

Procedimentos de Aprovação e Recepção

DMC – Departamento de Materiais de Construção	
Elementos de Estacas de tipo PHC	Document no. ARP/DMC/017
	Date: 2025-10-13
	Page no. 1 of 10

1 Norma de referência

As normas de referências são GB 13476-99, JIS A5337-95, BS EN 12504-1:2009, JC/T 947-2005, Regras de Certificação para Estacas de Betão Pré-Esforçado de Alta Resistência.

2 Procedimento de aprovação

2.1 Definições

- Elemento de estaca PHC
Componente elementar de estaca cilíndrica, vazada interiormente, pre-fabricado com betão pré-esforçado de alta resistência, centrifugado, com uma resistência de betão especificada de 80 MPa, e incluindo chapas de aço nas suas extremidades para facultar ligação soldada entre elementos.
- Ensaio de resistência à flexão
Incluindo momento de fendilhação e momento último.
- Modelo de elemento de estaca
Elementos de estaca do mesmo tipo, com o mesmo diâmetro e espessura, independentemente do seu comprimento.
- “Tipo” de elemento de estaca
Classificação dos elementos de estaca, de acordo com o valor especificado para o seu momento limite de fendilhação e momento último, por flexão.
- Lote
Quantidade de elementos de estaca, do mesmo modelo, entregue no local de obra e submetida para recepção.
- Unidade de inspeção
O número de estacas por lote de inspeção de dez, com um intervalo de produção não superior a três meses.

2.2 Aprovação do fabricante

2.2.1 Fabricantes certificados pelo LECM

Os fabricantes com o Sistema de Controlo de Produção da fábrica certificado pelo LECM são considerados aprovados para fornecimento de elementos de estaca em Macau, quando as seguintes condições forem satisfeitas. A informação permanente sobre o estado atual de todos os fabricantes certificados encontra-se acessível no site do LECM.

- a) Composição da mistura de betão, origem dos materiais constituintes, certificação válida, resultados de ensaios de resistência à flexão dos elementos de estaca para cada modelo e tipo de elemento de estaca a ser utilizado no projeto, não mais antigos que seis meses, realizados por um laboratório de ensaios reconhecido.

Procedimentos de Aprovação e Recepção

DMC – Departamento de Materiais de Construção	
Elementos de Estacas de tipo PHC	Document no. ARP/DMC/017
	Date: 2025-10-13
	Page no. 2 of 10

- b) Os fabricantes devem ter organizado uma inspeção à fábrica pelo LECM nos três meses anteriores e submeter relatórios de ensaios de amostragem de matéria prima cobrindo as propriedades físicas e químicas dos agregados, fio espiral e cordões de pré-esforço. Apenas se os resultados dos ensaios cumprirem os requisitos é que a sua qualificação de fornecimento será aprovada.

2.2.2 Fabricantes não certificados pelo LECM

Os fabricantes desejando fornecer a Macau os modelos e tipos de elementos de estaca a serem utilizados num projeto devem adoptar o seguinte procedimento para a necessária aprovação:

2.2.2.1 Deverá ser submetida, para verificação, a seguinte informação relativa aos modelos e tipos de elementos de estaca:

- a) Catálogo referente às estacas PHC produzidas na fábrica proponente;
- b) Informação relativa ao sistema de controlo de produção da fábrica, nomeadamente:
- manual de controlo e a documentação de controlo relacionada;
 - informação técnica sobre os a origem dos matérias-primas e os resultados mais recentes dos ensaios correspondentes;
 - resultados de ensaios de produto e plano de ensaios;
 - instalações laboratoriais, procedimentos de ensaios realizados, assim como certificados de calibração de todos os equipamentos de teste.
- c) Sumário estatístico relativo a:
- resultados de resistência à compressão de betão, e
 - resultados de ensaios de resistência à tração de fio espiral e cordões de pré-esforço.

Para os últimos seis meses, incluir no mínimo a frequência de ensaios, os valores médios, o desvio padrão, os valores máximos e mínimos dos resultados de ensaio. A conformidade com as exigências específicas do produto, deverá ser demonstrada.

- d) Resultados de ensaios de resistência à flexão dos elementos de estaca (incluindo verificação do momento de fendilhação e do momento último), para cada modelo e tipo de elemento de estaca a ser utilizado no projeto, executados há pelo menos três meses, realizados por um laboratório de ensaios reconhecido ou realizados na fábrica sob supervisão de uma instituição reconhecida, devendo neste caso também submeter o seguinte:

Procedimentos de Aprovação e Recepção

DMC – Departamento de Materiais de Construção	
Elementos de Estacas de tipo PHC	Document no. ARP/DMC/017
	Date: 2025-10-13
	Page no. 3 of 10

- método de ensaio;
- lista de equipamento de ensaio utilizado e cópia dos certificados de calibração;
- relatório preparado pelo laboratório responsável pela execução ou supervisão do ensaio;
- qualificação do laboratório responsável pela execução ou supervisão do ensaio.

e) Resultados de ensaios e determinações relativas a:

- teor de álcali dos cimentos,
- reactividade potencial de inertes com os álcalis dos cimentos e,
- teor de cloretos da areia do rio,

Estas determinações ou ensaios deverão ter sido executadas há menos de um mês, constituindo informação suplementar para avaliação da qualidade da matéria-prima utilizada no elemento de estaca PHC. Estes ensaios deverão ter sido executados por um laboratório de ensaios reconhecido e os seus resultados deverão respeitar a Norma de Betões de Macau.

2.2.2.2 Após a submissão da documentação, deve ser organizada uma visita do LECM à fábrica, a fim de verificar a implementação do Sistema de Controlo de Produção da fábrica, a competência técnica e de qualidade para o regulamento. Nos casos em que a fábrica tenha sido inspeccionada para idêntico efeito e aprovada recentemente e não haja evidência de grandes modificações no seu Sistema de Controlo de Produção, então não se justificaria a execução de nova visita; durante a inspeção, devem ser realizados ensaios de resistência à compressão do betão e resistência à flexão de cada modelo e tipo de elemento de estaca, e devem ser amostrados agregados, fio espiral e cordões de pré-esforço para ensaios de propriedades físicas e químicas. O fornecimento só pode ser aprovado após os resultados dos ensaios cumprirem os requisitos.

3 Procedimentos de recepção

Após aprovação do fabricante, devem ser executados ensaios de recepção nos elementos de estaca fornecidos e destinados a serem usados na obra.

3.1 Ensaios de recepção

3.1.1 Os ensaios de recepção são de três aspetos diferentes, como se descreve seguidamente:

Procedimentos de Aprovação e Recepção

DMC – Departamento de Materiais de Construção	
Elementos de Estacas de tipo PHC	Document no. ARP/DMC/017
	Date: 2025-10-13
	Page no. 4 of 10

- Ensaio de verificação de Momento de Fendilhação: conforme a Norma Chinesa GB 12476-99 ou a Norma Japonesa JIS A5337-95, executado em amostra de dois elementos de estaca.
- Ensaio de Resistência à Compressão do betão e verificação do diâmetro do fio espiral e cordões de pré-esforço: conforme a Norma Britânica BS EN 12504-1:2009, executado em 3 conjuntos de 2 carotes (total de 6 provetes) por cada amostra de elemento de estaca, as carotes deverão ser colhidas perpendicularmente ao comprimento do elemento de estaca a partir de 3 secções transversais; o diâmetro da carote deverá ser de 70 mm para espessura do elemento de estaca inferior a 125 mm e de 100 mm para espessura igual ou superior a 125 mm.
Após terem sido concluídos os ensaios de resistência à compressão do betão, uma carote em cada seis carotes deverá ser fracturada para posterior verificação do diâmetro do fio espiral e cordões de pré-esforço.
- Inspeção visual e verificação de dimensões

Item	Norma / Especificação
Dimensões e aparência dos elementos de estaca PHC	Norma Chinesa GB13476-99 ou Norma Japonesa JIS A5337-95
Aparência das chapas de junta em aço	Norma Chinesa JC/T947-2005
Dimensões e aparência das pontas de aço da estaca	Especificações definidas pelo fabricante do modelo e tipo de elemento de estaca PHC

3.1.2 Para o fabricante certificado pelo LECM, antes da entrega, deverão ser submetidos ensaios de resistência à flexão, com menos de seis meses, realizados por um laboratório de ensaios reconhecido.

Para o fabricante não certificado pelo LECM, os ensaios de resistência à flexão serão executados, como ensaios de recepção, por um laboratório independente e reconhecido ou realizados na fábrica sob a supervisão de uma instituição reconhecida, nas mesmas condições como foi referido em 2.2.2.1 d). A frequência do ensaio é indicada conforme o modelo e tipo de elemento de estaca, como se encontra definido nas Normas Chinesa e Japonesa mencionadas acima; para cada lote de inspeção, deverá ser testada 1 amostra de 2 elementos de estaca para cada modelo e tipo de elemento de estaca.

Procedimentos de Aprovação e Recepção

DMC – Departamento de Materiais de Construção	
Elementos de Estacas de tipo PHC	Document no. ARP/DMC/017
	Date: 2025-10-13
	Page no. 5 of 10

- 3.1.3 Todos os elementos de estaca entregues no local devem ser acompanhados por uma lista de entrega emitida pela fábrica indicando o modelo do elemento de estaca, a identificação do elemento de estaca, a data de fundição e o registo de inspeção visual.

Os elementos de estaca entregues no local deverão ser divididos em lotes de inspeção para realização dos ensaios de resistência à compressão do betão, verificação do diâmetro do fio espiral e cordões de pré-esforço, e inspeção dimensional e visual. A composição de cada lote de inspeção, incluindo também a quantidade de pontas de estaca, deverá ser submetida antes da realização do ensaio de recepção. Para as pontas de estaca não fabricadas pelo fabricante dos elementos de estaca, deverá ser submetido juntamente o certificado de origem do material constituinte. Todos os ensaios deverão ser realizados por um laboratório independente e reconhecido.

A dimensão do lote e a frequência de amostragem são apresentadas na Tabela A para fabricantes certificados pelo LECM e na Tabela B para fabricantes não certificados pelo LECM.

Quadro A – Dimensão do lote e frequência de amostragem

(Aplicável aos fabricantes certificados pelo LECM)

Comprimento total de cada modelo de elemento de estaca usado no projecto (m)	Dimensão do lote (cada lote de inspeção)	Ensaio de resistência à compressão do betão	Inspecção visual de dimensões
< 500	Todos os elementos de estaca	-	10 elementos de estaca e 10% de pontas de estaca com um mínimo de 1 unidade
≥ 500	≤ 200 secções de estaca	0.5% de elementos de estaca	10% de elementos de estaca e pontas de estaca com o mínimo de 10 elementos de estaca e 1 ponta de estaca

Procedimentos de Aprovação e Recepção

DMC – Departamento de Materiais de Construção	
Elementos de Estacas de tipo PHC	Document no. ARP/DMC/017
	Date: 2025-10-13
	Page no. 6 of 10

Quadro B – Dimensão do lote e frequência de amostragem

para as fábricas não certificadas pelo LECM

Comprimento total de cada modelo de elementos de estaca usada na obra (m)	Dimensão do lote (cada lote de inspeção)	Ensaio de resistência à compressão do betão	Inspecção visual de dimensões
< 20,000	≤ 200 secções de estaca	1.5% de elementos de estaca	10% dos elementos de estaca e pontas de estaca com o mínimo de 10 elementos de estaca e 1 ponta de estaca
≥ 20,000	≤ 200 elementos de estaca	1.5% de elementos de estaca para os primeiros 20.000 m e 0.5% para o restante	10% dos elementos de estaca e ponta de estaca, com o mínimo de 10 elementos de estaca e 1 ponta de estaca

3.1.4 Para o fabricante certificado pelo LECM, todos os elementos de estaca entregues no local deverão ser acompanhados por um relatório de ensaio, de desempenho mecânico e de durabilidade para cada unidade de inspeção. Isto deverá incluir ensaios de teor de cloretos do betão endurecido, reatividade álcalis-agregados, ensaio de tração para cordões de pré-esforço e prova de origem para agregados utilizados na unidade de inspeção.

3.1.5 Para o fabricante não certificado pelo LECM, todos os elementos de estaca entregues no local deverão ser acompanhados por um relatório de ensaio de desempenho mecânico e de durabilidade para cada lote de inspeção. Isto deverá incluir ensaios de teor de cloretos do betão endurecido, reatividade álcalis-agregados, ensaio de tração para cordões de pré-esforço e prova de origem para agregados utilizados no lote de inspeção.

3.1.6 Inspeções aleatórias de elementos de estaca e matéria prima poderão ser realizadas durante o período de fornecimento, se exigido pelo projeto ou se surgirem preocupações por parte das partes relevantes.

Procedimentos de Aprovação e Recepção

DMC – Departamento de Materiais de Construção	
Elementos de Estacas de tipo PHC	Document no. ARP/DMC/017
	Date: 2025-10-13
	Page no. 7 of 10

3.1.7 Os elementos de estaca ou pontas de estaca pertencentes a cada lote de inspeção não podem ser utilizados antes da aceitação dos ensaios de recepção.

4 Critério de aceitação

4.1 No que se refere ao ensaio de recepção de Momento de Fendilhação dos elementos de estaca e apenas para fabricantes não certificados pelo LECM, da produção de cada modelo e tipo de elemento de estaca a ser entregue a um projeto específico, amostras deverão ser seleccionadas para teste de acordo com a frequência definida em 3.1.

Qualquer elemento de estaca testado não deverá apresentar sinal de fendilhação quando for atingido o momento de fendilhação especificado. No caso de ambos os elementos de estaca não cumprirem o requisito do teste, toda a produção deste modelo e tipo de elemento de estaca deverá ser rejeitada. No caso em que apenas um dos elementos de estaca testados não satisfizerem, deverão ser ensaiados quatro elementos de estaca adicionais da mesma produção e modelo/tipo. Se qualquer um destes quatro elementos de estaca adicionais não atingir o resultado especificado, toda a produção deste modelo e tipo de elemento de estaca deverá ser rejeitada.

4.2 No que se refere ao ensaio de Resistência à Compressão do Betão e à verificação do diâmetro do fio espiral e cordões de pré-esforço, todas as condições abaixo devem ser verificadas para cada lote de inspeção:

- O valor médio de seis resultados estimados de resistência de cubo em-situ equivalente (determinada como indicado em 4.4) não deve ser inferior ao valor da resistência especificada (80 MPa).
- O resultado estimado de resistência de cubo em-situ equivalente (determinada como indicado em 4.4) em qualquer carote não deve ser inferior a 85% da resistência especificada (68 MPa);
- Para elementos de estaca com diâmetro exterior ≤ 450 mm, o diâmetro dos fios espirais não deverá ser inferior a 4 mm, e o diâmetro dos cordões de pré-esforço deverá cumprir as Regras de Certificação do LECM para Estacas de Betão Pré-Esforçado de Alta Resistência; Para elementos de estaca com diâmetro exterior 500 mm ~ 600 mm, o diâmetro dos fios espirais não deverá ser inferior a 5 mm, e o diâmetro dos cordões de pré-esforço deverá

Procedimentos de Aprovação e Recepção

DMC – Departamento de Materiais de Construção	
Elementos de Estacas de tipo PHC	Document no. ARP/DMC/017
	Date: 2025-10-13
	Page no. 8 of 10

cumprir as Regras de Certificação do LECM para Estacas de Betão Pré-Esforçado de Alta Resistência;

Para elementos de estaca com diâmetro exterior 800 mm ~ 1000 mm, o diâmetro dos fios espirais não deverá ser inferior a 6 mm, e o diâmetro dos cordões de pré-esforço deverá cumprir as Regras de Certificação do LECM para Estacas de Betão Pré-Esforçado de Alta Resistência.

No caso de não cumprimento de todos os requisitos acima, referidos todos os elementos de estaca do mesmo modelo, tipo e data de fundição deverão ser considerados inaceitáveis para o projeto e deverão ser rejeitados. Dois elementos de estaca adicionais do mesmo lote de inspeção, mas de datas de fundição diferentes, deverão ser utilizados para verificação adicional. Se qualquer um destes dois testes não cumprir todos os requisitos acima, todos os elementos de estaca do lote de inspeção deverão ser rejeitados e todos os elementos de estaca do mesmo modelo, tipo e data de fundição deverão ser considerados inaceitáveis para o projeto e deverão ser rejeitados.

Após não conformidade de dois lotes de inspeção consecutivos com os requisitos acima, todos os elementos de estaca do mesmo modelo e tipo deverão ser considerados inaceitáveis para o projeto e deverão ser rejeitados.

- 4.3 No que se refere á Inspeção Visual e verificação de dimensões, todos os elementos de estaca inspeccionados devem satisfazer o seguinte critério de exigências. Qualquer elemento de estaca que não satisfaça este requisito deve ser rejeitado. Dois elementos de estaca adicionais serão inspeccionados, para cada elemento de estaca anteriormente rejeitado.

Item	Norma / Especificação
Dimensões e aparência dos elementos de estaca PHC	Norma Chinesa GB13476-99 ou Norma Japonesa JIS A5337-95
Aparência de chapa de junta em aço	Norma Chinesa JC/T947-2005
Dimensão e aparência da ponta de aço da estaca	Especificações do fabricante dos elementos de estaca PHC

Procedimentos de Aprovação e Recepção

DMC – Departamento de Materiais de Construção	
Elementos de Estacas de tipo PHC	Document no. ARP/DMC/017
	Date: 2025-10-13
	Page no. 9 of 10

4.4 O valor da resistência à compressão, obtido directamente de carotes colhidas nos elementos de estaca, deverá primeiro ser ajustado, tendo em conta a relação entre o comprimento e o diâmetro da carote, e depois convertido a resistência cúbica estimada in-situ (resistência cúbica equivalente in-situ), de acordo com a BS EN 12504-1:2009.

4.4.1 Resistência cúbica equivalente in-situ

4.4.1.1 Para carotes sem armadura: calcula-se o valor estimado da “resistência cúbica equivalente in-situ”, aplicando a seguinte fórmula, e arredondando o resultado para +/- 0,5 N/mm².

$$\begin{array}{l} \text{Resistência} \\ \text{estimada cúbica} \\ \text{equivalente in-situ} \end{array} = \frac{D}{1.5 + \frac{1}{\lambda}} \times \begin{array}{l} \text{Valor da resistência à} \\ \text{compressão obtida directamente} \\ \text{em carotes} \end{array}$$

onde

D - 2,5 para carotes extraídas horizontalmente (para peças prefabricadas: perpendicular à altura quando betonada);

λ - Relação entre o comprimento da carote (após rectificação dos topos) e seu diâmetro.

NOTA: deve ser referido que o valor da resistência cúbica equivalente em-situ, estimada pela fórmula anterior, não pode entendida como valor standard de resistência cúbica.

4.4.1.2 Para carotes contendo armadura perpendicular ao seu eixo: calcula-se o valor estimado da “resistência cúbica equivalente in-situ”, multiplicando o valor da resistência obtida pela fórmula em 7.2.1, pelos seguintes factores.

– para carotes contendo um único varão de armadura:

$$1.0 + 1.5 \frac{\phi_r \cdot d}{\phi_c \cdot \ell}$$

– Para carotes contendo dois varões de armadura, não afastados mais do que o diâmetro do maior varão, só o varão correspondendo ao valor mais alto de $\phi_r \cdot d$ é

Procedimentos de Aprovação e Recepção

DMC – Departamento de Materiais de Construção	
Elementos de Estacas de tipo PHC	Document no. ARP/DMC/017
	Date: 2025-10-13
	Page no. 10 of 10

considerado. Se os varões estiverem mais distantes, seu efeito combinado deve ser considerado, usando o factor:

$$1.0 + 1.5 \frac{\sum \phi_r \cdot d}{\phi_c \cdot \ell}$$

onde

ϕ_r é o diâmetro do varão de armadura;

ϕ_c é o diâmetro da carote;

d é a distância de eixo do varão ao topo mais perto ;

ℓ é o comprimento da carote, após rectificação dos seus topos.

- 4.5 Para matéria prima, é exigida a conformidade com as Regras de Certificação do LECM para Estacas de Betão Pré-Esforçado de Alta Resistência e com as normas indicadas nas normas de referência.