

## Por que Usar a Protensão não Aderente em Edifícios?

Eng. Eugênio Luiz Cauduro  
Consultor em Protensão e Metodologias  
Construtivas em Construção Civil

Em primeiro lugar, lembremo-nos do início da aplicação da protensão no Brasil. Em 1949, foi inaugurada a primeira ponte em concreto protendido do Brasil e das Américas, a Ponte do Galeão, que dá acesso aquele aeroporto do Rio de Janeiro, e foi recorde mundial de vão durante alguns anos. Um dos integrantes da equipe de sua construção foi o jovem engenheiro Carlos Freire Machado, que depois se tornaria presidente da STUP - Processos Freyssinet S. A. e foi o grande professor e responsável pela divulgação da protensão por todo o Brasil. Essa ponte, que continua sendo o principal acesso ao Aeroporto do Galeão, foi construída no sistema não aderente, usual ainda por muitos anos no Brasil e no mundo.

O sistema não aderente de então consistia em se pintar os fios com betume, envolvê-los com uma ou mais camadas de fitas de papel Kraft enroladas helicoidalmente sobre os fios, formando uma bainha para isolá-los do concreto e permitindo o deslizamento dos fios em seu interior. Essas fitas de papel foram substituídas por plástico, mas ainda não estanques, pois permitiam que a nata de cimento do concreto pudesse muitas vezes penetrar em seu interior.

Em seguida, na Europa e no Brasil, desenvolveu-se o uso de bainhas metálicas, tubos feitos de chapa fina de aço que poderiam conter diversos fios de aço de protensão em seu interior e que possibilitavam a injeção de uma mistura de cimento, areia e água, pasta protetora contra a corrosão do aço, deixando-se, então, de pintar os fios com betume para protegê-los. Anos depois, com o avanço das técnicas de produção de pasta e da operação de injeção em si, os projetistas estruturais passaram a considerar essa pasta não só protetora contra a

corrosão, mas também como interveniente na aderência do aço de protensão à massa de concreto que envolvia a bainha. É a protensão aderente.

### Evolução

Ao mesmo tempo, nos Estados Unidos, desenvolveu-se o uso de bainhas plásticas em forma de tubos, que também poderiam conter os fios em seu interior e permitiam a injeção de pasta de cimento. Paralelamente a isso, também nos Estados Unidos, iniciava-se a protensão leve, assim denominada por ser aplicada por cabos de pequena potência espalhados principalmente em lajes de edifícios. Os cabos eram formados por fios de aço de protensão, engraxados para proteção contra a corrosão, e envolvidos por fitas plásticas enroladas helicoidalmente. Passaram para uso de fitas longitudinais dando uma ou duas voltas sobre o cabo e seladas longitudinalmente com máquinas. Esse período foi marcado por uma série de incidentes em obras, devido à não estanqueidade das bainhas, que permitiam o acesso de agentes agressivos ao aço, principalmente da água com os sais muito utilizados no país para derreter a neve caída sobre os edifícios de estacionamentos de automóveis.

A evolução final já data de mais de 30 anos, com o uso de cordoalha individual engraxada que ganhou uma capa (bainha) tubular de polietileno de alta densidade, extrudada de forma contínua sobre a cordoalha, promovendo uma perfeita estanqueidade e eliminando os problemas anteriores de possibilidade de acesso de agentes corrosivos ao aço.

## Processo Prático Integral

A praticidade típica americana desenvolveu todo um processo de protensão, com dispositivos, peças e equipamentos que tornam a execução muito prática, aliado a técnicas de projeto que possibilitam a simplificação do trabalho dos operários das obras.

Esse conjunto evita ao máximo os erros humanos e permite que a construção seja feita tal qual foi projetada, sem esforços ou controles especiais.

O processo prático de protensão consta de:

1 - ancoragem de ferro fundido nodular barato, para uma só cordoalha.

2 - cunha externamente toda cônica (mais barata) bipartida (mais barata) que permite sua colocação com os dedos das mãos dentro do nicho da ancoragem.

3 - fôrma plástica para formar o nicho necessário ao acesso do macaco, de um só uso (barata) e de ângulo fixo (90°, 60° ou 45°), o que evita os erros na confecção das antigas fôrmas de madeira de ângulos variáveis.



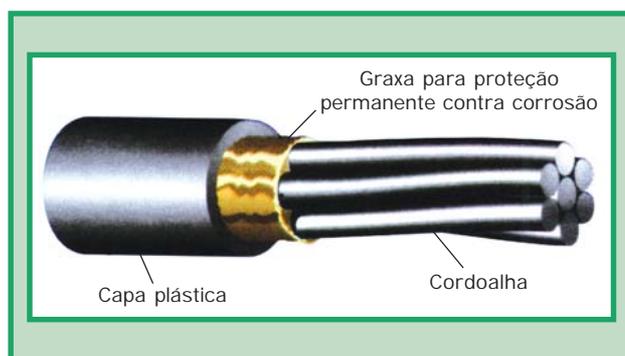
Ancoragem fundida, com tampa plástica, cunha bipartida e forma plástica para nicho a 90°

4 - macaco hidráulico de dois pistões paralelos, com rasgo central que segura a cordoalha entre os dois pistões. Essa concepção permite que se coloque o macaco em qualquer parte do comprimento da cordoalha. Para que seja feita a protensão.



Macaco de dois pistões e rasgo central

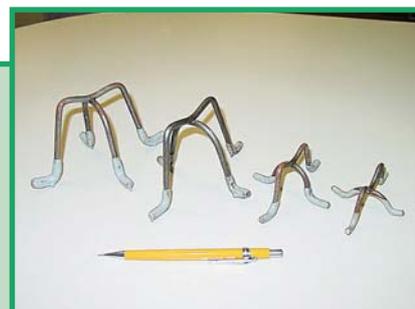
5 - cordoalha de aço envolta por camada de graxa protetora contra a corrosão e coberta por uma capa (bainha) plástica de polietileno de alta densidade extremamente resistente aos trabalhos nos canteiros de obras. Por ser embainhada individualmente, cada cordoalha pode ser transportada e distribuída sozinha, evitando-se a movimentação conjunta das quatro cordoalhas usuais no sistema de bainhas metálicas.



6 - cadeirinhas metálicas ou plásticas para suporte dos cabos nas cotas corretas, com medidas fixas que evitam erros comuns nos caranguejos tradicionais. São usadas também para os negativos sobre pilares.



Cadeiras plásticas para suporte e ajuste de cotas



Cadeiras metálicas para suporte e ajuste de cotas

O desenho do lançamento dos cabos nas lajes lisas é de uma feliz simplicidade: ao contrário do desenho antigo herdado da escola francesa que fazia um entrelaçamento dos cabos obrigando a uma complicada "costura" na obra, o sistema americano prevê que as cordoalhas sejam depositadas em camadas: a primeira sobre a fôrma numa direção; a segunda, ortogonal sobre a primeira camada; e, finalmente, a terceira camada de cabos é depositada sobre a segunda, sem "costuras" de cabos.



Distribuição de cabos em camadas, com cadeirinhas metálicas para suporte nas cotas

A operação de protensão também é extremamente simplificada: depois de feita com tinta spray (rápida e segura) a marcação na cordoalha para referência dos alongamentos, é colocado o macaco e é elevada a pressão hidráulica de zero à pressão máxima de projeto de uma só vez, pois:

1 - não há necessidade de retificação da cordoalha, visto que não há folga (espaço) entre a cordoalha e sua bainha plástica;

2 - que não há o risco de a cordoalha ficar presa por aderência ao concreto em caso de rasgo da bainha, devido à presença da graxa.

Em 30 segundos a operação está concluída e faz-se em seguida a leitura do alongamento resultante. Assim, evita-se a antiga operação de leitura de alongamentos em até 4 intervalos de pressão e mais a correção final.

O sistema também dispensa a operação de injeção de pasta de cimento necessária no sistema aderente. Em edifícios, a injeção além de ser mais uma operação de execução, provoca outros serviços principalmente de limpeza da obra.

Conhecidas as características acima, e sabendo da preferência total dos americanos pelos edifícios em lajes lisas sem vigas, pode-se relacionar muitas razões por que também o mercado brasileiro está adotando essa solução:

## VANTAGENS DA LAJE PROTENDIDA MACIÇA LISA SEM VIGAS EM EDIFÍCIO

### FORMAS

- ◆ Menor desembolso inicial - aluguel - R\$ distribuído
- ◆ Elimina cerca de 70% da confecção de fôrma na obra;
- ◆ Facilidade nas modificações de planta de uma laje para outra;
- ◆ Facilidade na obtenção de prumo dos pilares, que podem ser concretados antes da laje;
- ◆ Permite que a fôrma da laje seja montada após a desmoldagem dos pilares
- ◆ Diminuição do número de oficiais carpinteiros (de 15 para 5, no exemplo orçado)
- ◆ Diminuição do custo (pouca mão de obra);
- ◆ Aumento da produtividade (2,38 m<sup>2</sup>/h contra 1,05 m<sup>2</sup>/h);
- ◆ Diminuição de prazo (de 164 para 131 dias estrutura de prédio de 15 andares, 400 m<sup>2</sup>/laje);
- ◆ Conseqüente diminuição do custo administrativo

### ARMAÇÃO

- ◆ Diminuição da quantidade de aço na laje ( 4.9 t contra 7.8 t)
- ◆ Rapidez de montagem (ausência de vigas);
- ◆ Mínimos erros de cobrimentos (laje e pilares mais espessos);
- ◆ Facilidade no transporte de rolos de cordoalhas cortadas (cabos);
- ◆ Facilidade no desenrolamento dos cabos;
- ◆ Diminuição de prazo.

### CONCRETO

- ◆ Facilidade na execução de piso nivelado (piso zero realmente zero, após a desforma);
- ◆ Dificilmente ocorrem bicheiras (lajes e pilares mais espessos);
- ◆ Rapidez na concretagem (não há vigas);
- ◆ Diminuição de prazo.

### ARQUITETURA

- ◆ Varandas mais econômicas (ausência de ralos e de forros);
- ◆ Maior espaço nas garagens e melhor circulação (menor número de pilares e maiores vãos);
- ◆ Redução do pé-direito das garagens (menor escavação);
- ◆ Facilidade na distribuição dos cômodos (ausência de vigas e maiores vãos entre os pilares);
- ◆ Facilidade na colocação de paredes de gesso acartonado;
- ◆ Custo menor dos corredores (ausência de forros);
- ◆ Ausência de contra-piso (menor deformação das lajes);
- ◆ Reduz o custo da fachada, devido à exatidão nos prumos. ◆