

ARMADURAS PARA CONCRETO ESTRUTURAL

Especificação Particular

C D T - CENTRO DE DESENVOLVIMENTO TECNOLÓGICO

Setembro de 2022



DESIGNAÇÃO - ARTERIS ES – 118 Rev.01

**Especificação Particular para Execução de
Armaduras para Concreto Estrutural**

Designação ARTERIS ES 118- Rev. 01 (setembro/2022)



1. RESUMO

Esta especificação particular estabelece a sistemática a ser empregada na execução, aceitação e medição para os dobramentos e montagens das armaduras utilizadas em concreto armado e protendido nas obras de arte especiais nas rodovias administradas pelo grupo ARTERIS.

2. DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA

Para o entendimento desta especificação devem ser consultados os documentos seguintes, em suas versões mais recentes:

- NBR 7480. Aço destinado às armaduras para estruturas de concreto armado - Requisitos
- NBR 7481. Tela de aço soldada nervurada para armadura de concreto - Requisitos
- NBR 7482. Fios de aço para estruturas de concreto protendido - Especificação
- NBR 7483. Cordoalhas de aço para estruturas de concreto protendido – Especificação
- NBR 6118. Projeto de estruturas de concreto - Procedimento.
- NBR 14931. Execução de estruturas de concreto. Procedimento.
- NBR 7681-1. Calda de cimento para injeção. Parte 1: Requisitos
- NBR 15261. Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Determinação da variação dimensional (retratação ou expansão linear)

3. DEFINIÇÃO

Armadura é o conjunto de elementos de aço de uma estrutura de concreto armado ou protendido, capaz de suportar os carregamentos preestabelecidos, dentro dos limites de tensões e deformações previstas.

4. MATERIAIS

As armaduras para concreto armado e concreto protendido devem ser constituídas por barras, cordoalhas, fios e telas de aço que atendam, em suas respectivas categorias, às regulamentações normativas da NBR 7480, NBR 7481, NBR 7482 e NBR 7483. A NBR 6118 define as condições de utilização destes materiais em cada caso.

Além das armaduras são utilizados arames, espaçadores, pastilhas, bainhas e dispositivos de ancoragem para garantir o cobrimento, espaçamento e o posicionamento das barras.

A executante deve receber os aços e efetuar inspeção rigorosa do material, verificando a procedência, tipo e bitola. Deve ainda programar ensaios para comprovação estatística de qualidade, estocar e catalogar separadamente o material, por fornecedor, categoria e bitola, em local protegido contra intempéries e contaminações.

É importante observar a homogeneidade geométrica do lote, linearidade das barras, inexistência de bolhas, esfoliações, corrosão precoce, impurezas graxas e argilosas e boletins comprobatórios das características físicas de resistência.

Os lotes que não atendam aos quesitos de qualidade devem ser rejeitados.

O tipo de bainha para envelopar as unidades de protensão, é normalmente definida em projeto. São metálicas, galvanizadas, corrugadas, flexíveis ou semirrígidas, e devem ter diâmetro compatível com cada cordoalha projetada. As características prescritas para as bainhas devem ser confirmadas na inspeção de recebimento.

As condições estabelecidas nesta especificação são válidas para armaduras preparadas no local ou pré-fabricadas.

5. EXECUÇÃO

Em nenhum caso deve ser empregado na estrutura, aço de qualidade diferente da especificada no projeto, sem prévia aprovação do projetista responsável.

5.1. Armadura passiva

5.1.1. Transporte e estocagem

Conforme ABNT NBR 14931, item 8.1.3

Preferencialmente, o armazenamento deve ser realizado sobre plataformas de madeira, contínua ou não, 20 cm acima do solo, nivelado, e coberto com lona ou capa plástica impermeável.

As bainhas para abrigar unidades de protensão, fornecidas em rolos, devem ter comprimento suficiente para atender à montagem com o menor número possível de emendas.

5.1.2. Limpeza

Conforme ABNT NBR 14931, item 8.1.4

5.1.3. Preparo armaduras passivas – Concreto Armado

As armaduras devem ser dobradas segundo orientação de projeto e a NBR 6118, catalogadas e referenciadas por elemento estrutural, deve ser posicionada e estocada em local protegido, devendo o aço a ser utilizados nessa armadura atender a NBR 7480.

Os raios de dobramento devem atender às recomendações normativas definidas na NBR 6118.

A tolerância dimensional para posicionamento da armadura na seção transversal deve obedecer ao disposto no item 9.2.4 da NBR 14931.

Nos casos onde haja exigência de utilização de aço com características especiais à fadiga, a encomenda do aço deve ser feita diretamente ao produtor, mencionando a exigência.

5.1.4. Montagem das armaduras passivas – Concreto Armado

As armaduras devem ser posicionadas atendendo, com rigor, as indicações constantes de projeto. As emendas das barras, geralmente por transpasse, devem ser definidas em projeto e atendidas com rigor.

Quando for conveniente adotar outro padrão de emenda por imposição construtiva, deve-se proceder conforme os itens a seguir, após consulta e análise do projetista.

- a) soldagem de topo com eletrodos;
- b) soldagem de topo por caldeamento em bancada;
- c) soldagens por superposição;
- d) emendas com emprego de luvas, rosqueadas ou prensadas.

As emendas são regidas por regulamentação própria de segundo a NBR 6118 e devem ser obedecidas às disposições e limitações impostas pela NBR 14931, item 8.1.5.4 – Emendas.

O cobrimento especificado para a armadura no projeto deve ser mantido por dispositivos adequados ou espaçadores e sempre se refere à armadura mais exposta. É permitido o uso de espaçadores de concreto ou argamassa, desde que apresentem relação água e cimento menor ou igual a 0,5 ($a/c \leq 0,5$), e espaçadores plásticos ou metálicos, com as partes em contato com as fôrmas revestidas com material plástico ou outro material similar.

Não devem ser utilizados calços de aço, cujo cobrimento, depois de lançado o concreto, tenha espessura menor que o especificado em projeto.

O posicionamento das armaduras negativas deve ser objeto de cuidados especiais em relação à posição vertical. Para tanto, devem ser utilizados suportes rígidos e suficientemente espaçados para garantir seu posicionamento.

Deve ser dada atenção à armadura e ao cobrimento onde existam orifícios de pequenas aberturas, conforme item 7.2.5 da NBR 14931.

5.1.5. Proteção

Conforme ABNT NBR 14931, item 8.1.6.

5.2. Armadura ativa

5.2.1. Preparo armaduras ativas – Concreto Protendido

Em qualquer situação as armaduras de protensão devem estar garantidas quanto à manutenção da sua integridade física até o instante da utilização. Este cuidado se estende à preservação das bainhas.

É vedada a proteção contra corrosão precoce das bainhas com a utilização de óleos solúveis.

Os aços e bainhas, fornecidos em rolos, devem ser mantidos em área arejada e coberta, protegida

eficientemente contra intempéries, sobre cavaletes e devidamente referenciadas.

Devem ser tomados os cuidados necessários relativos à segurança pessoal dos operários nas atividades de remoção e transporte das barras, ou rolos de bainhas, ou aço. Os aços fornecidos em rolos armazenam energia potencial e, quando liberados dos fixadores, experimentam movimentações abruptas, colocando em risco os operadores.

A bainha plástica de polietileno dos cabos não aderentes, aplicação de protensão externa, deve ser protegida contra danos físicos desde o recebimento, armazenamento, transporte e colocação.

5.2.2. Montagem das armaduras ativas – Concreto protendido

Cada cabo ou montagem deve conter cordoalhas, ou fios de mesma categoria, bitola e procedência.

Todas as unidades de protensão e cabos devem ser posicionados rigorosamente conforme prescrito no projeto, com os seguintes índices de tolerância relativa à posição real:

- fugas na vertical: 10 mm;
- fugas na horizontal: 20 mm.

Caso ocorram interferências significativas no posicionamento das bainhas com as armaduras passivas da peça a ser protendida, a projetista deve ser consultada para os ajustes necessários.

Em qualquer situação deve ser atendida a exigência pertinente à observância dos cobrimentos. Os espaçamentos relativos entre os cabos devem ser observados com rigor.

As bainhas devem ser fixadas com garantia de imobilidade durante a concretagem. Devem ser usados tantos fixadores e espaçadores quanto forem necessários para esta finalidade específica. Em geral, dois ou três fixadores em cada metro de bainha atendem esta necessidade. O uso de soldas só deve ser permitido entre armaduras construtivas, de fixação ou montagem.

As emendas de bainhas são feitas por meio de luvas apropriadas para esta finalidade. A estanqueidade deve estar 100% garantida para impedir a penetração da nata do cimento durante a concretagem da peça estrutural, e o possível comprometimento da protensão futura.

A estanqueidade deve ser perseguida com rigor, inclusive, nos locais onde devem ser implantados os bicos de injeção dos cabos com aderência posterior.

Os cabos e dispositivos de ancoragem já posicionados nos locais definitivos devem ser protegidos contra intempéries e outros elementos nocivos.

O planejamento de obra deve minimizar os intervalos de tempo entre a montagem das armaduras protendidas e a concretagem da peça, evitando exposição prolongada das armaduras, principalmente em regiões catalogadas como de agressividade atmosférica superior.

5.2.3. Protensão

Devem ser respeitadas todas as disposições constantes do anexo A e C da NBR 14931. Os serviços de protensão exigem mão-de-obra reconhecidamente capacitada.

As extremidades dos fios não devem ser lubrificadas para evitar escorregamentos nas garras do macaco, quando da execução da protensão.

Os equipamentos devem estar calibrados no momento da protensão, e os certificados de aferição devem ser apresentados à fiscalização.

Todos os dispositivos necessários para a fixação dos cabos, cunhas, devem estar disponíveis e limpos no momento da execução da protensão.

No posicionamento dos macacos e eventuais dispositivos complementares devem ser observados os procedimentos recomendados pelo fabricante. Não se deve permitir a presença de terceiros atrás dos macacos durante a operação de protensão.

As cargas de protensão e os seus limites são as especificadas no projeto.

Devem ser realizadas leituras do manômetro e dos correspondentes alongamentos atingidos a cada 5,0 MPa para montagem das planilhas de protensão. O alongamento final, teórico, e geralmente fornecido, é um parâmetro comparativo regulador destas atividades.

Cabos com traçado similar oferecem alongamentos médios proporcionais ao seu comprimento. Este é um parâmetro comparativo útil para regular estas atividades.

O operador deve estar alerta para perceber quando o indicador manométrico indica o alcance da carga limite, indicada em projeto, sem o correspondente alongamento normal.

Esta situação indica a presença de cabos presos; os indicadores de carga aplicada e o alongamento obtido fornecem subsídios para a determinação teórica da posição provável do ponto-preso.

Se esta situação ocorrer, a fiscalização deve ser informada para serem executadas as análises específicas da projetista para a qualificação da protensão.

Para eventuais avaliações da variação carga x alongamento, o módulo de deformação longitudinal do aço das cordoalhas deve ser tomado como $E_0 = 195 \text{ GPa}$. Este valor, entretanto, deve ser substituído pelo valor fornecido pelo fabricante ou quando atestado por ensaios de laboratório.

5.2.4. Injeção dos cabos

Devem ser liberados para injeção cabos que atendam a:

- aferição de desvios absolutos da relação $F_p \times \text{Along} \leq 5\%$;
- cabos liberados por instâncias superiores: fiscalização ou projetista.

Os cabos cravados e liberados devem ser injetados no prazo máximo de uma semana.

Imediatamente antes da injeção o cabo deve ser lavado através da injeção, sob pressão, de água

potável.

A injeção é constituída por calda de cimento Portland, cuja composição deve ser aprovada previamente pela fiscalização e atender aos seguintes indicadores médios:

- resistência à compressão: CP's cilíndrico de 50mm de diâmetro x 100mm de altura: $F_{ck} \geq 25$ MPa, aos 28 dias de cura;
- fluidez: medida no cone Marsh, segundo a NBR 7681-2;
- exsudação: máxima de 2%, regulamentação pela NBR 7681-3;
- retração, NBR 15261, limitada a 2,80 mm/m aos 28 dias;
- expansão: medida em dispositivos graduados: no máximo 7% após 2 horas da mistura;
- tempo máximo para término de pega: 24 horas;
- fator água/cimento máximo: 0,40 para preenchimento de bainhas e dutos de armaduras de protensão;
- aditivos aceitos, sob critério da fiscalização, desde que atendam a NBR 11768 e isentos de cloretos e halogenetos e outras substâncias que possam ser agressivas ao aço;
- cimentos devem atender o item 4.1 da NBR 7681-1.

6. CONTROLE DE QUALIDADE

O controle dos procedimentos descritos nesta especificação deve ser feito durante sua execução e implica na aceitação dos seguintes condicionantes:

- comprovação da qualidade dos aços, por ensaios dos lotes formados e ensaiados conforme NBR 7480; NBR 7481; NBR 7482; NBR 7483;
- comprovação da exatidão do posicionamento das armaduras;
- condições adequadas das emendas;
- posicionamento e estanqueidade das bainhas nos casos de protensão posterior;
- posicionamento e estanqueidade das luvas nos casos de protensão aderente;
- boletins consistentes relativos às atividades de protensão.

7. ACEITAÇÃO

7.1. Materiais

O aço é aceito desde que as exigências das: NBR 7480, NBR 7481, NBR 7482, NBR 7483, conforme o caso, sejam atendidas e devidamente atestadas por certificados dos ensaios realizados para cada lote amostrado.

7.2. Montagem da armadura

A montagem das armaduras é aceita desde que todos os itens de controle tenham sido observados e atendidos. A concretagem da peça só pode ser liberada em função desta constatação.

8. CONTROLE AMBIENTAL

Os procedimentos de controle ambiental referem-se à proteção de corpos d'água, da vegetação lindeira e à segurança viária. A seguir são apresentados os cuidados e providências para proteção do meio ambiente a serem observados no decorrer da execução das armaduras.

- a) o material descartado deve ser removido para locais apropriados, definido pela fiscalização, para preservar as condições ambientais, e não ser conduzido a cursos d'água;
- b) evitar que o concreto aplicado extravase em direção aos corpos d'água;
- c) é proibido o lançamento da água de lavagem das betoneiras na drenagem superficial e em corpos d'águas. A lavagem só deve ser executada nos locais pré-definidos e aprovados pela fiscalização;
- d) é obrigatório o uso de EPI, equipamentos de proteção individual, pelos funcionários.