

ENGENHARIA, CONSTRUÇÕES E FERROVIAS S.A.		<b>ESPECIFICAÇÃO DE SERVIÇO DE INFRAESTRUTURA</b>	
TÍTULO:	<b>Obras de Arte Especiais ARMADURA PARA CONCRETO PROTENDIDO</b>	Nº <b>80-ES-028A-11-8005</b>	FOLHA 1 / 9 REV. 0

## 1. OBJETIVO

A presente especificação define os requisitos básicos necessários à execução de Armadura para Concreto Protendido, a ser utilizada em estruturas de concreto nas obras da infraestrutura de vias férreas. São também aqui apresentados os requisitos concernentes a materiais, controle da qualidade, manejo ambiental, critérios de medição e forma de pagamento dos serviços executados.

## 2. FINALIDADE

## 3. REFERÊNCIAS NORMATIVAS

Esta especificação tem como fundamentação técnica as disposições da norma NBR 15645, da Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT, além de critérios julgados cabíveis pela VALEC, os quais prevalecerão sobre os demais.

## 4. PREMISSAS

- As armaduras para concreto protendido devem ter seus componentes especificados em projeto e o sistema a ser adotado previamente aprovado pela fiscalização.
- A contratada deve programar o fornecimento dos materiais (aço duro, ancoragens, bainhas etc.) e a colocação no local da obra dos equipamentos (macacos, bombas de injeção, etc.) com antecedência suficiente para não prejudicar o andamento dos serviços.
- Todos os materiais devem ser transportados e estocados devidamente protegidos do contato com umidade, com produtos químicos e de danos mecânicos durante a sua manipulação.

## 5. MATERIAL

### 5.1 Aço Duro (fio ou cordoalha)

- O aço para protensão é um aço com alto limite elástico, devendo estar de acordo com as características indicadas nas NBR 7482 e NBR 7483 da ABNT.
- O aço deve ser estocado em locais cobertos e ventilados e deve ser protegido contra oxidação mediante a aplicação de óleos solúveis e neutros em relação ao próprio aço. O aço que se apresentar ligeiramente oxidado e que possa ser limpo com um pano seco, pode ser utilizado.
- Qualquer fio de aço com defeito de produção (laminação, modificação no diâmetro, etc...) ou por descuido durante o transporte, estocagem e manipulação (corrosão, danos mecânicos, e outros) ou que apresente qualquer defeito que possa provocar a sua ruptura dos fios da cordoalhas, não é aceito e deve ser substituído.
- O aço duro deve ser fornecido em rolos etiquetados com a indicação detalhada para a identificação do produto (origem, relaxação, bitola, etc.).

ENGENHARIA, CONSTRUÇÕES E FERROVIAS S.A.		<b>ESPECIFICAÇÃO DE SERVIÇO DE INFRAESTRUTURA</b>	
TÍTULO:	<b>Obras de Arte Especiais ARMADURA PARA CONCRETO PROTENDIDO</b>	Nº <b>80-ES-028A-11-8005</b>	FOLHA 2 / 9 REV. 0

## 5.2 Bainha e Purgador

- A bainha utilizada na confecção do cabo de protensão, deve ser de metal galvanizado, corrugada, suficientemente flexível para assumir as curvaturas do cabo e deve ser totalmente impermeável para evitar infiltração de concreto ou nata de cimento durante a concretagem. O tipo de bainha escolhida deve ser aprovado pela fiscalização.
- A bainha deve apresentar resistência contra impactos e ser suficientemente resistentes para não amassar sob o peso do concreto e durante sua manipulação.
- A emenda para bainhas ou a luva de união cone/bainha, deve ser estanque.
- A colocação dos cabos em suas posições definitivas deve ser feita de maneira a evitar furos ou amassamentos nas bainhas, devendo ser reparados os danos que venham a surgir pela incorreta colocação dos mesmos.
- O purgador, que deve ser escolhido em função do tipo de bainha e da fita adesiva usada deve ser de boa qualidade e está sujeito à aprovação da fiscalização.

## 2.3 Cone de Ancoragem

- O cone de ancoragem deve atender, rigorosamente, às especificações do projeto.
- Os cones devem ser bem fixados à forma, conforme indicado no projeto, de modo a não alterar o seu posicionamento quando da confecção dos cabos e da concretagem.
- A ancoragem passiva (morta) pode ser substituída por ativa, por meio de préencunhamento do cabo, desde que autorizado pela fiscalização e às expensas da contratada.

## 6. EXECUÇÃO

### 6.1 Cabo

- O cabo pode ser confeccionado no canteiro da obra e, posteriormente, transportado para sua posição na forma. O cabo pode ser, também, confeccionado diretamente na forma, já em sua posição final conforme projeto, com enfição dos fios ou cordoalhas *a posteriori*, desde que seja utilizada bainha semi-rígida. A referida enfição poderá ser efetuada antes ou após a concretagem da estrutura.
- A contratada deve verificar todas as plantas, especialmente no que diz respeito ao comprimento dos cabos antes do início dos serviços, tendo em vista os comprimentos mínimos necessários aos trabalhos posteriores.
- O cabo deve ser colocado de forma correta, conforme indicado no projeto, não sendo permitidas ondulações, horizontais ou verticais, que infrinjam o traçado original do projeto.
- Antes e durante a concretagem, a posição dos cabos deve ser mantida firmemente, de acordo com o projeto, mediante espaçadores horizontais e verticais ou outros elementos aprovados pela fiscalização.

ENGENHARIA, CONSTRUÇÕES E FERROVIAS S.A.		<b>ESPECIFICAÇÃO DE SERVIÇO DE INFRAESTRUTURA</b>	
TÍTULO:	<b>Obras de Arte Especiais ARMADURA PARA CONCRETO PROTENDIDO</b>	Nº <b>80-ES-028A-11-8005</b>	FOLHA 3 / 9 REV. 0

- e) O cabo deve ser livre de graxa, sujeira e outras substâncias estranhas ao processo.
- f) O fio ou a cordoalha componente do cabeamento deverá ser cortado a frio (esmeril rotativo), com comprimento suficiente, previsto ou observado pela contratada, para a fixação dos macacos de protensão.
- g) No caso de ancoragem mortasm, o dobramento do aço deve utilizar equipamento especial.
- h) Não são permitidas operações de endireitamento dos fios ou cordoalhas sob qualquer pretexto, assim como o uso de aço duro com dobras. No fio e na cordoalha, não são permitidas soldas ou quaisquer emendas. O aço duro deve ser protegido contra aquecimento e respingo de solda.
- i) A colocação dos fios ou cordoalhas na bainha, pode ser feito com arame, desde que tomado o cuidado necessário para não danificar a bainha.
- j) No caso de cabo curvo, o mesmo deve dispor de purgador em cada ponto alto para evitar a formação de bolsas de ar. Do mesmo modo, no caso de cabo comprido, o purgador deve ser previsto, no mínimo, a cada 40m, e ainda nos pontos baixos, evitando assim bolsas de água ou de ar.
- k) Cuidado especial deve ser tomado no ponto de ligação do purgador à bainha, para evitar a infiltração da pasta de cimento durante a concretagem.
- l) Se confeccionado no canteiro da obra, cada cabo deve possuir uma identificação (etiqueta) com a numeração dada pela planta de armação. Todo e qualquer cabo deve ter a indicação do lote do aço que o compõe, para controle de suas características durante a operação de protensão.
- j) O cabo deve ser manipulado e transportado com cuidado, para evitar deformações ou fraturas na bainha metálica.

## 6.2 Protensão

- a) A protensão somente pode ser realizada após as verificações a seguir relacionadas:

- I - resistência do concreto à compressão, medida em ensaio de corpos de prova, a qual deve atingir a percentagem de fck indicada no projeto;
- II - acesso e espaço necessários para a colocação e o curso dos macacos de protensão;
- III - limpeza dos cones fêmeas incorporados ao concreto;
- IV - O macaco hidráulico estar equipado com o manômetro correspondente e aferido para leitura do alongamento. Todo equipamento, tal como, bomba, mangueira, deve estar em bom estado de conservação.

ENGENHARIA, CONSTRUÇÕES E FERROVIAS S.A.		<b>ESPECIFICAÇÃO DE SERVIÇO DE INFRAESTRUTURA</b>	
TÍTULO:	<b>Obras de Arte Especiais ARMADURA PARA CONCRETO PROTENDIDO</b>	Nº <b>80-ES-028A-11-8005</b>	FOLHA 4 / 9 REV. 0

V - A regulagem do manômetro deve ser feita periodicamente, por meio de manômetro padrão, aferido em laboratório a cada vinte operações de protensão, bem como todas as vezes em que haja anormalidade no seu funcionamento.

VI - Durante a operação de protensão, deve-se proibir a passagem ou permanência de pessoal atrás dos macacos ou na vizinhança. A ruptura de fios ou cordoalhas ou uma cravação defeituosa, pode provocar recuo com a extração brusca de cabos e cunhas.

VII - Em caso de se partirem fios ou cordoalhas durante a protensão, ocorrerem rotações ou penetrações das ancoragens fêmeas no concreto, anomalias nas peças machos, fissuras no concreto ou nas placas de ancoragem ou qualquer outra anormalidade prevista ou observada pela contratada, deve ser suspensa a operação e, após tomadas as providências, de acordo com a fiscalização, ser retomada.

VIII) No caso em que haja necessidade de se manter a peça já protendida por algum tempo sem injeção cabos com bainha entupida, por exemplo) devem ser tomadas medidas de precaução contra a eventual oxidação ou corrosão do aço, injetando óleo solúve na mesmal.

IX - Os fios ou as cordoalhas devem ser cortados a frio (esmeril rotativo), após a protensão e a injeção serem aceitas pela fiscalização; o corte deve ser feito no mínimo a 3cm do cone ou como indicado em projeto.

X - A proteção dos cones, uma vez cortados os fios ou cordoalhas, deve ser feita em concreto, com recobrimento das suas pontas, conforme previsto no projeto.

### 6.3 Injeção de Calda de Cimento para Proteção dos Cabos

- O enchimento por injeção de calda de cimento dos vazios entre os fios ou cordoalhas e a parede interna da bainha, tem como finalidade proteger a armadura contra a corrosão e estabelecer a aderência de modo permanente entre a armadura e o concreto estrutural.
- Da qualidade dessa operação depende, essencialmente, a durabilidade da obra. Deve-se ter o cuidado de fabricar um volume de calda suficiente para permitir toda a operação de injeção programada, sem interrupção.
- O intervalo entre a protensão e o início da injeção não deve ultrapassar a 10 (dez) dias.
- O cimento usado deve ser do tipo Portland comum, devendo ser estocado em lugar abrigado e protegido da umidade. O cimento não pode ter idade superior a três semanas e não deverá ser usado cimento que contenha elementos de alto forno.
- O cimento não deve conter cloretos com percentagem superior a 0,2%, nem sulfatos ou elementos que provoquem corrosão no aço. Não devem ser utilizados cimentos "quentes" (na hora da fabricação da calda a temperatura deve ser inferior a 40°C), devendo o mesmo ser previamente peneirado.
- A água utilizada deve ser potável, não contendo elementos que provoquem ou favoreçam a corrosão do aço. O teor de cloreto não deve ser superior a 250 mg/l e não é permitido o uso de água salgada.

ENGENHARIA, CONSTRUÇÕES E FERROVIAS S.A.		<b>ESPECIFICAÇÃO DE SERVIÇO DE INFRAESTRUTURA</b>	
TÍTULO:	<b>Obras de Arte Especiais ARMADURA PARA CONCRETO PROTENDIDO</b>	Nº <b>80-ES-028A-11-8005</b>	FOLHA 5 / 9 REV. 0

g) Os aditivos devem ter as propriedades de:

- reduzir o consumo de água;
- melhorar a fluidez da calda;
- reduzir a sedimentação;
- aumentar a expansão aos valores máximos de 3 a 5%.

h) Fica a critério da fiscalização aceitar o tipo de aditivo a ser usado na calda.

i) A dosagem da calda a ser usada deve ser proposta pela contratada com a devida antecedência e aprovada pela fiscalização, antes do início da injeção.

j) A calda para a injeção deve ser homogênea, misturada mecanicamente, na seqüência água, cimento, aditivos, não apresentar pelotas de cimento nem sedimentação, sendo seu aspecto pastoso, devendo passar por uma peneira com malha de 2mm de abertura.

k) Antes de iniciar a operação de injeção, o cabo deve ser lavado, injetando-se água sob pressão, sendo, a seguir, A aproximação recomendada é suficiente para a avaliação da ordem de grandeza dos deslocamentos elásticos e permanentes no âmbito da carga de ensaio máxima e conseqüentemente do comportamento estrutural da ancoragem.

l) Com estágios de carga menores, as forças de atrito desprezadas podem levar a uma representação errônea dos deslocamentos permanentes, dpp, com ar comprimido. Esta operação serve também como controle caso o cabo esteja obturado. A água para lavagem deve ser da mesma qualidade da água utilizada na confecção da calda.

m) Entupimentos devem ser removidos mediante medidas cabíveis, aprovadas pela fiscalização.

n) Para a injeção, deve ser usada uma bomba elétrica que garanta um fluxo contínuo de calda. A operação de injeção deve ser feita sem grande elevação de pressão.

o) Durante a injeção nos cabos, quando a calda de injeção sair em um purgador com consistência idêntica à da calda de entrada, aquele purgador deve ser bloqueado, continuando-se a injeção até o purgador seguinte, que também será bloqueado e, assim, sucessivamente, até a calda sair na extremidade oposta do cabo. Em caso de cabos longos, quando a injeção necessitar de pressão elevada, pode-se bloquear a extremidade do cabo onde foi iniciada a injeção e prosseguir a injeção nos demais purgadores existentes.

p) Deve ser evitado agrupar muitos tubos plásticos dos purgadores em uma mesma seção da peça.

q) Quando as bainhas de vários cabos estão juntas em uma determinada seção de concreto, ou se estão localizadas a pequena distância umas das outras, a calda de injeção pode penetrar nas bainhas vizinhas, devendo, então, ser previsto um programa de injeção, no qual esses cabos são injetados simultaneamente, ou imediatamente um após outro, antes que a calda que porventura tenha penetrado de uma bainha para a outra, entre em pega.

r) No caso de necessidade de interrupção de uma operação de injeção, deve-se assegurar que as bainhas vizinhas dos cabos já injetados não tenham sido obturados.

ENGENHARIA, CONSTRUÇÕES E FERROVIAS S.A.		<b>ESPECIFICAÇÃO DE SERVIÇO DE INFRAESTRUTURA</b>	
TÍTULO:	<b>Obras de Arte Especiais ARMADURA PARA CONCRETO PROTENDIDO</b>	Nº <b>80-ES-028A-11-8005</b>	FOLHA 6 / 9 REV. 0

- s) Nesses casos, deverá ser feita uma lavagem com água para eliminar a calda que porventura tenha penetrado na bainha.
- t) A injeção de calda nos cabos deve ser efetuada sempre pela extremidade mais baixa.
- u) Deve ser fornecido à fiscalização um relatório de andamento dos serviços contendo: número do cabo, número da peça, traço utilizado na confecção da calda, data de lavagem e injeção, e observações para anotação de qualquer irregularidade.
- v) Nenhum serviço pode ser realizado sem a presença de um representante da fiscalização, devidamente autorizado.

## 7. CONTROLE

### 7.1 Aço Duro e Cordoalha

- a) Todo o aço duro a ser empregado na obra deve ser submetido aos ensaios relacionados a seguir, para verificação de sua concordância com o especificado:
- ensaio de tração, segundo NBR 7484;
  - diagrama tensão-deformação;
  - ensaio de escoamento, definido por uma deformação permanente de 0,2%;
  - tensão e alongamento na ruptura;
  - módulo de elasticidade;
  - ensaio de relaxação, segundo NBR 7484;
  - ensaio de estricção;
  - e de dobramento alternado, segundo NB 6004, da ABNT (somente para o uso de fios).
- b) A contratada deve apresentar à fiscalização, com antecedência suficiente, certificados com todos os resultados obtidos nestes ensaios.
- c) Após recepção do aço duro na obra, devem ser retirados, pelo menos, 5 amostras de cada lote, provenientes de 5 rolos escolhidos pela fiscalização.
- d) Sempre que hover dúvida, o aço duro deve ser ensaiado para comprovação de suas propriedades mecânicas originais especificadas.
- e) Devem ser apresentados à fiscalização os resultados dos seguintes ensaios:

### 7.2 Protensão

- a) O controle da protensão é uma das operações mais importantes na execução das obras de concreto protendido. A operação de protensão deve estar estritamente de acordo com o programa de protensão indicado no projeto.
- b) A contratada deve fornecer à fiscalização o histórico de cada cabo protendido, contendo todas as forças, pressões monométricas e alongamentos obtidos, e um resumo da força total aplicada na estrutura.

ENGENHARIA, CONSTRUÇÕES E FERROVIAS S.A.		<b>ESPECIFICAÇÃO DE SERVIÇO DE INFRAESTRUTURA</b>	
TÍTULO:	<b>Obras de Arte Especiais ARMADURA PARA CONCRETO PROTENDIDO</b>	Nº <b>80-ES-028A-11-8005</b>	FOLHA 7 / 9 REV. 0

c) O histórico é obtido por fichas e tabelas de protensão, cujos modelos são os indicados pela fiscalização, sendo os impressos das fichas e tabelas fornecidos e preenchidos pela contratada, em 3 vias.

d) O cabo protendido é aceito após o comparação dos resultados obtidos com as especificações de projeto, atendidas às discrepâncias permitidas pela fiscalização.

### 7.3 Injeção de Calda de Cimento

Durante a operação de injeção de calda, devem ocorrer ensaios obedecendo à seguinte sistemática:

#### 7.3.1 Ensaios de Fluidez (CONE MARSH)

Serão feitos sistematicamente a cada fabricação de calda, a fim de controlar qualquer erro de dosagem ou de modificação das características dos materiais empregados.

#### 7.3.2 Ensaios de Manutenção da Fluidez

Será feito uma vez para cada operação de injeção ou:

I) a cada 3.000 kg de cimento utilizado;

II) toda vez que houver variação sensível nas condições ambientais de temperatura, ou de temperatura dos componentes;

III) toda vez que nova partida de cimento ou aditivos passar a ser utilizada;

IV) toda vez que se surgirem dúvidas sobre a qualidade da água, cimento ou aditivos.

#### 7.3.3 Ensaio de Resistência Mecânica

a) Executado uma vez a cada operação de injeção ou a cada 100 sacos de cimento utilizados.

b) A calda deve ter a fluidez necessária até o fim dos trabalhos de injeção. Para tanto, o tempo de passagem do litro de calda através do funil de *marsh* deve ser compreendido entre treze e dezoito segundos.

c) A exudação deve ser de, no máximo, 2% do volume inicial da nata, medida 3h após a mistura. O excesso d'água deverá ter sido absorvido em 24 h.

d) A resistência à compressão cilíndrica, aos vinte e oito dias, deve ser superior a fck 26MPa, para corpos de prova com 5 cm de diâmetro e 10 cm de altura. Devem ser testados três corpos de prova a cada dia de injeção.

e) A pega da calda não deve se dar antes do término da operação de injeção. O intervalo entre a mistura e a conclusão da injeção não deve exceder a 30 min.

f) Os ensaios devem ser realizados de acordo com a NBR 7215, da ABNT.

ENGENHARIA, CONSTRUÇÕES E FERROVIAS S.A.		<b>ESPECIFICAÇÃO DE SERVIÇO DE INFRAESTRUTURA</b>	
TÍTULO:	<b>Obras de Arte Especiais ARMADURA PARA CONCRETO PROTENDIDO</b>	Nº <b>80-ES-028A-11-8005</b>	FOLHA 8 / 9 REV. 0

## 8. MANEJO AMBIENTAL

a) Durante a execução da obra, devem ser preservadas as condições ambientais, com a exigência, entre outros, dos seguintes procedimentos:

- I - todo o material excedente ou sobras, devem ser removidos das proximidades da obra, devendo ser transportado para local pré-definido em conjunto com a fiscalização, sendo vedado seu lançamento na faixa de domínio, nas áreas lindeiras, no leito de rios e em quaisquer outros locais onde possam causar prejuízos ambientais;
- II - o tráfego de máquinas e funcionários deve ser disciplinado de forma a evitar a abertura indiscriminada de caminhos e acessos, pois acarretaria desmatamento desnecessário;
- III - a área afetada pelas operações de construção deve ser recuperada mediante a limpeza do canteiro de obras, devendo ainda ser efetuada sua recomposição ambiental;
- IV - durante o desenvolvimento da obra deve ser evitado o tráfego desnecessário de veículos e equipamentos por terrenos naturais de modo a evitar a sua desfiguração.

b) Além destas, devem ser observadas, no que couber, as disposições das Normas Ambientais (NAVAS) e da Política Ambiental da VALEC, nas suas edições mais recentes

## 9. CRITÉRIO DE MEDIÇÃO

### 9.1 Aço Duro

- a) O aço duro, inclusive bainhas, molas e injeção da calda de cimento, é medido por kg, de acordo com a lista de aço apresentada no projeto e após a operação final da injeção da calda de cimento e acabamento nas ancoragens.
- b) Quando efetivamente depositado no respectivo canteiro de obra, o aço para a protensão é medido pelas notas fiscais até o limite de peso indicado no projeto, após os ensaios e aceitação pela fiscalização.

### 9.2 Cones de Ancoragem

Os cones de ancoragem, inclusive a protensão, ancoragem passiva, se houver, injeção de calda de cimento e acabamentos, são medidos por unidade colocada e após a operação de cravação dos mesmos.

## 10. FORMA DE PAGAMENTO

### 10.1 Aço Duro

O aço duro é pago ao preço unitário contratual, estando neste preço incluído o fornecimento e transporte do aço, arames, grampos, bainhas, material de vedação, purgadores, molas, suportes para colocação dos cabos, corte, dobramento, ferramentas, mão de obra com encargos e outros serviços necessários à execução dos cabos.



ENGENHARIA, CONSTRUÇÕES E FERROVIAS S.A.		<b>ESPECIFICAÇÃO DE SERVIÇO DE INFRAESTRUTURA</b>	
TÍTULO:	<b>Obras de Arte Especiais ARMADURA PARA CONCRETO PROTENDIDO</b>	Nº <b>80-ES-028A-11-8005</b>	FOLHA 9 / 9 REV. 0

## 10.2 Cones de Ancoragem

Os cones de ancoragem, inclusive a protensão, são pagos aos preços unitários contratuais, estando incluídos todos os materiais, cones, ancoragem passiva, transporte, se houver, placas, parafusos, clavetes, serviços de macaqueamento, de cravação, injeção de calda de cimento e acabamentos, equipamento, mão de obra com encargos e outros serviços necessários à sua execução.