

BÁSICO DE PROJETO DE FERRAGEM

 Cursoslivres



Fundamentos do Concreto Armado e Armaduras

Introdução ao Concreto Armado

O concreto armado representa uma das inovações mais significativas da engenharia civil moderna, permitindo a execução de estruturas robustas, duráveis e adaptáveis às mais diversas exigências arquitetônicas e funcionais. Sua aplicação disseminada em obras de pequeno, médio e grande porte decorre de sua versatilidade e da eficiente combinação entre seus componentes: o concreto e o aço.

1. Conceito de Concreto Armado

O termo "concreto armado" designa um material compósito formado pela união de dois elementos principais: o concreto e a armadura de aço. Essa combinação visa explorar as melhores propriedades de cada material, garantindo resistência à compressão, por parte do concreto, e à tração, por parte do aço. Trata-se de um sistema estrutural que permite a construção de lajes, vigas, pilares, fundações, reservatórios e diversos outros elementos estruturais, atendendo às exigências de segurança, funcionalidade e durabilidade.

A origem do concreto armado remonta ao século XIX, com o francês Joseph Monier, que inicialmente utilizou barras de ferro para reforçar vasos de plantas. O desenvolvimento técnico e normativo subsequente consolidou o sistema como um dos pilares da construção civil contemporânea.

2. Importância na Construção Civil

A relevância do concreto armado na construção civil é multifacetada. Primeiramente, destaca-se sua adaptabilidade a diferentes formas e dimensões, permitindo liberdade arquitetônica e soluções econômicas e eficazes. Além disso, a matéria-prima essencial – cimento, agregados, água e aço – é amplamente disponível, contribuindo para a sua popularização.

Outros fatores relevantes incluem:

- **Durabilidade:** quando bem projetado e executado, o concreto armado pode resistir por décadas a agressões físicas, químicas e mecânicas.
- **Resistência ao fogo:** o concreto tem bom desempenho em situações de incêndio, oferecendo tempo suficiente para evacuação e controle de danos.
- **Custo-benefício:** em muitos contextos, apresenta-se como uma alternativa mais econômica em comparação com sistemas metálicos ou de madeira, principalmente quando se considera a vida útil e a manutenção da estrutura.

A presença do concreto armado em edificações urbanas, obras de infraestrutura (pontes, viadutos, barragens) e equipamentos públicos (escolas, hospitais) evidencia seu papel central no desenvolvimento urbano e social.

3. Componentes do Concreto Armado

3.1 O Concreto

O concreto é um material de construção composto por cimento Portland, agregados (areia e brita), água e, em muitos casos, aditivos químicos. Ele apresenta excelente resistência à compressão, mas é notoriamente fraco sob esforços de tração. Sua função principal no concreto armado é resistir aos esforços compressivos que atuam nos elementos estruturais.

A plasticidade do concreto fresco permite sua moldagem em diferentes formatos, o que é fundamental na construção de elementos estruturais diversos. Após o endurecimento (processo de hidratação do cimento), o concreto atinge rigidez e resistência adequadas à sua função estrutural.

3.2 O Aço

A armadura de aço é inserida no interior do concreto para resistir aos esforços de tração e cisalhamento, além de controlar fissuras. O aço empregado geralmente é do tipo CA-50 ou CA-60, barras com superfície nervurada que promovem melhor aderência ao concreto. A boa aderência entre concreto e aço é essencial para garantir o comportamento conjunto do sistema.

Além de resistir à tração, o aço também contribui para o comportamento dúctil da estrutura, permitindo que ela suporte deformações significativas antes do colapso, o que é fundamental para a segurança estrutural, principalmente em situações de sobrecarga ou eventos sísmicos.

4. Interação entre Concreto e Aço

A eficácia do concreto armado depende da interação sinérgica entre o concreto e o aço. Para que esse trabalho conjunto seja eficiente, três condições fundamentais devem ser satisfeitas:

- **Aderência eficaz:** as deformações entre aço e concreto devem ser compatíveis para que o esforço de tração seja transmitido sem deslizamentos.
- **Compatibilidade de deformações térmicas:** os coeficientes de dilatação térmica de ambos os materiais são similares, evitando tensões internas devido à variação de temperatura.
- **Proteção do aço:** o concreto fornece proteção ao aço contra a corrosão e o fogo, desde que respeitado o cobrimento mínimo estabelecido pelas normas.

5. Considerações Finais

O concreto armado é um sistema construtivo de amplo uso e enorme relevância na engenharia civil. Sua eficiência resulta da união entre o concreto, resistente à compressão, e o aço, resistente à tração, formando um material compósito que apresenta excelente desempenho estrutural. Com base em princípios bem definidos de mecânica dos materiais e em normas técnicas rigorosas, o concreto armado permite soluções versáteis, econômicas e seguras para as demandas da sociedade contemporânea.



Referências Bibliográficas

- ABNT. **NBR 6118: Projeto de estruturas de concreto – Procedimento**. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2014.
- HELENE, P. R. L.; ANDRADE, T. C. A. **Concreto Armado: fundamentos**. São Paulo: Pini, 2002.
- FIGUEIREDO FILHO, J. R. et al. **Concreto Armado: teoria e prática**. São Paulo: Érica, 2017.
- LAFETÁ, J. L. B. **Curso Básico de Concreto Armado**. Rio de Janeiro: LTC, 2010.
- SOUSA, R. A.; FUSCO, P. B. **Estruturas de Concreto Armado**. São Paulo: Blucher, 2012.



Vantagens e Limitações do Concreto Armado

O concreto armado, amplamente utilizado na construção civil, é resultado da associação entre dois materiais com propriedades complementares: o concreto e o aço. Essa união forma um compósito que apresenta excelente desempenho estrutural e se adapta a uma ampla gama de aplicações. Contudo, como qualquer sistema construtivo, o concreto armado apresenta tanto vantagens quanto limitações, que devem ser consideradas desde a fase de projeto até a execução e manutenção das estruturas.

1. Vantagens do Concreto Armado

1.1 Versatilidade de aplicação

Uma das maiores qualidades do concreto armado é sua versatilidade. Ele pode ser moldado em praticamente qualquer forma, permitindo liberdade arquitetônica. Essa característica o torna ideal para construções que requerem elementos estruturais personalizados, como lajes curvas, pilares inclinados ou formas esculturais. Além disso, é aplicável a obras residenciais, comerciais, industriais, de infraestrutura e urbanas.

1.2 Alta resistência à compressão

O concreto apresenta excelente resistência à compressão, sendo ideal para resistir aos esforços normais que atuam sobre pilares, fundações e outras partes comprimidas das estruturas. Quando aliado ao aço, que é resistente à tração, compensa-se uma das principais deficiências do concreto simples.

1.3 Durabilidade e resistência ao fogo

Se bem projetado e executado, o concreto armado pode apresentar elevada durabilidade, resistindo a intempéries, agentes agressivos e abrasão. Ele também é um material incombustível, oferecendo boa resistência ao fogo, o que aumenta a segurança estrutural em caso de incêndios.

1.4 Boa aderência entre concreto e aço

A aderência entre os materiais é eficiente devido às propriedades físico-químicas da interface e à rugosidade superficial das barras de aço (nervuras). Isso permite que os esforços sejam transmitidos com eficácia entre os dois materiais, garantindo o comportamento solidário da estrutura.

1.5 Disponibilidade de materiais

O concreto armado utiliza materiais amplamente disponíveis: cimento, areia, brita, água e aço. Isso reduz os custos logísticos e torna sua aplicação viável em diferentes regiões, inclusive em locais remotos.

1.6 Baixo custo inicial

Em comparação com outros sistemas estruturais, como aço estrutural ou madeira tratada, o concreto armado costuma apresentar custo inicial competitivo, especialmente quando se consideram a mão de obra local e a disponibilidade dos materiais.

2. Limitações do Concreto Armado

2.1 Baixa resistência à tração do concreto

O concreto, por natureza, possui baixa resistência à tração, sendo incapaz de resistir a esforços trativos sem o auxílio do aço. Por isso, ele depende das armaduras metálicas para garantir a integridade em regiões tracionadas, como nas faces inferiores de vigas e lajes.

2.2 Peso elevado

O concreto armado é um material estrutural relativamente pesado. Isso implica em maiores cargas permanentes sobre fundações, o que pode exigir soluções estruturais mais robustas e onerar o projeto. Em estruturas verticais altas, esse fator também afeta o dimensionamento dos sistemas de sustentação e transporte de cargas.

2.3 Tempo de cura e desforma

A construção com concreto armado exige tempo para a cura do concreto antes que a estrutura atinja a resistência desejada. Isso pode impactar o cronograma de obras, especialmente em situações em que se requerem resultados rápidos. O tempo de desforma e escoramento deve seguir normas específicas para evitar deformações excessivas ou fissuração.

2.4 Exige controle rigoroso de execução

A qualidade do concreto armado depende fortemente da correta execução em obra. Proporções inadequadas, falhas de compactação, posicionamento incorreto das armaduras ou uso de concretos com baixa resistência podem comprometer seriamente a segurança e a durabilidade da estrutura.

2.5 Susceptibilidade à corrosão da armadura

Em ambientes agressivos, como regiões costeiras ou industriais, o aço dentro do concreto pode sofrer corrosão caso o cobrimento mínimo não seja respeitado ou se houver entrada de agentes agressivos (como cloretos). A corrosão das armaduras leva à perda de seção resistente e fissuração do concreto, comprometendo a estrutura.

2.6 Dificuldade de modificações posteriores

Ao contrário de estruturas metálicas ou de madeira, as alterações em elementos de concreto armado existentes são mais complexas e dispendiosas. A demolição parcial, a abertura de passagens e a realocação de elementos estruturais geralmente exigem cálculos específicos e intervenções técnicas sofisticadas.

3. Avaliação Crítica e Aplicação Consciente

A decisão pelo uso do concreto armado deve considerar as características do projeto, as exigências normativas, as condições locais e a mão de obra disponível. Embora suas vantagens o tornem o sistema preferencial na maior parte das edificações, as limitações apontadas exigem atenção técnica rigorosa.

Projetistas devem prever, por exemplo, a proteção adequada das armaduras, o uso de aditivos para controle de retração e durabilidade, e o detalhamento conforme normas atualizadas (como a ABNT NBR 6118). Já os executores precisam garantir a conformidade na moldagem, cura, posicionamento das armaduras e controle tecnológico do concreto.

Em certos casos, pode ser vantajoso recorrer a sistemas híbridos, como estruturas mistas de aço e concreto, especialmente quando se busca redução de peso ou maior rapidez na execução.



Referências Bibliográficas

- ABNT. **NBR 6118: Projeto de estruturas de concreto – Procedimento**. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2014.
- MEHTA, P. K.; MONTEIRO, P. J. M. **Concreto: microestrutura, propriedades e materiais**. São Paulo: IBRACON, 2014.
- HELENE, P. R. L.; ANDRADE, T. C. A. **Durabilidade de estruturas de concreto armado**. São Paulo: Pini, 1993.
- FUSCO, P. B. **Estruturas de concreto: solicitações normais e tangenciais**. São Paulo: Edgard Blücher, 2005.
- NEVILLE, A. M. **Propriedades do concreto**. São Paulo: Bookman, 2016.



Tipos de Armaduras no Concreto Armado

O concreto armado é um sistema estrutural composto pela associação entre concreto, resistente à compressão, e armaduras de aço, responsáveis por resistirem às forças de tração, cisalhamento e outras tensões internas que atuam sobre os elementos estruturais. O correto dimensionamento e detalhamento das armaduras é essencial para garantir a integridade, a segurança e a durabilidade das estruturas. Neste contexto, as armaduras são classificadas de acordo com sua função estrutural e sua orientação geométrica dentro do elemento de concreto.

1. Armaduras Longitudinais e Transversais

1.1 Armadura Longitudinal

As armaduras longitudinais são aquelas dispostas ao longo do comprimento dos elementos estruturais. São essenciais para resistir às solicitações normais, seja de tração ou de compressão, que ocorrem em vigas, pilares e lajes.

Nas **vigas**, as armaduras longitudinais localizam-se principalmente na parte inferior, onde o momento fletor gera tração. Quando o momento se inverte, como em estruturas hiperestáticas, também é comum a presença de armadura na parte superior.

Nos **pilares**, as armaduras longitudinais resistem principalmente aos esforços de compressão, mas também devem estar preparadas para eventuais efeitos de tração devido a cargas excêntricas ou ações horizontais, como o vento.

Em **lajes**, as armaduras longitudinais são dispostas nas direções principais de flexão e geralmente organizadas em malhas ortogonais.

1.2 Armadura Transversal

As armaduras transversais são colocadas perpendicularmente às armaduras longitudinais e têm como função principal resistir aos esforços cortantes e de torção, além de garantir o confinamento das armaduras longitudinais e o controle da fissuração.

Nos **pilares**, as armaduras transversais são compostas por estribos ou espirais que envolvem as barras longitudinais, conferindo estabilidade e promovendo o confinamento do concreto, especialmente importante em situações de elevada carga ou em zonas sísmicas.

Nas **vigas**, os estribos também atuam como armadura transversal, resistindo ao cisalhamento induzido pelos esforços internos, sendo posicionados com espaçamento regular ao longo do vão.

2. Armaduras de Tração, Compressão e Cisalhamento

2.1 Armadura de Tração

A armadura de tração é projetada para resistir aos esforços trativos que o concreto, por si só, não suporta de maneira eficaz. A tração pode ocorrer na parte inferior de vigas submetidas à flexão positiva ou em regiões de lajes e fundações. Essas armaduras devem ser bem ancoradas e dispostas de modo a garantir a transferência dos esforços entre aço e concreto.

A correta posição da armadura de tração é crítica, devendo respeitar os cobrimentos mínimos exigidos pelas normas para proteger o aço contra corrosão e garantir aderência adequada.

2.2 Armadura de Compressão

Embora o concreto resista bem à compressão, em situações em que os esforços são muito elevados ou onde se busca otimização do uso de concreto, utiliza-se a armadura de compressão. Tais armaduras ajudam a reduzir a seção necessária do elemento estrutural, aumentam a capacidade resistente e proporcionam maior ductilidade.

Essa armadura também atua para impedir a flambagem das barras comprimidas e para melhorar o comportamento pós-fissuração do concreto.

2.3 Armadura de Cisalhamento

A armadura de cisalhamento, comumente constituída por estribos, tem como objetivo resistir aos esforços cortantes que tendem a provocar fissuras inclinadas nas vigas. Os estribos absorvem essas tensões transversais, colaborando com a resistência da estrutura e prevenindo colapsos frágeis.

A necessidade e o espaçamento das armaduras de cisalhamento são determinados com base nos diagramas de esforço cortante e nas especificações da NBR 6118.

3. Estribos e Grampos

3.1 Estribos

Os estribos são barras dobradas em formato fechado, normalmente quadrado, retangular ou circular, utilizadas para envolver as armaduras longitudinais em pilares e vigas. Nos **pilares**, os estribos são essenciais para o confinamento das barras longitudinais, promovendo a integridade da seção transversal e aumentando a resistência à flambagem.

Nas **vigas**, os estribos exercem função crucial no combate aos esforços cortantes e de torção, sendo dispostos com espaçamento uniforme, geralmente reduzido em regiões próximas aos apoios onde o esforço cortante é maior.

Além de sua função estrutural, os estribos contribuem para a fixação da posição das barras longitudinais, evitando seu deslocamento durante o lançamento do concreto.

3.2 Grampos

Os grampos são elementos de armadura complementar utilizados para amarração e ancoragem de barras longitudinais. São frequentemente empregados para dar continuidade às armaduras em regiões de emenda ou mudança de direção, como em cantos de vigas, interseções ou apoios.

Também podem ser utilizados para reforçar regiões localizadas onde ocorrem concentrações de tensões, como em furos, reentrâncias ou mudanças bruscas de seção.

O correto detalhamento e posicionamento dos grampos garante o adequado comportamento da estrutura, especialmente nas zonas críticas onde o risco de fissuração é maior.



Considerações Finais

O entendimento dos diversos tipos de armaduras no concreto armado é essencial para projetistas, engenheiros, técnicos e operários envolvidos na execução de estruturas. Cada tipo de armadura desempenha um papel específico e complementar no comportamento global do elemento estrutural.

O uso correto das armaduras longitudinais, transversais, de tração, compressão e cisalhamento, bem como a aplicação adequada de estribos e grampos, garante que a estrutura seja segura, eficiente e durável. O detalhamento preciso e o respeito às normas técnicas, especialmente à ABNT NBR 6118, são fatores determinantes para o sucesso da obra.

Referências Bibliográficas

- ABNT. **NBR 6118: Projeto de estruturas de concreto – Procedimento**. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2014.
- FUSCO, P. B. **Estruturas de Concreto Armado**. São Paulo: Edgard Blücher, 2005.
- HELENE, P. R. L.; ANDRADE, T. C. A. **Concreto Armado: fundamentos**. São Paulo: Pini, 2002.
- NEVILLE, A. M. **Propriedades do Concreto**. São Paulo: Bookman, 2016.
- MEHTA, P. K.; MONTEIRO, P. J. M. **Concreto: microestrutura, propriedades e materiais**. São Paulo: IBRACON, 2014.



Propriedades do Aço para Armaduras no Concreto Armado

O aço é um dos elementos essenciais no sistema estrutural do concreto armado, desempenhando papel crucial no enfrentamento dos esforços de tração, compressão e cisalhamento aos quais as estruturas estão submetidas. Para garantir a segurança, durabilidade e desempenho adequado das obras em concreto armado, é fundamental compreender as propriedades mecânicas e geométricas do aço utilizado como armadura, além de conhecer os tipos disponíveis no mercado brasileiro, os procedimentos de controle de qualidade e os ensaios normativos aplicáveis.

1. Tipos de Aço Utilizados em Armaduras

No Brasil, os aços utilizados como armaduras para concreto armado estão padronizados principalmente pelas normas ABNT NBR 7480 e ABNT NBR 6118. Os tipos mais comuns são os denominados **CA-50** e **CA-60**, onde “CA” significa “concreto armado” e o número representa o limite de escoamento mínimo do aço, em megapascals (MPa).

1.1 Aço CA-50

O aço CA-50 é o mais utilizado em armaduras longitudinais e estruturais. Ele apresenta:

- Limite de escoamento mínimo de **500 MPa**;
- Alongamento mínimo de **10%**, o que confere boa ductilidade;
- Barras com superfície **nervurada**, que proporcionam melhor aderência ao concreto.

Por sua combinação entre resistência mecânica, aderência e capacidade de deformação, é adequado para estruturas de médio e grande porte, onde a segurança contra colapso frágil é fundamental.

1.2 Aço CA-60

O aço CA-60 é caracterizado por:

- Limite de escoamento mínimo de **600 MPa**;
- Alongamento mínimo de **2,5 a 5%**, o que indica menor ductilidade em comparação com o CA-50;
- Forma usualmente apresentada em **vergalhões nervurados ou fios trefilados**.

É mais empregado em armaduras secundárias, como estribos, telas soldadas para lajes e fundações, e em situações em que a ductilidade não é o parâmetro predominante de projeto. Sua principal vantagem é o menor consumo de aço por unidade de resistência.

Além dos tipos mencionados, ainda se utiliza o **CA-25** (aço liso), especialmente em obras antigas ou em elementos que não requerem aderência intensa, como grampos e ligadores, mas seu uso tem sido progressivamente substituído pelos aços nervurados.

2. Diâmetros Comerciais das Barras

Os aços para armadura são comercializados em diâmetros padronizados, definidos pela ABNT NBR 7480. Esses diâmetros são importantes para o cálculo de área de aço (A_s) nos projetos estruturais, bem como para compatibilização com os espaçamentos mínimos e cobrimentos exigidos.

Os **diâmetros comerciais** mais comuns são: **4,2 mm; 5 mm; 6,3 mm; 8 mm; 10 mm; 12,5 mm; 16 mm; 20 mm; 25 mm e 32 mm**. Cada diâmetro corresponde a uma área de seção transversal específica, utilizada diretamente nas fórmulas de cálculo da resistência das armaduras.

Os vergalhões são fornecidos em **barras retas de 12 metros** ou em **bobinas**, especialmente os de menor diâmetro (até 10 mm), facilitando o transporte e o corte em obra.

A escolha do diâmetro adequado deve considerar:

- As exigências estruturais (resistência e rigidez);
- O espaçamento mínimo entre barras (evitando interferência e má concretagem);
- A compatibilidade com os moldes e fôrmas da obra;
- A produtividade na armação e montagem.

3. Ensaio e Controle de Qualidade

O desempenho do aço empregado em armaduras depende não apenas de suas propriedades mecânicas, mas também da garantia de que tais propriedades sejam mantidas durante o processo de fabricação e fornecimento. Para isso, são exigidos ensaios mecânicos e procedimentos de controle de qualidade em conformidade com as normas da ABNT.

3.1 Ensaio Mecânicos

Os principais ensaios realizados em laboratório para caracterização do aço para armaduras são:

- **Ensaio de tração:** determina o **limite de escoamento**, **resistência máxima à tração** e o **alongamento** do material. Esses parâmetros são essenciais para o dimensionamento estrutural, pois determinam a capacidade do aço de suportar esforços e deformações antes da ruptura.
- **Ensaio de dobramento e endireitamento:** verifica a **tenacidade** e a **ductilidade** da barra, submetendo-a a uma dobragem até um ângulo especificado, seguido de endireitamento. O aço não deve apresentar trincas ou fissuras visíveis após o ensaio.

- **Ensaio de aderência:** avalia a capacidade da barra nervurada de transferir tensões ao concreto através da interface. Este ensaio é especialmente importante para garantir que o aço não deslize dentro do concreto em condições normais de serviço.

3.2 Controle de Qualidade

As siderúrgicas e fornecedores de aço devem garantir que cada lote de produção atenda aos requisitos da norma ABNT NBR 7480. Isso inclui:

- Identificação por marcações nas barras;
- Certificação técnica do produto;
- Relatórios de ensaio com resultados obtidos;
- Controle dimensional (diâmetro, tolerância, nervuras);
- Análise química da liga metálica.

Na obra, é responsabilidade do engenheiro civil ou técnico responsável verificar a conformidade do aço entregue com o especificado em projeto, bem como acompanhar a correta armazenagem, evitando exposição à umidade e à corrosão.

Considerações Finais

O uso do aço como armadura no concreto armado exige conhecimento técnico preciso de suas propriedades mecânicas, geométricas e normativas. A escolha entre CA-50 e CA-60, a definição dos diâmetros das barras e o controle rigoroso da qualidade do material são fatores que influenciam diretamente a segurança estrutural e a durabilidade das edificações.

Projetistas devem considerar tanto os esforços previstos quanto os critérios de ductilidade e execução, enquanto os responsáveis pela obra devem assegurar o cumprimento das especificações e normas vigentes. A correta seleção e utilização do aço são, portanto, pilares fundamentais do bom desempenho do concreto armado.



Referências Bibliográficas

- ABNT. **NBR 7480: Aço destinado a armaduras para estruturas de concreto armado – Especificação.** Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2020.
- ABNT. **NBR 6118: Projeto de estruturas de concreto – Procedimento.** Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2014.
- NEVILLE, A. M. **Propriedades do Concreto.** São Paulo: Bookman, 2016.
- FUSCO, P. B. **Estruturas de Concreto.** São Paulo: Edgard Blücher, 2005.
- HELENE, P. R. L.; ANDRADE, T. C. A. **Concreto Armado: fundamentos.** São Paulo: Pini, 2002.
- MEHTA, P. K.; MONTEIRO, P. J. M. **Concreto: microestrutura, propriedades e materiais.** São Paulo: IBRACON, 2014.

