 – Escavação

O processo de escavação consiste em fase de escavação inicial, penetração e recepção. Deve ser utilizado apropriadas técnicas de execução de acordo com as características de cada etapa, considerações de segurança e protecção ambiental. Deve ser seguido requisitos indicados nos cadernos de encargos ou projecto; caso não existir requisitos especificados, pode consultar os requisitos de GB50446[5] para seguintes situações:

- Erosão do solo ou encontro de obstáculo na parte dianteira da tuneladora;
- Ângulo de rolagem da caixa de tuneladora atinge 3°;
- Desvio do eixo longitudinal até a 50mm;
- Discrepância no impulso real e impulso esperado;
- Fissuras ou instalação desalinhada dos painéis em segmentos;
- Anomalias na rejuntamento após a instalação de painéis;
- Anomalias no torque durante escavação;
- Falhas no sistema de energia, sistema de junção e sistema de controlo, etc.

9 – Montagem de painéis

Deve ser garantido a impermeabilidade do material aderida antes da montagem de painéis. O eixo

e a elevação do túnel devem ser controlados durante o processo de montagem. Deve ser seguido requisitos indicados nos cadernos de encargos ou projecto; caso não existir requisitos especificados, pode consultar os requisitos do quadro seguinte de GB50446[5] para pormenores de tolerância e recepção:

Item de inspeção	Tolerância admissível						Inspeção	Freq. de inspeção	
	Túnel destinado a metro	Túnel do tipo autoestrada	Túnel ferroviário	Túnel subaquático	Túnel rodoviário	Túnel destinado a transporte de petróleo e gás		N. de anél	N. de pontos
Qualidade do anél exterior(‰)	±5	±6	±6	±8	±5	±6	Dispositivo de medição da secção Dispositivo de medição electrónica	Cada 10 anéis	-
Qualidade do anél interior (mm)	5	6	6	8	5	8	Medição	Por anél	4 pontos / anél
Qualidade entre anéis(mm)	6	7	7	9	6	9	Medição	Por anél	

10 – Rejuntamento após montagem de painéis

O método de rejuntamento deve ser considerado de acordo com as condições geológicas, estado de assentamento da superfície, requisitos ambientais e desempenho do equipamento, etc.

11 – Impermeabilização do túnel

A impermeabilização do túnel deve incluir a impermeabilização aos painéis, juntas e pontos específicos do túnel. Deve ser seguido requisitos indicados nos cadernos de encargos ou projecto; caso não existir requisitos especificados, pode consultar os requisitos do quadro seguinte de GB50108[17] para trabalhos de impermeabilização do túnel:

Norma a cumprir

a – Regulamento de Fundações [1]

b – GB50446 [5]

c – GB50108 [17]

d – CJJ/T164 [6]

e – Regulamento de Higiene no Trabalho da Construção Civil de Macau - Decreto Lei n.º 44/91/M

f – Especificações Técnicas / Cadernos de Encargos

Inspeção, Ensaio e Recepção (Continuação)

Os itens para ensaio e recepção de obras da perfuração de túnel representam-se no quadro seguinte:

Quadro dos Itens para Ensaio e Recepção de Obras da Perfuração de Túnel							
Itens de Inspeção Método de Ensaio	Levantamento geológico	Material	Produto	Frequência da Inspeção Recomendada	Norma a Cumprir	Critério de Aceitação	Nota
Perfuração geológica	✓			Se necessário	a, m	-	
Material do segmento	Teste de aço ¹	✓		-	b, d, m	i	
	Teste de betão ♦ Análise de mistura ² ♦ Teste de consistência-slump ² ♦ Teste de resistência à compressão ² ♦ Teste do carote de betão extraído ² ♦ Teste de permeabilidade à água ² ♦ Teste da quantidade de íons de cloreto ² ♦ Teste de intrusão de íons cloreto ³	✓		-	c, d, l, m, n, o	ii, iii, iv, v	
	Inspeção dos painéis em segmentos ⁴		✓	Não inferior a 5% do número total de painéis em segmentos no mesmo lote	d, m		
	Inspeção do alinhamento horizontal da montagem ⁵		✓	1 peça em cada 1000 anéis , Inferior a 1000 anéis, contabiliza como fosse 1000 anéis	d, m	iii	
	Teste de vazamento ⁶		✓		d, m	iii	
	Teste de desempenho da resistência à flexão ⁷		✓		d, m	iii	
	Teste de desempenho da resistência ao arrancamento ⁸		✓		d, m	iii	
	Qualidade dimensional ⁹		✓	1 peça em cada 200 anéis , Inferior a 200 anéis, contabiliza como fosse 200 anéis	d, m	iii	
	Espessura da camada protectora de armadura principal		✓	1 peça em cada 15 anéis	k, m	-	

Sistema de fixação com parafusos	Resistência à tracção			✓	1 inspecção em cada conjunto de 3000 da mesma classe	e, m	-	
	Dureza			✓		f, m	-	
	Espessura do revestimento			✓		g, m	-	
	Corrosão por névoa de sal (480h)			✓	1 inspecção para mesma marca	h, i, m	-	
Junta de borracha	Qualidade visual ¹⁰			✓	1 inspecção para cada lote da mesma classe	j, m	-	
	Teste de desempenho físico ¹¹			✓	1 inspecção para cada lote da mesma classe	j, m	-	

Nota: Método de inspecção

1 – Teste de aço

O teste de aço inclui um conjunto de teste/inspecção como inspecção dimensional da barra de aço, seu peso, desempenho de tracção, teste de junta. Deve consultar o plano e procedimento de garantia da qualidade do betão armado para pormenores.

2 – Teste de betão

O teste de betão inclui um conjunto de teste/inspecção como análise de mistura, teste de consistência-slump, teste de resistência à compressão, teste do carote de betão extraído, teste de permeabilidade à água, teste de quantidade de íons de cloreto. Deve consultar o plano e procedimento de garantia da qualidade do betão armado para pormenores.

3 – Teste de intrusão de íons de cloreto

O teste de intrusão de íons de cloreto inclui a determinação do índice de grandeza eléctrica da permeabilidade do íon anticloreto do betão e a determinação do coeficiente de difusão do íon cloreto no concreto.

4 – Inspeção dos painéis em segmentos

Deve ser seguido requisitos indicados nos cadernos de encargos ou projecto; caso não existir requisitos especificados, pode consultar os requisitos do método rebote de CJJ/T164[6] para painéis em segmentos, com uma frequência não inferior a 5% do número total de segmentos do mesmo lote.

5 – Inspeção do alinhamento horizontal da montagem

Deve ser montado com dois ou três anéis, não havendo enchimento durante a montagem. Para painéis em segmento com largura $\leq 2\text{m}$ devem ser montados com dois anéis e segmentos com largura de anel $> 2\text{m}$ devem ser montados com três anéis. Deve ser seguido requisitos indicados nos cadernos de encargos ou projecto; caso não existir requisitos especificados, pode consultar os requisitos da inspecção e desvio admissível de CJJ/T164[6], consoante o quadro seguinte:

No.	Itens para inspecção	Desvio admissível (mm)
1	Diâmetro interno após a formação do anel	± 2
2	Diâmetro externo após a formação do anel	+6, -2
3	Folga circunferencial da junta	0~2
4	Folga longitudinal da junta	0~2

6 – Teste de vazamento

Deve ter rigidez suficiente para auxiliar o teste de vazamento com suporte rígido, dispositivo de fixação transversal, parafusos de aperto e placa de aço de estrutura. Deve ser seguido requisitos indicados nos cadernos de encargos ou projecto; caso não existir requisitos especificados, pode consultar os requisitos do teste e avaliação de CJJ/T164[6], consoante os seguintes:

Componentes a serem reforçados em termos da rigidez.

- De acordo com a velocidade de pressurização de 0,05MPa/min, pressurize a 0,2MPa, estabilize a pressão por 10min, verifique o vazamento do segmento, observe a altura de penetração da lateral e faça um registo;
- Continuar a pressurizar até 0,4MPa, 0,6MPa..., estabilizar a pressão por 10 minutos em cada estágio, até a pressão do projecto, estabilizar a pressão por 2 horas, verificar vazamento do arco interno do segmento, observar a altura de penetração do lado e faça um registo;
- Durante o período de estabilização da pressão, a pressão hidrostática deve ser estável e, se a pressão da hidrostática descer, deve ser reabastecida a tempo no fim de garantir que o valor da pressão hidrostática conforme especificada;
- Caso houver vazamento de água devido à falta de compacidade da junta de borracha durante a inspecção de vazamento dos painéis em segmentos, deve considerar o resultado como negativo e o teste de ser repetido.

Critério de avaliação:

Depois de estabilizar a pressão por 2 horas sob a pressão de impermeabilidade do projecto, se não houver vazamento de água na superfície do arco interno do segmento e a altura de infiltração de água na lateral não exceder 50 mm, deve considerar o resultado do desempenho de impermeabilidade como positivo.

7 – Teste de desempenho da resistência à flexão

Deve ser seguido requisitos indicados nos cadernos de encargos ou projecto; caso não existir requisitos especificados, pode consultar os requisitos do teste e avaliação do desempenho da resistência à flexão de CJJ/T164 [6], consoante o quadro seguinte:

O teste de desempenho da resistência à flexão deve ser realizado com o aumento de carga para cada classe com uma duração não inferior a 5min, de acordo com o seguinte quadro:

	Classe 1	Classe 2	Classe 3	Classe 4	Classe 5	Classe 6	Classe 7
Valor de aumento de carga por níveis	20%	20%	20%	20%	10%	5%	5%
Valor de aumento decarga acumulativo	20%	40%	60%	80%	90%	95%	100%

O processamento de dados do teste de desempenho da resistência à flexão de acordo com os requisitos do ponto 5.6.8. de CJJ/T 164 [6].

8– Teste de desempenho da resistência ao arrancamento

Deve ser realizado teste de desempenho da resistência ao arrancamento dos painéis em segmentos com o auxílio do macaco carga. O aumento da carga deve ser seguido ao quadro do teste de desempenho da resistência à flexão (consulte item 7)

9– Qualidade dimensional

Deve ser seguido requisitos indicados nos cadernos de encargos ou projecto; caso não existir requisitos especificados, pode consultar os itens da qualidade visual, requisitos da qualidade e desvio admissível de CJJ/T164[6], consoante o quadro seguinte:

Itens para control da qualidade visual

Ref.	Item	Inspecção	Requisito
1	Item principal	Fissura estrutural	Não é permitido
2		Armadura exposta no interior e exterior do anel	
3		Vazio	
4		Solto	
5		Honeycomb	
6		Fissura não estrutural	0~0.1mm
7	Item geral	Fissura na junta	Comp. da junta não excede a tampa de revestimento, fissura admissível 0~0.2mm
8		Superfície com vazios	Área total de vazios inferior a 5%
9		Inconformidade nas arestas	Reparação exigida
10		Imperfeições nos parafusos	Superfície interna lisa sem imperfeição

Deve ser utilizado um paquímetro com precisão de 0,1mm para itens de inspecção dimensional dos painéis

Ref.	Item	Inspecção	Desvio admissível (mm)
1	Item principal	Largura	±1
2		Espessura	+3, -1
3	Item geral	Espessura do revestimento da armadura de aço	±5

10 - Qualidade visual da junta de borracha

Deve ser seguido requisitos indicados nos cadernos de encargos ou projecto; caso não existir requisitos especificados, pode consultar os itens da qualidade visual incluindo bolhas de ar, impurezas, defeitos nas juntas, imperfeições, excentricidade do orifício central, etc de GB18173.4 [14], consoante o quadro seguinte:

Defeito	Requisito	
	Superfície de serviço*	Superfície geral
Bolhas de ar	Não é permitido a existência de 3 bolhas por metro com diâ. entre 0.5~1mm	Não é permitido a existência de 4 bolhas por metro com diâ. entre 0.5~2mm
Impurezas	Não é permitido a existência de 3 pontos de impurezas por metro com área. entre 2~7mm ²	Não é permitido a existência de 3 pontos de impurezas por metro com área. entre 4~8 mm ²
Defeitos nas	Não é permitido a existência de 2	Não é permitido a existência de 4

Defeito	Requisito	
	Superfície de serviço*	Superfície geral
juntas	pontos de saliências por metro com altura superior a 1~1.5mm para defeitos de fissuras e perda de rigidez	pontos de saliências por metro com altura superior a 1~1.5mm para defeitos de fissuras e perda de rigidez
Imperfeições	Não é permitido a existência de 2 pontos de imperfeições por metro com profundidade superior a 0.5mm e 3~8mm ² em área	Não é permitido a existência de 4 pontos de imperfeições por metro com profundidade superior a 1mm e 5~10mm ² em área
Excentricidade do orício central	Diferença entre as partes simétricas ao redor do furo não deve exceder a 1mm	
*Superfície de serviço refere-se à superfície de contacto entre junta dos painéis		

11 - Teste de propriedades físicas da junta de borracha

Deve ser seguido requisitos indicados nos cadernos de encargos ou projecto; caso não existir requisitos especificados, pode consultar os itens e critérios do teste de propriedades físicas da junta de borracha de GB18173.4 [14], consoante o quadro seguinte:

Item		Critério		
		Neoprene	EPDM	
Dureza - Shore A(graus)		50~60	Tipo I ^a	Tipo II ^b
			50~60	60~70
Desvio da dureza(graus)		±5	±5	±5
Resistência à tracção(MPa)		≥10.5	≥9.5	≥10
Taxa de alongação até à ruptura (%)		≥350	≥350	≥330
Deformação permanente (%)	70'c x 24-02 h, 25%	≤30	≤25	≤25
	23'c x 72-02 h, 25%	≤20	≤20	≤15
Envelhecimento devido a ar quente 70'c x 96 h	Mudança de dureza(graus)	≤8	≤6	≤6
	Taxa de redução da resistência à tracção(%)	≤20	≤15	≤15
	Taxa de redução de alongação até à ruptura (%)	≤30	≤30	≤30
Grau de protecção contra mofo		Não inferior a classe II		
a. Tipo I - junta não porosa.				
b. Tipo II - junta porosa.				

As propriedades físicas de junta de borracha intumescível em água são as seguintes:

Item		Critério de aceitação	
Dureza- Shore A(graus)		42±10	45±10
Desvio de dureza (graus)		≥3.5	≥3
Taxa de alongação até à ruptura (%)		≥450	≥350
Taxa de expansão de volume (%)		≥250	≥400
Teste de imersão repetida	Resistência à tracção (MPa)	≥3	≥2
	Taxa de alongação até à ruptura (%)	≥350	≥250
	Taxa de expansão de volume (%)	≥250	≥300
Dobra em baixa temperatura (-20'c 2h)		Sem fissuras	

Norma a cumprir

- a - Regulamento de Fundações [1]
- b - Norma de Aços para Armaduras Ordinárias , Decreto Lei 64/96/M[2]
- c - Regulamento de Estruturas de Betão Armado e Pré-esforçado , Decreto Lei 42/97/M [3]
- d - CJJ/T164 [6]
- e - GB/T228.1 [9]
- f - GB/T3098.1 [10]
- g - GB/T4956 [11]
- h - GB/T10125 [12]
- i - GB/T1771 [13]
- j - GB18173.4 [14]
- k - GB 50204 [15]
- l - GB50010 [16]
- m - Especificações técnicas / Cadernos de encargos
- n - DB44/T 566 [18]
- o - GB/T 50476 [19]

Critério de Aceitação:

- i - Consulte os requisitos das normas de aço armado de aço laminado a quente e requisitos do projecto.
- ii - Consulte os requisitos da norma de betão e requisitos do projecto
- iii - Consulte os requisitos de CJJ/T164 [6]
- iv- Deve seguir o quadro seguinte para a determinação do teor de íons de cloreto no betão:

Teor máximo de cloreto na mistura de betão

Uso final do betão	Máximo teor de cloretos (em relação à massa de materiais cimentíticos)
Betão simples	1.00%
Betão armado (ou contendo outros dispositivos de metal incorporados)	0.20% (classe de exposição 1 & 2) 0.10% (classe de exposição 3)
Betão pré-esforçado	0.06% (classe de exposição 1, 2 & 3)

Máximo teor de cloreto no betão endurecido

Uso final do betão	Máximo teor de cloretos (em relação à massa de betão)
Betão simples	0.15%
Betão armado (ou contendo outros dispositivos de metal incorporados)	0.03% (classe de exposição 1 & 2) 0.015% (classe de exposição 3)
Betão pré-esforçado	0.009% (classe de exposição 1, 2 & 3)

v – Quanto à determinação do desempenho do betão contra a intrusão de íons cloreto, devem ser atendidos os requisitos do quadro a seguir:

Penetrabilidade de íões cloreto no betão com base na carga passada (na idade de 56d, C)

Período de serviço do projecto	100 anos		70 anos		50 anos	
Classe de exposição	Moderada, severa	Muito severa, extremo	Moderada, severa	Muito grave, extremo	Moderada, grave	Muito grave, extremo
Carga passada em 6 horas	<950	<800	<1100	<800	<1350	<950

Resistência do betão ao índice de migração do ião cloreto, DRCM (na idade de 28 dias, 10-12m2/s)

Período de serviço do projecto	100 anos		70 anos		50 anos	
Classe de exposição	Moderada, grave	Muito grave, extremo	Moderada, grave	Muito grave, extremo	Moderada, grave	Muito grave, extremo
Índice de migração do ião cloreto	≤ 6	≤ 4	≤ 7	≤ 4	≤ 10	≤ 6

4. Regulamentos citados / Documentos técnicos de referência

- [1] 法令第 47/96/M 號，地工技術規章，澳門政府
- [2] 法令第 64/96/M 號，鋼筋混凝土用熱軋鋼筋標準，澳門政府
- [3] 法令第 42/97/M 號，混凝土標準，澳門政府
- [4] GB/T50299《地下鐵道工程施工品質驗收標準》
- [5] GB50446《盾構法隧道施工及驗收規範》
- [6] CJJ/T164《盾構隧道管片品質檢測技術標準》
- [7] GB/T22082《預製混凝土襯砌管片》
- [8] GB/T5782《六角頭螺栓》
- [9] GB/T228.1《金屬材料拉伸試驗》
- [10] GB/T3098.1《緊固件機械性能螺栓螺釘和螺柱》
- [11] GB/T4956《磁性基體上非磁性覆蓋層厚度測量磁性法》
- [12] GB/T10125《人造氣氛腐蝕試驗鹽霧試驗檢測標準》
- [13] GB/T1771《色漆和清漆耐中性鹽霧性能的測定》
- [14] GB18173.4《高分子防水材料第 4 部分：盾構法隧道管片用橡膠密封墊》
- [15] GB50204《混凝土結構工程施工品質驗收規範》
- [16] GB50010《混凝土結構設計規範》
- [17] GB50108《地下工程防水技術規範》
- [18] 抗海水腐蝕混凝土應用技術導則，DB44/T 566
- [19] 混凝土結構耐久性設計規範，GB/T 50476