

Aços Longos



ArcelorMittal

# Fios e Cordoalhas para Concreto Protendido



Belgo Bekaert Arames



Escolha qualidade.



# Fios e Cordoalhas para Concreto Protendido

Os aços para concreto protendido são fabricados desde 1952 no Brasil pela Belgo Bekaert Arames, dentro dos mais elevados padrões de qualidade, e representam o que existe de melhor em aço-carbono no mundo.

## Principais Características do Concreto Protendido

- Leveza da estrutura.
- Ausência de fissuração.
- Resistência a ambientes agressivos.
- Possibilidade de execução de peças pré-moldadas.
- Obtenção de grandes vãos.
- Redução do custo de construção, obtida pela conjugação concreto/aço para concreto protendido.
- Facilidade de criação e viabilização de projetos de grande beleza e valor arquitetônico.

## Aplicações

### Edifícios

Em lajes e vigas de edifícios residenciais e comerciais, a protensão em pós-tração é largamente aplicada. No caso de lajes planas sem vigas, tipo cogumelo ou com vigas de borda, é possível obter tetos lisos e, conseqüentemente, estruturas mais limpas, econômicas, fáceis e rápidas de construir (uma laje a cada quatro dias).

Uma vez que as instalações hidráulica, elétrica e de ar-condicionado podem ser posicionadas rente ao fundo da laje, não tendo de passar por baixo de vigas, inexistentes na solução, a distância entre os pisos fica menor, com uma economia de aproximadamente 50 cm de altura em cada andar.

Como mais uma grande vantagem da utilização das técnicas de protensão em pós-tração, ressaltamos a diminuição do número de pilares das obras e, assim, o aumento da distância entre eles. Dessa forma, obtém-se total liberdade de layout interno e maior espaço de estacionamento e de circulação nas garagens, o que proporciona grande facilidade para a venda ou locação dos imóveis.

### Obras Diversas

- Barragens (viga de munhão das comportas).
- Pontes e viadutos (aduelas, caixão perdido, vigas e transversinas, balanços sucessivos, etc.).
- Aeroportos (pistas, pátios de estacionamento, hangares, etc.).
- Portos (caixões flutuantes, cais de atracação, diques secos, plataformas marítimas de petróleo, etc.).
- Piscinas, estações de tratamento de esgoto, reservatórios (elevados e apoiados no solo), silos, radiers, pisos industriais, etc.
- Tirantes de contenção provisórios e definitivos, em solo ou rocha.

### Pisos Industriais e Comerciais

Possibilita a eliminação quase total das juntas de dilatação e das barras de transferência, tirando da obra um de seus maiores problemas de manutenção, que é a quebra (esborcinamento) das juntas pelo tráfego constante de empilhadeiras de rodas duras.



## Artefatos de Concreto

Estacas, dormentes, postes, vigotas, pré-lajes, mourões, etc.

## Recuperação de Estruturas

Recuperação de estruturas e/ou reforço de obras já executadas, com cabos internos ou externos, engraxados ou injetados com pasta de cimento.



## Galpões

Na construção de galpões industriais e de armazenamento em geral, por meio da utilização da pré-tração, são produzidos diversos tipos de peças pré-moldadas leves e econômicas, fáceis de transportar e manusear, tais como:

- Vigas (comuns, ponte rolante, calha, etc.).
- Lajes (alveolares, de fechamento ou duplo T, etc.) e telhas para cobertura de grandes vãos.

Assim, com a pré-fabricação, obtém-se maior controle de qualidade, padronização de seções, rapidez na montagem, segurança, bom nível de isolamento térmico e acústico, ótima resistência a agentes agressivos e garantia de prazos e preços.

## Fios para Protensão Aliviados (RN) e Estabilizados (RB)

Fornecidos de acordo com as normas ABNT NBR 7482, ASTM A 421 e BS 2691

### Características

- Perdas máximas por relaxação após 1.000 horas a 20°C para carga inicial de 80% da carga de ruptura:
  - Relaxação normal (RN) = 8,5%.
  - Relaxação baixa (RB) = 3,0%.
- Valor médio do módulo de elasticidade: 210 kN/mm<sup>2</sup>.
- Correspondência adotada pela NBR 7482: 1 kgf/mm<sup>2</sup> = 9,81 mPa.



## ESPECIFICAÇÕES DOS PRODUTOS - FIOS PARA PROTENSÃO

Produto	Diâmetro nominal (mm)	Área aprox. (mm <sup>2</sup> )	Área mínima (mm <sup>2</sup> )	Massa aprox. (kg/1.000 m)	Carga mínima de ruptura (kN)	Carga mínima a 1% de deformação (kN)	Alongamento após ruptura (%)
<b>Fio CP RB (baixa relaxação)</b>							
CP 145 RB	9,0	63,6	62,9	500	91,2	82,1	6,0
CP 150 RB	8,0	50,3	49,6	395	74,5	67,0	6,0
CP 170 RB	7,0	38,5	37,9	302	64,5	58,0	5,0
CP 175 RB	6,0	28,3	27,8	222	48,7	43,8	5,0
CP 175 RB	5,0	19,6	19,2	154	33,7	30,3	5,0
CP 175 RB	4,0	12,6	12,3	99	21,4	19,3	5,0
CP 190 RB*	6,0	28,3	27,8	222	52,0	46,8	5,0
CP 190 RB*	7,0	38,5	37,9	302	72,0	65,0	5,0
<b>Fio CP RN (relaxação normal)</b>							
CP 170 RN	7,0	38,5	37,9	302	64,5	54,8	5,0
CP 175 RN	6,0	28,3	27,8	222	48,7	41,4	5,0
CP 175 RN	5,0	19,6	19,2	154	33,7	28,6	5,0
CP 175 RN	4,0	12,6	12,3	99	21,4	18,2	5,0

\* Os fios podem ser fabricados sob consulta.

1- Todos os fios especificados acima podem ser fabricados lisos ou entalhados.

2- A profundidade do entalhe pode ser especificada pelo cliente.

### ACONDICIONAMENTO

Diâmetro nominal do fio CP RB e RN (mm)	Peso nominal (kg)	Diâmetro interno (cm)	Diâmetro externo (cm)	Largura do rolo (cm)
4,0	700	150	180	25
4,0	1.100	150	210	30
4,0	2.200	180	250	40
5,0 -6,0 -7,0 -8,0 -9,0	700	180	210	25
5,0 -6,0 -7,0 -8,0 -9,1	1.100	180	230	30
5,0 -6,0 -7,0 -8,0 -9,2	2.200	180	250	40

1- O peso do produto final depende do rolo de fio máquina (matéria-prima), que pode variar até 5%.

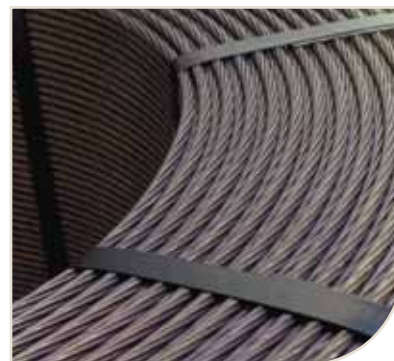
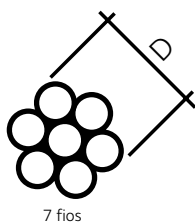
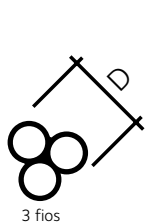
2- As medidas do acondicionamento acima são apenas referências, podendo ter variações.

## Cordoalhas de 3 e 7 Fios Estabilizadas (RB)

Fornecidas de acordo com a norma ABNT NBR 7483

### Características

- Perda máxima por relaxação após 1.000 horas a 20°C, para carga inicial de 80% da carga de ruptura: 3,5%.
- Valor do módulo de elasticidade: 202 kN/mm<sup>2</sup>, +/- 3%.
- Correspondência adotada pela NBR 7483: 1 kgf/mm<sup>2</sup> = 9,81 mPa.





## ESPECIFICAÇÕES DOS PRODUTOS - CORDOALHAS PARA PROTENSÃO

Produto	Diâmetro nominal (mm)	Área aprox. (mm <sup>2</sup> )	Área mínima (mm <sup>2</sup> )	Massa aprox. (kg/1.000 m)	Carga mínima de ruptura (kN)	Carga mínima a 1% de deformação (kN)	Alongamento após ruptura (%)
<b>Cordoalhas de 3 fios CP 190</b>							
Cord. CP 190 RB 3 X 3,0	6,5	22	22	171	41	37	3,5
Cord. CP 190 RB 3 X 3,5	7,6	30	30	238	57	51	
Cord. CP 190 RB 3 X 4,0	8,8	38	38	304	71	64	
Cord. CP 190 RB 3 X 4,5	9,6	47	46	366	88	79	
Cord. CP 190 RB 3 X 5,0	11,1	67	66	520	125	112	
<b>Cordoalhas de 7 fios CP 190</b>							
Cord. CP 190 RB 9,50	9,5	56	55	441	104	94	3,5
Cord. CP 190 RB 12,70	12,7	101	99	792	187	169	
Cord. CP 190 RB 15,20	15,2	143	140	1.126	266	239	
Cord. CP 190 RB 15,70	15,7	150	147	1.172	279	246	
<b>Cordoalhas de 7 fios CP 210</b>							
Cord. CP 210 12,70*	12,7	101	99	792	203	183	3,5
Cord. CP 210 15,20*	15,2	143	140	1.126	288	259	

\* Os fios podem ser fabricados sob consulta. As cordoalhas CP 210 serão cintadas com cinta metálica cinza azulada.



As cordoalhas são fornecidas em rolos sem núcleo, nas dimensões da tabela.

## ACONDICIONAMENTO DE CORDOALHAS NUAS PARA PROTENSÃO

Tipo de cordoalha	Peso (kg)	Diâmetro interno (cm)	Diâmetro externo (cm)	Largura do rolo (cm)	
3 e 7 fios	1.800	3.000	76	120	80

1- O peso do rolo pode variar, dependendo da metragem em que foi produzido.

2- O diâmetro externo do rolo depende do peso.

3- Rolos com peso menor podem ser fabricados, desde que isso seja previamente acordado entre cliente e produtor.

# Cordoalhas de 7 Fios Engraxadas e Plastificadas

## CP 190 e CP 210

### Características

- Fabricadas por meio de processo contínuo.
- Possuem camada de graxa e são revestidas de PEAD (polietileno de alta densidade) extrudado diretamente sobre a cordoalha já engraxada, em toda a sua extensão.
- Características mecânicas idênticas às das cordoalhas sem revestimento (vide tabela anterior: Especificações dos Produtos - Cordoalhas).
- Norma ABNT NBR 7483.
- Revestimento plástico e graxa, de acordo com as especificações do PTI (Post-Tensioning Institute).
- Massa aproximada (kg/km):  $\varnothing 12,70 = 890$  /  $\varnothing 15,20 = 1.240$ .

CP 210  $\varnothing 12,70$  e  $15,20$  mm



CP 190  $\varnothing 12,70$  e  $15,20$  mm



### Características do Revestimento Extrudado

- PEAD com espessura mínima de 1 mm, que permite o movimento livre da cordoalha em seu interior.
- Durável e resistente a danos provocados pelo manuseio habitual nas obras, assim como durante o corte, enrolamento e posicionamento.
- Impermeável.
- Em função do grande peso desses conjuntos e para que se evitem danos às suas capas plásticas, as bobinas e os feixes de cordoalhas enroladas não devem ser suspensos por cabos de aço ou correntes, mas sim com o auxílio de faixas de nylon.
- Sob consulta, pode ser produzido um revestimento apto a resistir aos raios ultravioleta. Por exemplo, no caso de aplicação da cordoalha externamente ao concreto.

## ESPECIFICAÇÕES DOS PRODUTOS – CORDOALHAS PARA PROTENSÃO ENGRAXADAS E PLASTIFICADAS

Produto	Diâmetro nominal (mm)	Área aprox. (mm <sup>2</sup> )	Área mínima (mm <sup>2</sup> )	Massa aprox. (kg/1.000 m)	Carga mínima de ruptura (kN)	Carga mínima a 1% de deformação (kN)	Alongamento após ruptura (%)
<b>Cordoalhas de 7 fios CP 190, cor azul</b>							
Cord. CP 190 RB 12,70	12,7	101	99	792	187	169	
Cord. CP 190 RB 15,20	15,2	143	140	1.126	265	239	3,5
Cord. CP 190 RB 15,70	15,7	150	147	1.172	279	246	
<b>Cordoalhas de 7 fios CP 210, cor laranja</b>							
Cord. CP 210 RB 12,70	12,7	101	99	792	203	183	
Cord. CP 210 RB 15,20	15,2	143	140	1.126	288	259	3,5
Cord. CP 190 RB 15,70*	15,7	150	147	1.172	308	277	

\* Pode ser fabricada sob consulta/encomenda.

### Características do Agente Inibidor de Corrosão

- Graxa com peso mínimo de 37 g/m (para cordoalha  $\varnothing$  12,70 mm) ou de 44 g/m (para cordoalha  $\varnothing$  15,20 mm) oferece:
  - Proteção contra corrosão da cordoalha.
  - Lubrificação entre o revestimento de PEAD e a cordoalha, reduzindo o coeficiente de atrito para 0,06 – 0,07.

### ACONDICIONAMENTO DE CORDOALHAS ENGRAXADAS E PLASTIFICADAS PARA PROTENSÃO

Tipo de cordoalha	Peso (kg)	Diâmetro interno (cm)	Diâmetro externo (cm)	Largura do rolo (cm)	
Cordoalhas de 7 fios engraxadas e plastificadas	1.500	2.500	76	130	79

1- O peso do rolo pode variar, dependendo da metragem em que foi produzido.

2- O diâmetro externo do rolo depende do peso.





# Cordoalhas Especiais para Pontes Estaiadas

## Características

- Produzidas com três camadas protetoras contra a corrosão:
  - Galvanização dos fios a quente, com gramatura de 200 a 400 g de zinco por m<sup>2</sup>, antes do encordoamento e da estabilização.
  - Filme de cera de petróleo - 12 g/m mín.
  - Encapadas na cor preta, com polietileno de alta densidade resistente aos raios ultravioleta, não deslizante sobre a cordoalha e com espessura mínima de 1,5 mm.
- Relaxação após 1.000 horas, máx.= 2,5% para carga inicial de 70% da carga de ruptura.
- Módulo de elasticidade nominal: 195 kN/mm<sup>2</sup>.



Utilização de cordoalha estaiada na Rodovia dos Imigrantes (SP).

## CORDOALHAS ESPECIAIS PARA PONTES ESTAIADAS

Produto	Diâmetro nominal (mm)	Área aprox. (mm <sup>2</sup> )	Área mínima (mm <sup>2</sup> )	Massa aprox. (kg/1.000 m)	Carga mínima de ruptura (kN)	Carga mínima a 1% de deformação (kN)	Alongamento total min. após ruptura (%)
Cordoalhas de 7 fios CP 190, cor preta							
Cord. CP 177 RB 12,70*	12,7	101	99	900	171	154	
Cord. CP 177 RB 15,70	15,7	150	147	1.290	261	230	3,5
Cord. CP 190 RB 15,70	15,7	150	147	1.290	279	246	

\* Material feito sob consulta/encomenda. Material mais utilizado em guarda-corpos de estacionamentos.

## Acondicionamento

Em carretéis de madeira com  $\varnothing$  = 1.000 mm e até 3 t de cordoalhas.

## Ensaios

Além dos ensaios tradicionais previstos na NBR 7483, as cordoalhas especiais para pontes estaiadas são submetidas a ensaio de tração desviada (*pin test*), no qual o produto é colocado em estrutura que provoca mudança de direção. A cordoalha é, então, tracionada até a ruptura, com resistência mínima prevista de 80% da carga de sua ruptura retilínea. As cordoalhas são também submetidas a ensaios de fadiga de até 2.000.000 de ciclos.

# Controle de Qualidade

Os aços para concreto protendido são submetidos a exaustivos testes e inspeções, desde a aciaria até após o tratamento térmico final. São também testados em modernos laboratórios e entregues acompanhados de Certificado de Qualidade.

Conforme interesse do comprador ou exigência do proprietário da obra, os aços para protensão poderão ser submetidos a ensaios específicos em laboratórios independentes.

No final de sua fabricação, para melhorar sua qualidade e trabalhabilidade, tanto na pré-tração como na pós-tração, os aços para concreto protendido são submetidos a um dos seguintes tratamentos térmicos:

## Aliviamento

Com o alívio das tensões residuais de trefilação, são obtidos aços de relaxação normal (RN).

## Estabilização

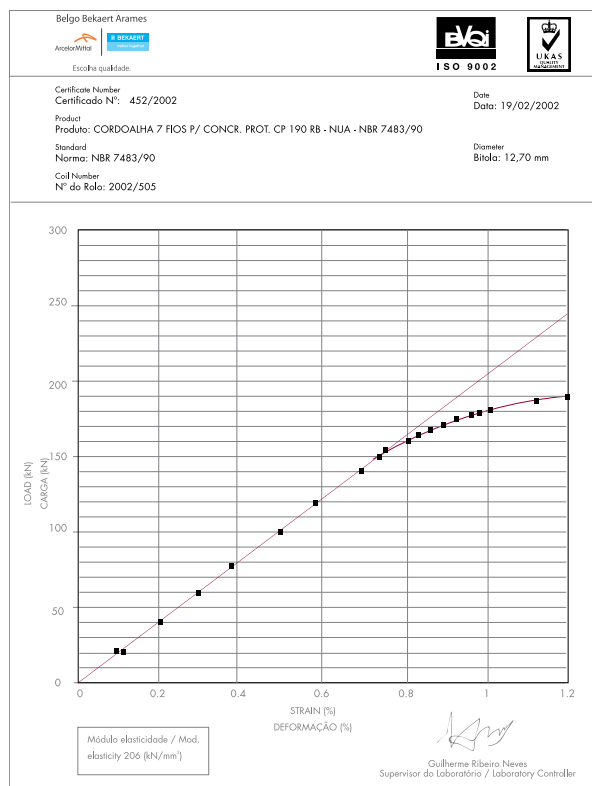
É um envelhecimento acelerado que alivia as tensões residuais da trefilação, diminui a perspectiva de perda de carga por relaxação e aumenta o limite de elasticidade do aço. Assim, são obtidos aços de relaxação baixa (RB).

## Teste de Relaxação

Para a verificação e o controle do processo de fabricação, somente a Belgo Bekaert possui equipamentos capazes de realizar regularmente no Brasil os testes de relaxação que medem a redução da força aplicada ao aço com o correr do tempo. Cada teste tem duração de 1.000 horas e é efetuado sob temperatura e umidade controladas em estreita faixa, de acordo com a ABNT NBR 7483/90.

## Teste de Tração

Toda entrega de fios e cordoalhas é acompanhada de um Certificado de Qualidade com os resultados dos testes a que foram submetidos, comparando-os com os valores das normas técnicas. Também de acordo com as normas, cada carga é acompanhada de um gráfico de “tensão - deformação” que contém o valor do módulo de elasticidade do aço, fundamental para o cálculo dos alongamentos sob tensão.







ArcelorMittal

Associada ao:



IBRACON – Instituto Brasileiro do Concreto



PCI – Precast/Prestressed Concrete Institute



PTI – Post-Tensioning Institute