

Obras Cíveis	1
Estruturas	1.03
Fios e Cordoalhas de Protensão	1.03.06

01. DEFINIÇÃO

Consiste no fornecimento e montagem das armaduras de protensão em peças de concreto com estas características.

As armaduras de protensão são unidades estruturais que, quando tracionadas, permitem a aplicação de esforços de compressão nas peças de concreto, antes da aplicação da carga.

Constituem-se basicamente de:

- ☞ Uma armadura de aço de alto limite elástico: fio, barra, cordoalha, ou feixe formado por vários fios, barras ou cordoalhas (item 2, no desenho);
- ☞ Um duto (bainha flexível ou tubo rígido) destinado a isolar a armadura do concreto

durante a operação de concretagem (item 8, no desenho);

- ☞ Uma ancoragem apoiada no concreto nas extremidades da armadura. No caso de cordoalha, a ancoragem é constituída por uma placa metálica de distribuição, um bloco metálico perfurado (item 1, no desenho) e cunhas metálicas tripartidas (item 4, no desenho); no caso de barra, é constituída por uma placa de distribuição e uma porca que se adapta aos filetes da barra;

- ☞ Uma trombeta que faz a transição entre a bainha e a ancoragem (item 10, no desenho), na qual os fios divergem para passar individualmente pelos orifícios da ancoragem.

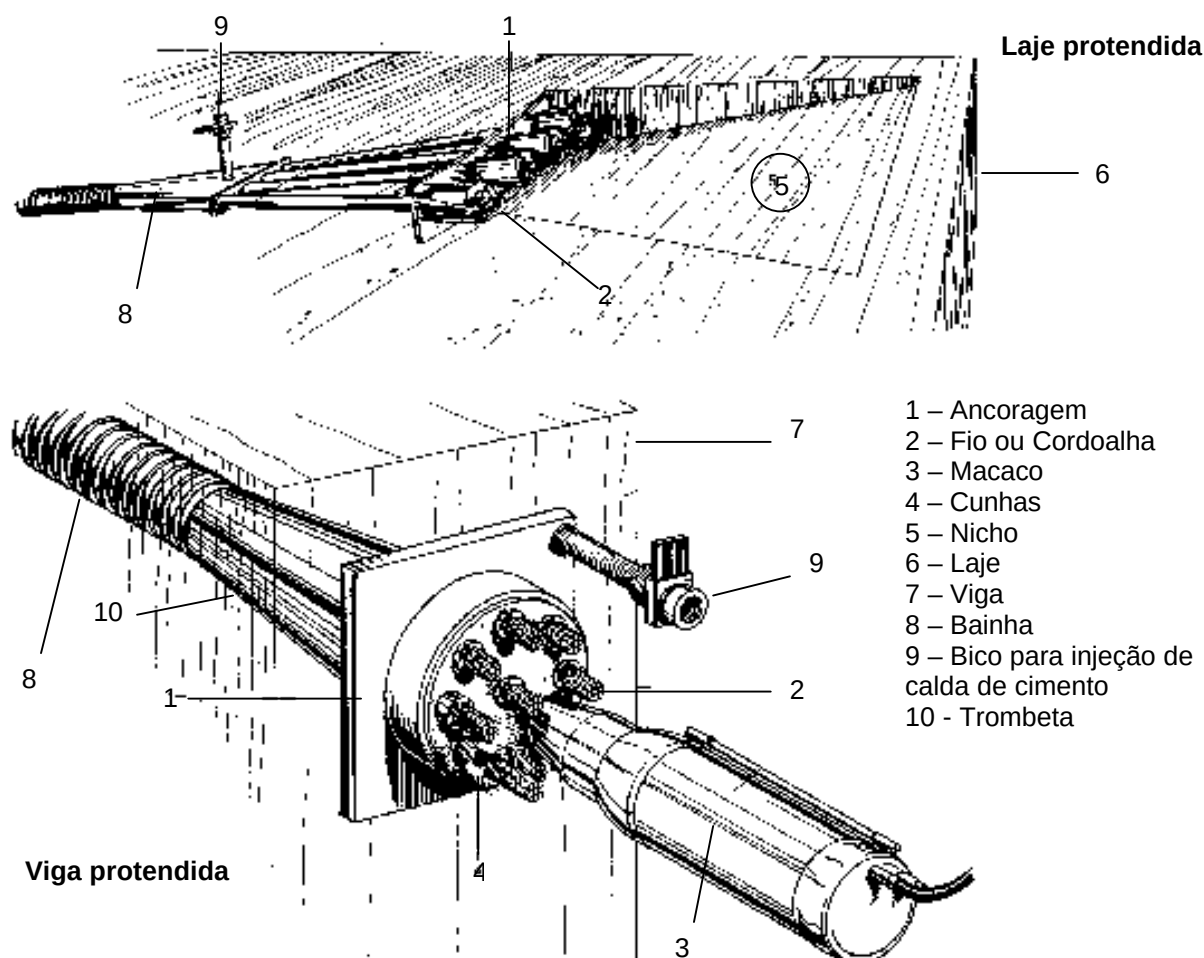


Figura 01. Ancoragens com cordoalhas

Obras Cíveis	1
Estruturas	1.03
Fios e Cordoalhas de Protensão	1.03.06

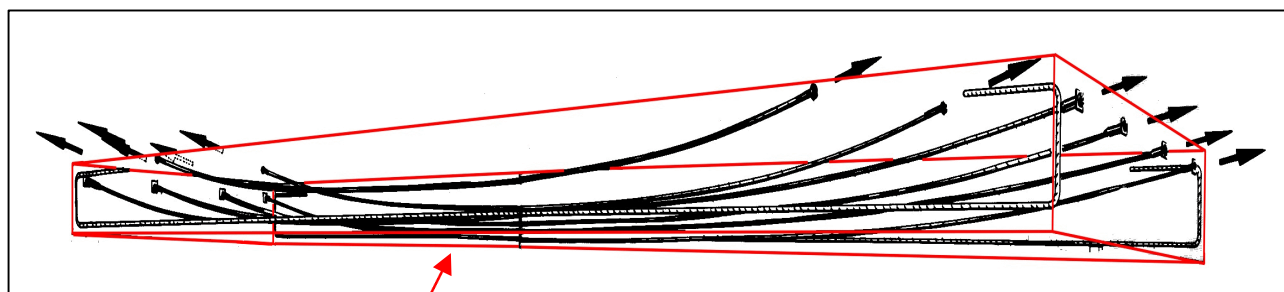
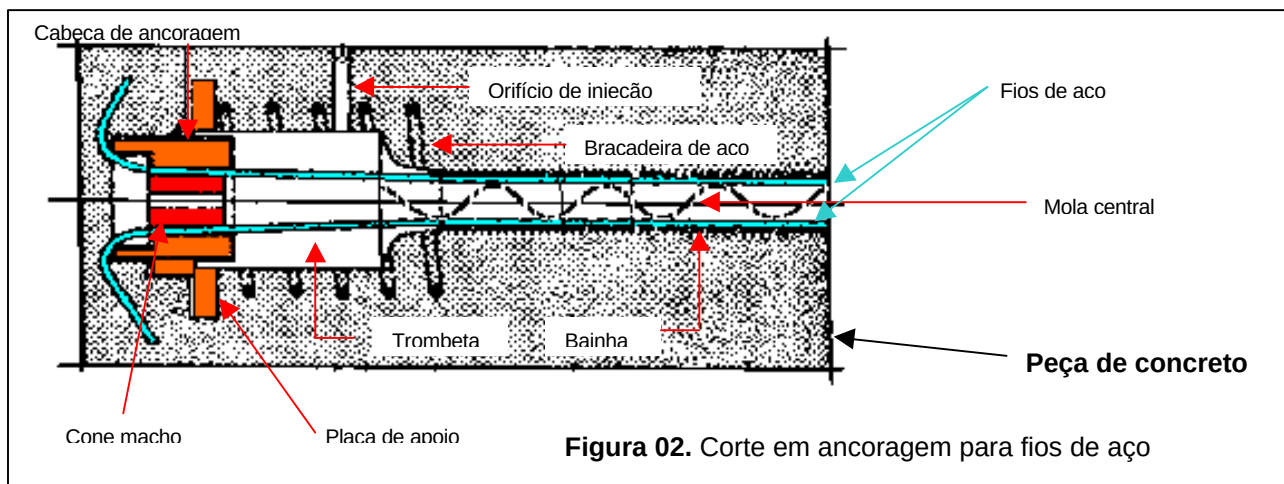


Figura 03. Posicionamento de bainhas em uma laje de concreto protendida

Obras Cíveis	1
Estruturas	1.03
Fios e Cordoalhas de Protensão	1.03.06

As cordoalhas poderão ser constituídas por :

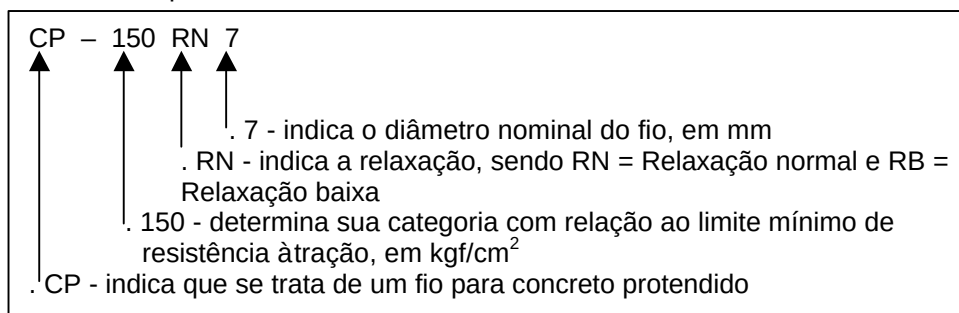
uniforme, em torno de um fio central (denominada cordoalha de sete fios).

- ☞ 2 ou 3 fios do mesmo diâmetro nominal, encordados juntos, numa forma helicoidal, com passo uniforme ou
- ☞ 6 fios de mesmo diâmetro nominal, encordados juntos, numa forma helicoidal, com passo

Os fios e cordoalhas de aço para protensão são classificados, segundo a NBR7482 e a NBR7483, conforme sua resistência a tração (kgf/cm^2) e ao tipo de comportamento na relaxação (RB = relaxação baixa e RN = relaxação normal) :

Fios de aço para protensão						
Designação	Diâmetro nominal do fio	Tolerância no diâmetro	Área da seção nominal	Massa nominal	Limite mínimo de resistência à tração	Relaxação máxima após 1000h, a 20° C e tensão inicial de 80% da carga de ruptura
	(mm)	(mm)	(mm^2)	(Kg/m)	(MPa)	%
Fios com relaxação normal - RN						
CP-150 RN 8	8	+ - 0,05	50,3	0,395	1500	8,5
CP-160 RN 8	8	+ - 0,05	50,3	0,395	1600	8,5
CP-150 RN 7	7	+ - 0,05	38,5	0,302	1500	8,5
CP-160 RN 7	7	+ - 0,05	38,5	0,302	1600	8,5
CP-150 RN 6	6	+ - 0,05	28,3	0,222	1500	8,5
CP-160 RN 6	6	+ - 0,05	28,3	0,222	1600	8,5
CP-150 RN 5	5	+ - 0,05	19,6	0,154	1500	8,5
CP-160 RN 5	5	+ - 0,05	19,6	0,154	1600	8,5
CP-150 RN 4	4	+ - 0,05	12,6	0,099	1500	8,5
CP-160 RN 4	4	+ - 0,05	12,6	0,099	1600	8,5
Fios com relaxação baixa – RB						
CP-150 RB 8	8	+ - 0,05	50,3	0,395	1500	3,0
CP-160 RB 8	8	+ - 0,05	50,3	0,395	1600	3,0
CP-150 RB 7	7	+ - 0,05	38,5	0,302	1500	3,0
CP-160 RB 7	7	+ - 0,05	38,5	0,302	1600	3,0
CP-150 RB 6	6	+ - 0,05	28,3	0,222	1500	3,0
CP-160 RB 6	6	+ - 0,05	28,3	0,222	1600	3,0
CP-150 RB 5	5	+ - 0,05	19,6	0,154	1500	3,0
CP-160 RB 5	5	+ - 0,05	19,6	0,154	1600	3,0
CP-150 RB 4	4	+ - 0,05	12,6	0,099	1500	3,0
CP-160 RB 4	4	+ - 0,05	12,6	0,099	1600	3,0

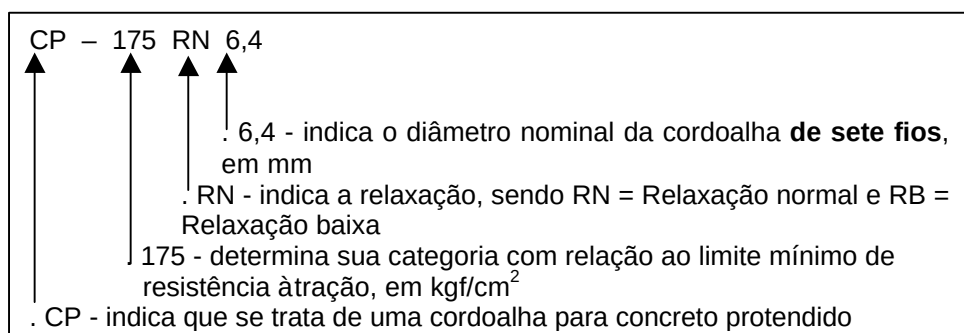
Nota : . Nomeclatura adotada pela Norma Brasileira



Obras Cíveis	1
Estruturas	1.03
Fios e Cordoalhas de Protensão	1.03.06

Cordoalhas de aço com sete fios para protensão						
Designação	Diâmetro nominal da cordoalha	Tolerância no diâmetro	Área da seção nominal	Massa nominal	Carga de ruptura mínima especificada	Relaxação máxima após 1000h, a 20° C e tensão inicial de 80% da carga de ruptura
	(mm)	(mm)	(mm ²)	(Kg/m)	(kN)	%
Cordoalhas de sete fios com relaxação normal - RN						
CP-175 RN 6,4	6,4	+0,3 / -0,2	24,5	0,194	36,5	12
CP-175 RN 7,9	7,9	+0,3 / -0,2	37,4	0,298	56,0	12
CP-175 RN 9,5	9,5	+0,3	52,3	0,411	78,3	12
CP-175 RN 11	11,0	+0,3	71,0	0,564	106,3	12
CP-175 RN 12,7	12,7	+0,3	94,2	0,744	141,0	12
CP-175 RN 15,2	15,2	+0,3	138,7	1,100	207,6	12
CP-190 RN 9,5	9,5	+4 / -0,2	54,8	0,432	104,3	12
CP-190 RN 11	11,0	+4 / -0,2	74,2	0,582	140,6	12
CP-190 RN 12,7	12,7	+4 / -0,2	98,7	0,775	187,3	12
CP-190 RN 15,2	15,2	+4 / -0,2	140,0	1,102	265,8	12
Cordoalhas de sete fios com relaxação baixa - RB						
CP-175 RB 6,4	6,4	+0,3 / -0,2	24,5	0,194	36,5	3,5
CP-175 RB 7,9	7,9	+0,3 / -0,2	37,4	0,298	56,0	3,5
CP-175 RB 9,5	9,5	+0,3	52,3	0,411	78,3	3,5
CP-175 RB 11	11,0	+0,3	71,0	0,564	106,3	3,5
CP-175 RB 12,7	12,7	+0,3	94,2	0,744	141,0	3,5
CP-175 RB 15,2	15,2	+0,3	138,7	1,10	207,6	3,5
CP-190 RB 9,5	9,5	+4 / -0,2	54,8	0,432	104,3	3,5
CP-190 RB 11	11,0	+4 / -0,2	74,2	0,582	140,6	3,5
CP-190 RB 12,7	12,7	+4 / -0,2	98,7	0,775	187,3	3,5
CP-190 RB 15,2	15,2	+4 / -0,2	140,0	1,102	265,8	3,5

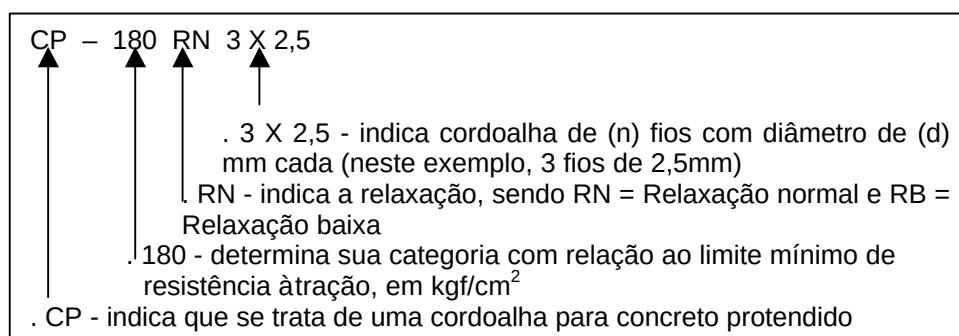
Nota : Nomeclatura adotada pela Norma Brasileira



Obras Cíveis	1
Estruturas	1.03
Fios e Cordoalhas de Protensão	1.03.06

Cordoalhas de aço com dois e três fios para protensão						
Designação	Diâmetro nominal da cordoalha	Tolerância no diâmetro	Área da seção aço cordoalha (valor nominal)	Massa nominal	Carga de ruptura mínima especificada	Alongamento sob carga de 85% da carga de ruptura mínima especificada
	(mm)	(mm)	(mm ²)	(Kg/m)	(kN)	%
CP-180 RN 2 X 2	2 X 2,0	+0,3	6,3	0,051	11,35	3,5
CP-180 RN 2 X 2,5	2 X 2,5	+0,3	9,8	0,080	17,65	3,5
CP-180 RN 2 X 3	2 X 3,0	+0,3	14,1	0,114	25,40	3,5
CP-180 RN 2 X 3,5	2 X 3,5	+0,3	19,2	0,155	34,55	3,5
CP-180 RN 3 X 2	3 X 2,0	+0,3	9,4	0,076	16,90	3,5
CP-180 RN 3 X 2,5	3 X 2,5	+0,3	14,7	0,119	26,45	3,5
CP-180 RN 3 X 3	3 X 3,0	+0,3	21,2	0,172	38,15	3,5

Nota : Nomeclatura adotada pela Norma Brasileira



Comercialmente, poderão ser encontrados fios e cordoalhas com características próprias mas sempre de acordo com as normas da ABNT, conforme os quadros a seguir :

Fios de aço para protensão fabricação BELGO MINEIRA						
Produto	Diâmetro nominal do fio	Área aproximada	Massa aproximada	Carga mínima de ruptura	Carga mínima a 1% de alongamento	Alongamento após ruptura
	(mm)	(mm ²)	(Kg/m)	(MPa)	(MPa)	%
Fios com relaxação normal – RN						
CP-170 RN E	7,0	38,5	0,302	1700	1450	5,0
CP-175 RN E	4,0	12,6	0,099	1750	1490	5,0
CP-175 RN E	5,0	19,6	0,154	1750	1490	5,0
CP-175 RN E	6,0	28,3	0,222	1750	1490	5,0
Fios com relaxação baixa – RB						
CP-145 RB L	9,0	63,6	0,500	1450	1310	6,0
CP-150 RB L	8,0	50,3	0,395	1500	1350	6,0
CP-170 RB E	7,0	38,5	0,302	1700	1530	5,0
CP-170 RB L	7,0	38,5	0,302	1700	1530	5,0

Obras Cíveis	1
Estruturas	1.03
Fios e Cordoalhas de Protensão	1.03.06

CP-175 RB E	4,0	12,6	0,099	1750	1580	5,0
CP-175 RB E	5,0	19,6	0,154	1750	1580	5,0
CP-175 RB E	6,0	28,3	0,222	1750	1580	5,0
CP-175 RB L	5,0	19,6	0,154	1750	1580	5,0
CP-175 RB L	6,0	28,3	0,222	1750	1580	5,0

Nota : L – liso

E – Entalhado, para aumento da aderência ao concreto

Cordoalhas de aço com três fios para protensão, fabricação BELGO MINEIRA						
Produto	Diâmetro nominal da cordoalha	Área (aproximada)	Massa (aproximada)	Carga de ruptura mínima	Carga mínima a 1% de alongamento	Alongamento após ruptura
	(mm)	(mm ²)	(kg)	(kN)	(kN)	%
CORD. CP 190 RB 3 X 3,0	6,5	21,8	0,171	40,8	36,7	3,5
CORD. CP 190 RB 3 X 3,5	7,6	30,3	0,238	57,0	51,3	3,5
CORD. CP 190 RB 3 X 4,0	8,8	39,6	0,312	74,8	67,3	3,5
CORD. CP 190 RB 3 X 4,5	9,6	46,5	0,366	87,7	78,9	3,5
CORD. CP 190 RB 3 X 5,0	11,1	66,5	0,520	124,8	112,3	3,5
CORD. CP 190 RB 7	6,4	26,5	0,210	49,7	44,7	3,5
CORD. CP 190 RB 7	7,9	39,6	0,313	74,6	67,1	3,5
CORD. CP 190 RB 7	9,5	55,5	0,441	104,3	93,9	3,5
CORD. CP 190 RB 7	11,0	75,5	0,590	140,6	126,5	3,5
CORD. CP 190 RB 7	12,7	101,4	0,792	187,3	168,6	3,5
CORD. CP 190 RB 7	15,2	143,5	1,126	265,8	239,2	3,5

Nota : Rolos fornecidos em lances com comprimentos superiores a 600m.

Terminologia

Diâmetro nominal

Valor numérico que caracteriza o diâmetro do fio ou cordoalha, não correspondendo obrigatoriamente à dimensão real exata.

Lance

Determinado comprimento contínuo de cordoalha.

Relaxação

Característica física de um fio ou cordoalha referente ao seu aumento de comprimento, por relaxamento, quando submetido uma carga de 80% da carga de ruptura, após 1000 horas, a uma temperatura de 20° C.

Cabo de protensão

Conjunto formado pelos fios ou cordoalhas e envolvendo a mola central, pronto para colocação na bainha.

02. MÉTODO EXECUTIVO

A confecção dos cabos de protensão se iniciará com o corte dos fios ou das cordoalhas nos comprimentos necessários, sobre bancadas de madeira, usando-se esmeril rotativo montado em base fixa ou tesoura especial para aço duro.

Os fios ou cordoalhas cortados serão colocados nas reentrâncias de uma roseta de repartição, conforme as quantidades componentes de cada cabo. Serão mantidos afastados, no sentido longitudinal do cabo, através de uma mola central com diâmetro tal que também os manterá justos contra as paredes internas da bainha metálica, quando nela introduzidos.

A extremidade de cada cabo será formada, inicialmente, apertando-se os fios ou cordoalhas contra a mola, por meio de uma fita plástica enrolada em torno deles ou por arame preto comum PG18, cujas pontas serão bem rebatidas.

A formação do cabo se dará através do avanço da roseta de repartição, efetuando-se novas

<i>Obras Cíveis</i>	<i>1</i>
<i>Estruturas</i>	<i>1.03</i>
<i>Fios e Cordoalhas de Protensão</i>	<i>1.03.06</i>

amarrações com a fita plástica a cada 70 cm, aproximadamente, de forma sucessiva até a obtenção do comprimento de cabo desejado. Em seguida, será executada sua lubrificação com óleo solúvel, não só como proteção adicional contra oxidação, mas também para reduzir o atrito na ocasião de sua colocação no interior das bainhas.

As bainhas metálicas deverão ser perfeitamente estanques para evitarem a passagem de nata de cimento durante a concretagem e suficientemente resistentes para não se deformarem sob o peso do concreto durante o seu lançamento. Poderão ser colocadas em seus posicionamentos definitivos vazias ou com os cabos já nelas introduzidos.

Para a introdução do cabo, a bainha será disposta sobre uma bancada de madeira e fixada entre dois pontos, passando-se, pelo seu interior, um fio piloto. Na extremidade do fio será preso o cabo pronto com os fios ou cordoalhas amarrados. A introdução se fará através da tração do fio piloto por meio de dispositivo apropriado, que poderá ser uma talha TIRFOR. As amarrações com fita plástica ou arame serão retiradas à medida que o cabo for se introduzindo na bainha.

As bainhas, com os respectivos cabos, serão dispostas na seção das estruturas de modo a permitir seu envolvimento suficiente pelo concreto, sendo suas exatas posições definidas no projeto estrutural. Deverá se tomar cuidado especial com as cotas das bainhas, com as cotas e ângulos dos pontos de inflexão, com os ângulos de saída e com a numeração em corte e perfil. Esse posicionamento será garantido usando-se estribos e pequenas treliças de aço comum.

As ancoragens serão fixadas às formas também conforme projetado. Deverão ser mantidas perfeitamente estanques as emendas das ancoragens com as bainhas (ou sejam, as juntas cones de ancoragem / bainhas) e com as formas (ou sejam, as juntas cones de ancoragem / formas).

Deverão ser previstos purgadores, colocados ao longo das bainhas, para eliminação do ar, quando da injeção da calda de cimento.

Serão deixados trechos livres, com extensão de cerca de 60 cm, nas extremidades dos cabos, que permitirão a colocação dos cones das ancoragens ativas e a montagem dos macacos hidráulicos de protensão.

Antes do início da concretagem de cada etapa da estrutura, serão verificadas, criteriosamente, a solidez da fixação dos cones de ancoragem nas formas, a estanqueidade das juntas cones / formas e cones / bainhas, a solidez da fixação dos cabos na frente dos cones e as concordâncias dos eixos dos cabos com os cones.

Após a concretagem da estrutura e cura adequada, as bainhas serão limpas com água sob pressão, para remoção de partículas, ferrugens e do óleo solúvel utilizado anteriormente para proteger os cabos, molhando-se suas paredes internas. Tal procedimento visa também prevenir a perda de água da calda de injeção por absorção.

Antes da protensão dos cabos, será verificado se o concreto da estrutura atingiu a resistência prevista em projeto para esta etapa.

Os macacos hidráulicos serão ajustados contra os anéis de apoio das ancoragens, recebendo cada um dos fios ou cordoalhas componentes dos cabos numa das ranhuras de sua cabeça de apoio.

A seguir, os cabos serão tencionados através do acionamento dos macacos, de acordo com o programa preestabelecido.

Atingidas as tensões projetadas, os fios ou cordoalhas serão presos por cunhas, cones machos de ancoragem ou porcas. Em seguida serão aliviadas as tensões dos macacos, sendo procedido o descunhamento dos mesmos. Os fios ou cordoalhas terão então, seus comprimentos excedentes cortados, com esmeris rotativos portáteis.

Para que se processe a ancoragem necessária entre os cabos e o concreto, será injetada calda de cimento sob pressão nas bainhas, no menor tempo possível após a protensão.

Antes de iniciar essa injeção, as extremidades dos cabos, junto às ancoragens, serão obturadas com argamassa de cimento e areia para impedir que a calda escape pelos orifícios das ancoragens.

A injeção será processada após o endurecimento dos revestimentos de proteção das ancoragens, através de um tubo plástico conectado entre a mangueira da bomba injetora e o bico de injeção, que se encontra na extremidade da bainha a ser injetada. A introdução da calda de cimento se processará de uma extremidade para a outra da

Obras Cíveis	1
Estruturas	1.03
Fios e Cordoalhas de Protensão	1.03.06

peça estrutural, devendo ser verificada a saída de calda pelos purgadores ao longo das bainhas. Os purgadores serão obturados à medida que a injeção os for alcançando.

A calda será preparada em misturadores de alta velocidade, com composição e fluidez adequadas, numa quantidade que permita uma operação contínua de injeção de um certo número de cabos.

A dosagem normal da calda de injeção será a seguinte:

- ☞ Cimento PORTLAND comum (CP-320) – 50 Kg;
- ☞ Água (para relação A/C = 0,40) – 20 L;
- ☞ Aditivo plastificante INTRAPLAST N ou similar – 1,0 Kg.

03. CRITÉRIOS DE CONTROLE

Recebimento dos fios para protensão

Os rolos deverão estar identificados por uma etiqueta com as seguintes indicações:

- ☞ nome ou símbolo do produto;
- ☞ número da Norma Brasileira de referência (NBR 7482);
- ☞ designação do produto :
 - . categoria – 150, 160, 170 175 etc..
 - . relaxação – RN ou RB.
- ☞ diâmetro nominal do fio, em mm;
- ☞ número do rolo.

Deverá ser colhida uma amostra de comprimento suficiente, para cada lote de 5 rolos ou fração, para os ensaios de tração (conforme MB-864), de dobramento alternado (conforme MB-782) e de relaxação (conforme MB-784).

Deverão, ainda, ser solicitados do fabricante, os certificados dos ensaios, contendo:

- ☞ a data da realização dos ensaios;
- ☞ a identificação do lote, com a quantidade e a numeração dos rolos fornecidos;
- ☞ as características dimensionais, mecânicas e químicas do lote.

Recebimento das cordoalhas para protensão

As cordoalhas serão fornecidas em rolos ou carretéis com diâmetro superior a 600mm.

Cada rolo ou carretel deverá estar identificado por uma etiqueta indicando:

- ☞ o nome ou símbolo do produto;
- ☞ o número da Norma Brasileira de referência (NBR 7483);
- ☞ a designação do produto :
 - . número de fios da cordoalha
 - . categoria – 175, 180 e 190.
 - . relaxação – RN ou RB.
- ☞ o diâmetro nominal da cordoalha, em mm;
- ☞ o número do rolo ou carretel;
- ☞ a massa líquida, em Kg, e comprimento nominal, em m;
- ☞ a quantidade, em comprimento dos lances.

Deverá ser colhida uma amostra de comprimento suficiente, de cada rolo ou carretel, para os ensaios de tração (conforme MB-864) e de relaxação (conforme MB-784).

Deverão, ainda, ser solicitados do fabricante, os certificados dos ensaios, contendo:

- ☞ a data da realização dos ensaios;
- ☞ a identificação do lote, com a quantidade e a numeração dos rolos ou carretéis fornecidos;
- ☞ as características dimensionais, mecânicas e químicas do lote.

Não serão admitidos fios ou cordoalhas emendados
Controle da protensão

O controle da execução da protensão será feito através do acompanhamento da pressão nas bombas acionadoras dos macacos hidráulicos e do alongamento das cordoalhas, que deverão estar de acordo com o projeto estrutural. Esses valores serão registrados em ficha própria.

04. CRITÉRIOS DE MEDIÇÃO E PAGAMENTO

A medição será por metro linear (m) de cabo aplicado e protendido, inclusive ancoragens, mola central, bainha e injeção de calda.

Não serão considerados, para efeito de medição, os comprimentos excedentes de fios e cordoalhas cortados após a protensão.

<i>Obras Cíveis</i>	<i>1</i>
<i>Estruturas</i>	<i>1.03</i>
<i>Fios e Cordoalhas de Protensão</i>	<i>1.03.06</i>

O pagamento será efetuado por preço unitário contratual e conforme medição aprovada pela Fiscalização.

05. DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA

FONTE	CÓDIGO	DESCRIÇÃO
ABNT	NBR7482	Fios de aço para concreto protendido
ABNT	NBR7483	Cordoalhas de aço para concreto protendido
ABNT	MB 864	Fio, barra e cordoalha de aço par armaduras de protensão – Método de ensaio
ABNT	MB 782	Arames de aço – Ensaio de dobramento alternado – Método de ensaio
ABNT	MB 784	Fios, barras e cordoalhas de aço destinados a armadura de protensão – Ensaio de relaxação isotérmica – Método de ensaio
Belgo mineira		Catálogo “Fios e Cordoalhas para Concreto Protendido”
STUP FREYSSINET Ltda		Concreto Protendido