



6. ESTRUTURA DE CONCRETO E METÁLICA (06.00.00)

6.1. OBJETIVO

O Caderno de Encargos da SUDECAP tem como objetivo determinar as diretrizes básicas para a execução de estruturas de concreto e metálica, envolvendo seus aspectos construtivos, critérios de medição e pagamento. A construção civil brasileira dos dias atuais está voltando a sua atenção, cada vez mais, para os aspectos inerentes à durabilidade das estruturas, passando pelo inevitável controle de qualidade dos processos e produtos envolvidos em sua execução, 'respeitando-se todas as normas recomendadas pelos organismos de normalização, tal como a ABNT- Associação Brasileira de Normas Técnicas.

6.2. DOCUMENTAÇÃO DE REFERÊNCIA

Para melhor orientação dever-se-á, consultar as seguintes normas:

- NBR NM5 – Concreto compactado com rolo – Determinação da umidade in situ com uso de densímetro nuclear;
- NBR NM26 – Agregados – Amostragem;
- NBR NM49 – Agregado fino – Determinação de impurezas orgânicas;
- NBR NM51 – Agregado graúdo – Ensaio de abrasão “Los Angeles”;
- NBR NM 67 – Concreto – Determinação da consistência pelo abatimento de cone;
- NBR 5732 – Cimento Portland comum;
- NBR 5733 – Cimento Portland de alta resistência inicial;
- NBR 5735 – Cimento Portland de alto-forno;
- NBR 5736 – Cimento Portland pozolânico;
- NBR 5738 – Moldagem e cura de corpos-de-prova cilíndricos ou prismáticos de concreto;
- NBR 5739 – Concreto - Ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos;
- NBR 5875 – Parafusos, porcas e acessórios;
- NBR 6118 – Projeto de estruturas de concreto – Procedimento;
- NBR 6355 – Perfis estruturais de aço formados a frio – Padronização;
- NBR 7190 – Projeto de estruturas de madeira;
- NBR 7211 – Agregado para concreto;
- NBR 7212 – Execução de concreto dosado em central;
- NBR 7350 – Exposição de superfícies de aço para remoção de carepa;
- NBR 7480 – Barras e fios de aço destinados a armaduras para concreto armado;
- NBR 7668 – Segurança na execução de obras e serviços de construção;
- NBR 7348 – Pintura industrial - Preparação de superfície de aço com jato abrasivo e hidrojateamento;
- NBR 8800 – Projeto de estruturas de aço e de estruturas mistas de aço e concreto de edifícios;
- NBR 8540 – Controle da qualidade para o sistema de recebimento de materiais produtivos e serviços – Diretrizes;
- NBR 8548 – Barras de aço destinadas a armaduras para concreto armado com emenda mecânica ou por solda – Determinação de resistência à tração;
- NBR 8953 – Concreto para fins estruturais – Classificação por grupos de resistência;
- NBR 9062 – Projeto e execução de estruturas de concreto pré-moldado;



- NBR 11297 – Execução de sistema de pintura para estruturas e equipamentos de aço - carbono zincado;
- NBR 11578 – Cimento Portland composto;
- NBR 11768 – Aditivos para concreto de cimento Portland;
- NBR 11919 – Verificação de emendas metálicas de barras de concreto armado;
- NBR 12654 – Controle tecnológico de materiais componentes do concreto – Procedimento;
- NBR 12655 – Concreto – Preparo, controle e recebimento – Procedimento;
- NBR 14762 – Dimensionamento de estruturas de aço constituídas por perfis formados a frio – Procedimento;
- NBR 14931 – Execução de estruturas de concreto – Procedimento;
- NBR 15239 – Tratamento de superfícies de aço com ferramentas manuais e mecânicas;
- ISO SIS 5900 – Norma Sueca (Svensk Standard);
- ASTM – D4145-83 (1996) Standard Test Method for Coating Flexibility of Prepainted Sheet;
- ASTM – D1654-92 (2000) Standard Test Method for Evaluationa of Painted or Coated Specimens Subjected to Corrosive Environments;
- ASTM – D660-93 Standard Teste Method for Evaluating Degree of Checking of Exterior Paints;
- ASTM – D4946-89(1999) Standard Teste Method for Blocking Resistance of Architectural Paints;
- ASTM – D564-87(1996) Standard Teste Methods for Liquid Paint Driers.

6.3. ESTRUTURAS DE CONCRETO

6.3.1. Objetivo

O Caderno de Encargos da SUDECAP objetiva estabelecer as diretrizes gerais para a execução dos serviços de fabricação e montagem de estruturas de concreto, em sua ampla gama de aplicação, podendo-se citar pisos, lajes, viadutos, edifícios, muros, etc.

6.3.2. Definições

É necessário consolidar um novo conceito na execução de estruturas de concreto armado em obras, principalmente em se tratando de obras públicas, cuja principal característica deve ser a durabilidade.

Todas as vezes que for mencionado o termo “controle tecnológico” da execução da referida estrutura, subentende-se a existência de um processo mais amplo e abrangente, que se inicia na contratação do projeto estrutural. Tal como se controla a qualidade dos materiais inerentes à estrutura, é fundamental que esse controle de qualidade passe também pela concepção de um projeto estrutural bem elaborado e compatível com os outros projetos complementares necessários às construções, mediante a utilização de técnicas gerenciais de compatibilização de projetos. Isso significa que, já na fase de concepção da estrutura, todas as diretrizes da NBR 6118 devam ser perseguidas e atendidas. Questões afetas aos requisitos de qualidade da estrutura, tais como, capacidade resistente, desempenho em serviço e durabilidade devem ser cuidadosamente estudadas de modo que quando utilizadas, conforme preconizado em projeto, conservem suas segurança, estabilidade e aptidão em serviço durante o período correspondente à sua vida útil.

Neste contexto, é essencial a participação ativa da SUPERVISÃO das etapas do projeto, ainda no escritório do engenheiro projetista, envolvendo discussões sobre a concepção inicial do lançamento da estrutura, passando pelo cálculo propriamente dito e pelo seu detalhamento.

a. Concreto fresco

À massa constituída de agregado miúdo, graúdo, pasta de cimento e ar, dá-se o nome de concreto fresco. Neste tipo de mistura devem ser tomados alguns cuidados indispensáveis à obtenção de um bom concreto no estado fresco, como por exemplo, ser transportado, lançado e adensado sem segregação. Depois de endurecida, a massa deve se apresentar homogênea e com um mínimo de vazios.



Durante a produção de concreto nas obras, deve-se atentar para a garantia das seguintes propriedades:

a.1. Trabalhabilidade

Quando um concreto atende às particularidades de um tipo de estrutura, como dimensões das peças, afastamento e distribuição das armaduras, métodos de transporte, lançamento e adensamento e ao acabamento que se pretende dar, diz-se que ele é um concreto trabalhável. Um concreto deve apresentar uma trabalhabilidade que assegure plasticidade máxima, segregabilidade mínima e consistência apropriada, e depende:

- Da fluidez da pasta dada pelo fator água - cimento;
- Da plasticidade da mistura dada pela proporção entre a pasta e os agregados;
- Da proporção entre os agregados;
- Das características dos agregados;
- De aditivos ou adições utilizadas na mistura.

A trabalhabilidade não é característica inerente ao próprio concreto, mas depende também do tipo de obra. Assim sendo, um concreto para peças de grandes dimensões e pouca armação, pode não ser o mesmo indicado para peças esbeltas e muito armadas, bem como, um concreto que aceite um perfeito adensamento com vibração, provavelmente não dará uma moldagem satisfatória com adensamento manual. Concluindo, um concreto pode ser trabalhável para alguns casos e em outros não.

Vale lembrar que, a má trabalhabilidade gera porosidades, ou seja, diminui a densidade do concreto, transformando-o num concreto de qualidade inferior, com ninhos na estrutura, dificuldades no adensamento e, principalmente, induzindo a um consumo exagerado de água, prejudicando qualidades fundamentais do concreto endurecido como permeabilidade e resistência.

A correção da trabalhabilidade, deve ser feita com a granulometria. Aumentando-se os finos do concreto (cimento e areia), a trabalhabilidade aumentará. Esta regra porém, só é válida até um certo limite, pois, o concreto ficando muito denso se tornará menos trabalhável. A melhor proporção entre os componentes da mistura, é aquela na qual se obtém a trabalhabilidade máxima, com o menor fator água - cimento possível. Em geral, à medida que se aumenta o diâmetro do agregado, diminui-se a quantidade de água, aumentando-se a resistência.

a.2. Fluidez e plasticidade

Juntamente com a segregabilidade, a fluidez e a plasticidade são os elementos que determinam a trabalhabilidade. Plasticidade do concreto é a sua capacidade de adaptar-se às formas e fluidez é a facilidade de escoar em planos. A plasticidade está intimamente relacionada com a granulometria e a fluidez com a quantidade de água.

a.3. Compactabilidade e mobilidade

São duas propriedades das quais depende a consistência do concreto. Consistência segundo o ACI (American Concrete Institute) é “a relativa mobilidade ou facilidade do concreto ou argamassa escoar”. A compactabilidade pode ser caracterizada pela relação entre o peso específico de uma amostra de concreto e a soma teórica dos pesos específicos de seus componentes. Quanto maior este índice mais compacto é o concreto. Já a mobilidade é a propriedade inversamente proporcional à resistência interna e à deformação e depende de três características do concreto fresco: ângulo de atrito interno, coesão e viscosidade. É importante o estudo da mobilidade para se conhecer o comportamento do concreto fresco durante o transporte, lançamento, adensamento e acabamento.

a.4. Consistência

Quando o concreto atende às particularidades da obra como dimensões das peças, armadura, diâmetro máximo do agregado e processo de execução, a trabalhabilidade dependerá apenas da consistência do concreto.

Para uma estrutura específica pode-se utilizar várias misturas trabalháveis mas de consistência variável podendo-se gerar concretos secos, plásticos ou fluidos. A natureza da obra e o adensamento indicarão o grau de consistência mais conveniente.



Podemos definir a consistência como a resistência momentânea do concreto fresco às forças que tendem a modificar sua forma. Dentro de uma mesma consistência ou grau de umidade a trabalhabilidade poderá variar com a granulometria. Os fatores que afetam a consistência do concreto são:

- Teor água/mistura seca;
- Granulometria e forma dos grãos dos agregados;
- Os aditivos;
- Tempo e temperatura.

a.5. Calor de hidratação

O cimento ao hidratar-se eleva muito a sua temperatura e a massa do concreto expande-se. Ao se resfriarem, as camadas externas em contato com o ar, contraem-se e, como o núcleo da massa ainda está expandindo e o concreto ainda não adquiriu coesão suficiente, as camadas externas fissuram e também se separam das internas, enfraquecendo a estrutura. A temperatura atingida é função de temperatura ambiente, do calor de hidratação do cimento empregado, das dimensões do bloco concretado, da velocidade de lançamento, das condições de aeração do ambiente, das propriedades térmicas do agregado e da quantidade de calor que pode ser irradiado.

Deve-se procurar temperaturas mais baixas principalmente nos grandes blocos. Para tal pode-se utilizar gelo em vez de água, reduzir a dosagem de cimento, utilizar cimento de baixo calor de hidratação, reduzir-se a espessura das camadas concretadas e usar-se aditivos retardadores de pega.

É bom procedimento lavar o agregado graúdo uma hora antes da mistura pois, além de diminuir-se a temperatura, ganha-se maior aderência com a pasta.

Aumentando-se o teor de cimento surgem deformações que não compensam o aumento da resistência mecânica. O ideal é ficar com o teor de cimento na faixa de 300 a 400 kg/m³ quando se pretende concretos com alta resistência.

a.6. Segregação

É a separação dos constituintes da mistura impedindo a obtenção de um concreto com características de uniformidade razoáveis. A segregação pode ocorrer por diversos motivos:

- Vibração exagerada em concretos muito plásticos;
- Lançamento de grande distância ou grande altura;
- Número exagerado de voltas na betoneira.

Existem duas formas de segregação: na primeira os grãos maiores do agregado tendem-se a se separar da pasta depositando-se no fundo das formas ou da betoneira ou rolando mais rapidamente quando transportados em calhas. A segunda forma ocorre em concretos muito plásticos quando a pasta separa-se do resto. A primeira forma pode ocorrer em concretos pobres e secos e pode ser combatida aumentando-se a coesão com adição de água. Em misturas muito úmidas ocorre a segunda forma de segregação.

a.7. Tempo de pega

É um fenômeno químico resultante das reações do cimento no qual os agregados influem um pouco, e que mensura com precisão a rapidez em que um determinado concreto inicia o seu endurecimento.

a.8. Exudação

É uma forma particular de segregação. É a tendência de a água de amassamento aflorar enquanto o concreto não faz pega. Formam-se nas superfícies superiores resultando um concreto poroso, fraco e de pouca durabilidade. Combate-se a exudação usando-se a água estritamente necessária para o tipo de adensamento e adicionando-se mais cimento e material pulverulento.

a.9. Incorporação de ar

O ar é incorporado à mistura no amassamento, no lançamento e no manuseio. Se o concreto é lançado de grande altura, a quantidade de ar incorporado aumenta; ao passo que, diminui, à medida que se aumenta o cimento ou que se usa cimento mais fino. O ar incorporado melhora a trabalhabilidade e a impermeabilidade



mas reduz a resistência pois as gotas de ar agem como lubrificante, interrompem o fissuramento contínuo e aumentam os vazios respectivamente. A diminuição de resistência devido ao aumento dos vazios pode ser compensada em parte com a redução da água devido ao aumento de trabalhabilidade.

b. Concreto endurecido

A passagem de um concreto do seu estado fresco para o endurecido requer cuidados especiais, na medida em que são responsáveis pela boa qualidade da peça produzida, garantindo os requisitos mínimos de segurança e durabilidade exigidos. Existem diversos fatores que afetam o desempenho dos concretos, modificando as suas propriedades, e que devem ser observados atentamente pela CONTRATADA. Destacam-se:

b.1. Permeabilidade

Todo concreto produzido deve ter a devida e necessária impermeabilização para que, o mesmo, não permita a percolação de água para o seu interior, fato que irá proporcionar conseqüências danosas à vida útil e durabilidade dos concretos, na medida em que podem provocar a oxidação das armaduras ali existentes, bem como a geração de sais solúveis de conseqüências danosas. Um concreto impermeável é obtido com uma correta dosagem, escolhendo materiais e fator água/cimento adequados, e com uma correta vibração e adensamento.

b.2. Resistência mecânica

A resistência do concreto obtida em corpos-de-prova em laboratório é um indício de qualidade do concreto. Influem na resistência final do concreto o tipo de cimento, o grau de adensamento, o fator água/cimento, o processo de cura além dos agregados.

b.3. Peso

O peso do concreto é função dos componentes, traço e adensamento usados. Normalmente, a resistência do concreto cai com a diminuição da densidade do concreto mantendo-se constantes os outros fatores. A introdução de ar incorporado diminui o peso e a resistência do concreto.

b.4. Retração

Ao secar, o concreto diminui de volume por perda de água. A retração gera gretas capilares e fissuras que comprometem a impermeabilidade do concreto e, por conseqüência, a sua durabilidade. São os seguintes os principais tipos de retração do concreto:

- Retração por sedimentação nas primeiras horas;
- Retração por perda de água nos primeiros dias;
- Variações de volume por dilatação térmica;
- Variações do volume devido à umidade ambiente;
- Deformação lenta.

A norma NBR 14931 recomenda e especifica algumas ações básicas a serem controladas e ajustadas para o controle adequado da cura dos concretos.

b.5. Dilatação

O coeficiente de dilatação do concreto é aproximadamente $0,01\text{mm/m/}^\circ\text{C}$ dentro dos limites de -15 a $+15^\circ\text{C}$. As Normas Brasileiras exigem juntas de dilatação a cada 30 metros para combater os efeitos da dilatação mas dependendo da amplitude da variação da temperatura conforme o local deve-se encurtar as referidas juntas.

As variações bruscas de temperatura poderão gerar tensões prejudiciais ao concreto pois sendo ele um razoável isolante de calor terá temperaturas bem diferentes no núcleo e na superfície. A dilatação depende da natureza do agregado, do traço e do processo de cura.

c. Concreto usinado ou pré misturado

Todo e qualquer concreto utilizado nas obras da PBH, em volumes acima de 6 metros cúbicos (m^3), deverá ser usinado, gerado em centrais dosadoras com o perfeito controle de qualidade dos materiais utilizados e



do processo. Ele pode ser fornecido à CONTRATADA para um sistema de lançamento dito convencional ou bombeado, e deverá respeitar todas as prescrições contidas nas normas NBR 6118 e NBR 14931 da ABNT.

A CONTRATADA deverá indicar um laboratório de concreto, idôneo, da confiança da PBH, onde, com os agregados e cimento utilizados pela concreteira licitante, será reproduzido o concreto a ser fornecido. O objetivo desse procedimento é verificar em laboratório, algumas propriedades do concreto fresco e endurecimento a ser fornecido. Tal procedimento e seus custos correrão por conta da CONTRATADA.

Antes de sua aplicação para produção dos elementos pré-fabricados, o concreto recebido na planta de produção (que não é produzido por ela) deve ter sua consistência analisada com a realização do ensaio de abatimento de tronco de cone, de acordo com as exigências da norma NBR NM 67.

Devem ser mantidos registros documentados internos ou laudos de laboratório com os resultados do ensaio e de qualquer adição de água posterior autorizada pelo responsável pelo recebimento.

Após o recebimento do concreto, este deve ser rastreado, de maneira a proporcionar o controle tecnológico.

6.3.3. Condições gerais

A SUPERVISÃO deverá realizar ainda as seguintes atividades específicas:

- Atender às solicitações efetuadas pela CONTRATADA através do diário de obra, para liberação da concretagem de partes ou peças da estrutura. Tal liberação somente se dará se for solicitada em tempo hábil, para que sejam executadas as eventuais correções necessárias;
- Liberar a execução da concretagem da peça, após conferir as dimensões, os alinhamentos, os prumos, as condições de travamento, vedação e limpeza das formas e do cimbramento, além do posicionamento e bitolas das armaduras, eletrodutos, passagem de dutos e demais instalações. Tratando-se de uma peça ou componente de uma estrutura em concreto aparente, comprovar que as condições das formas são suficientes para garantir a textura do concreto indicada no projeto de arquitetura;
- Não permitir que a posição de qualquer tipo de instalação ou canalização, que passe através de vigas ou outros elementos estruturais, seja modificada em relação à indicada no projeto, sem a prévia autorização da SUPERVISÃO;
- Em estruturas especiais, solicitar, aprovar e acompanhar a execução dos planos de concretagem elaborados pela CONTRATADA;
- Acompanhar a execução de concretagem, observando se são obedecidas as recomendações sobre o preparo, o transporte, o lançamento, a vibração, a desforma e a cura do concreto. Especial cuidado deverá ser observado para o caso de peças em concreto aparente, evitando durante a operação de adensamento a ocorrência de falhas que possam comprometer a textura final;
- Controlar com o auxílio de laboratório, a resistência do concreto utilizado e a qualidade do aço empregado, programando a realização dos ensaios necessários à comprovação das exigências do projeto, cujos relatórios de resultados deverão ser catalogados e arquivados;
- Exigir o preparo das juntas de concretagem, conforme projeto de construção correspondente. No caso de concreto aparente, solicitar ao autor do projeto o plano de juntas, quando não indicado no projeto de arquitetura;
- Solicitar da CONTRATADA, sempre que necessário, o plano de descimbramento das peças, aprovando-o e acompanhando sua execução;
- Verificar continuamente os prumos nos pontos principais da obra, como por exemplo: cantos externos, pilares, poços de elevadores e outros;
- Observar se as juntas de dilatação obedecem rigorosamente aos detalhes do projeto.

6.3.4. Condições específicas

a. Materiais

Os materiais recebidos na planta de produção e destinados à produção dos elementos pré-fabricados ou



montagem, devem ser verificados em relação ao seu aspecto geral, quantidade, validade e demais características, garantindo que eles atendam às especificações de compra estabelecidas.

O estoque de insertos e de outros elementos metálicos, para utilização em elementos pré-fabricados, deve ser realizado em local afastado do solo e demais fontes de umidade, de modo a garantir a não ocorrência de oxidações excessivas ou alteração de suas características de recebimento. O armazenamento deve ser separado por tipo de material ou especificações de projeto, com identificação clara, caso existam peças similares estocadas no mesmo local.

O transporte destes materiais deve ser realizado de maneira a garantir as condições de estocagem anteriormente definidas.

a.1. Agregados

É fundamental que se tenha um perfeito conhecimento dos agregados a serem utilizados para a obtenção de um concreto com boa resistência e durabilidade, visto que eles constituem aproximadamente 75% da composição do concreto, sendo os materiais menos homogêneos dentre os utilizados nas estruturas de concreto armado. Eles podem ser subdivididos em duas categorias:

- Agregado miúdo: “Areia de origem natural ou resultante do britamento de rochas estáveis, ou a mistura de ambas, cujos grãos passam pela peneira ABNT 4,8 mm e ficam retidos na peneira ABNT 0,075 mm”;
- Agregado graúdo: “Pedregulho ou brita proveniente de rochas estáveis, ou a mistura de ambas, cujos grãos passam pela peneira de malha quadrada com abertura nominal de 152 mm e ficam retidos na peneira ABNT 4,8 mm”.

Os agregados a serem utilizados nas estruturas de concreto armado deverão obedecer às exigências contidas nas NBR 7211 - “Agregado para concreto” e NBR 6118 da ABNT.

Dentre as recomendações mais importantes destacam-se:

- Os agregados devem possuir granulometria e forma dos grãos adequadas, resistência mecânica e serem isentos de substâncias nocivas e impurezas orgânicas, tais como: torrões de argila, materiais carbonosos e material pulverulento, nos limites propostos pela normalização;
- Deverá ser coletada amostra do agregado miúdo sempre que houver dúvidas sobre sua homogeneidade em relação à proposta para a dosagem do concreto. A amostra deverá ser coletada de acordo com a NBR NM26 - “Agregados - Amostragem” e sendo realizados todos os ensaios propostos pela NBR 7211;
- A granulometria dos agregados deverá se enquadrar em uma das faixas propostas e referenciadas na Tabela 1 e 2;
- Os agregados devem possuir teor de matéria orgânica conforme NBR NM 49 (somente areia);
- Quando os agregados forem medidos em volume, as padiolas ou carrinhos, especialmente construídos, deverão trazer, na parte externa, em caracteres bem visíveis, o material, o número de padiolas por saco de cimento e o traço respectivo. A SUPERVISÃO deverá ser chamada para conferir os caixotes ou carrinhos especiais e só após sua aprovação em diário os mesmos poderão ser usados;
- Os lotes de agregados, somente serão aceitos se, após a realização de ensaio das amostras em laboratório indicado pela SUPERVISÃO da PBH constatar-se que foram cumpridas todas as prescrições da NBR 7211 e as prescrições especiais combinadas com o FORNECEDOR.
O estoque e transporte de agregados para concreto devem ser realizados de maneira a garantir que não ocorram contaminações com outros materiais.

Os locais estabelecidos para armazenamento devem ser identificados com o tipo do material e uso pretendido (traço, pista, produto etc.).



Tabela 1 – Limites granulométricos de agregado miúdo

Agregado Miúdo				
Porcentagem, em peso, retida acumulada na peneira ABNT				
Peneira ABNT	Zona 1 (muito fina)	Zona 2 (fina)	Zona 3 (média)	Zona 4 (grossa)
9,5mm	0	0	0	0
6,3mm	0 a 3	0 a 7	0 a 7	0 a 7
4,8mm	0 a 5 ^(A)	0 a 10	0 a 11	0 a 12
2,4mm	0 a 5 ^(A)	0 a 15 ^(A)	0 a 25 ^(A)	5 ^(A) a 40
1,2mm	0 a 10 ^(A)	0 a 25 ^(A)	10 ^(A) a 45 ^(A)	30 ^(A) a 70
0,6mm	0 a 20	21 a 40	41 a 65	66 a 85
0,3mm	50 a 85 ^(A)	60 a 88 ^(A)	70 ^(A) a 92 ^(A)	80 ^(A) a 95
0,15mm	85 ^(B) a 100	90 ^(B) a 100	90 ^(B) a 100	90 ^(B) a 100

(A) Pode haver uma tolerância de até um máximo de 5 unidades de por cento em um só dos limites marcados com a letra "A" ou distribuídos em vários deles.

(B) Para agregado miúdo resultante de britamento este limite poderá ser 80.

Tabela 2 – Limites granulométricos de agregado graúdo

Graduação	Agregado Graúdo												
	Porcentagem retida acumulada, em peso, nas peneiras de abertura nominal, em mm												
	152	76	64	50	38	32	25	19	12,5	9,5	6,3	4,8	2,4
0	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0-10	-	80-100	95-100
1	-	-	-	-	-	-	0	0-10	-	80-100	92-100	95-100	-
2	-	-	-	-	-	0	0-25	75-100	90-100	95-100	-	-	-
3	-	-	-	0	0-30	75-100	87-100	95-100	-	-	-	-	-
4	-	0	0-30	75-100	90-100	95-100	-	-	-	-	-	-	-
5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

a.2. Aço

O aço recebido na planta de produção deve atender às exigências das normas NBR 7480, 7481, 7482 e/ou 7483 (de acordo com o tipo de aço utilizado), no mínimo em relação aos ensaios de:

- tração e dobramento, no caso de fios, barras e telas para concreto armado;
- tensão a 1% de alongamento, tração e relaxação (se necessário), no caso de fios e cordoalhas para concreto protendido.

Devem ser mantidos laudos de laboratório ou fornecedor que comprovem o atendimento às exigências para todos os lotes entregues.

Existem dois tipos de nomenclatura para os aços:

- Barras: produtos de bitola igual ou superior a 5 mm, obtidos por laminação à quente ou por este método associado a encruamento a frio;



- Fios: produtos de bitola inferior a 12,5 mm obtidos por trefilação ou estiramento.

De acordo com o valor característico da resistência de escoamento registrado em ensaio de tração, são classificados em: CA-25, CA-50 e CA-60.

As barras e fios devem apresentar suficiente homogeneidade quanto às suas características geométricas, e possuir mossas e saliências visíveis para melhorar a aderência das mesmas ao concreto.

Por acordo prévio entre FORNECEDOR e a PBH, este último deve ter livre acesso aos locais em que as peças encomendadas estejam sendo fabricadas examinadas ou ensaiadas, tendo o direito de inspecioná-las. A inspeção pode ser efetuada diretamente pela PBH ou através de inspetor credenciado.

Todo o sistema de controle de qualidade, envolvendo as atividades de amostragem, ensaios e análise de resultados deverá ser realizado segundo as especificações contidas na norma NBR 7480 da ABNT, que irá propor a aceitação ou rejeição dos materiais disponibilizados pela CONTRATADA. É necessária a realização da amostragem dos materiais no próprio canteiro, sendo sobre estas amostras, realizados ensaios de tração e dobramento, os quais já tiveram seus custos contemplados no BDI.

Não é vedada a utilização de barras de aço soldada, desde que seja decidido pela SUPERVISÃO e ouvida a equipe técnica da PBH. Entretanto alguns requisitos devem ser obrigatoriamente respeitados, tais como:

- Emendas admissíveis somente em aços CA-50 e diâmetros superiores a 12,5 mm;
- Pode-se utilizar soldagem por caldeamento ou eletrodo convencional desde que respeite a todos os requisitos propostos pela NBR 8548 - "Barras de aço destinadas a armaduras para concreto armado com emendas mecânicas ou por solda - Determinação de resistência à tração" e NBR 6118 - "Projeto de estruturas de concreto - Procedimento";
- Utilizar soldas de topo ou por trespasses.

Quando da utilização de peças protendidas nas obras, os fios e cordoalhas de concreto protendido a serem utilizados serão inspecionados e avaliados respeitando-se às prescrições contidas na NBR 8540 - "Controle da qualidade para o sistema de recebimento de materiais produtivos e serviços - Diretrizes".

O estoque do aço (bruto ou armaduras montadas) deve ser realizado em local afastado do solo e demais fontes de umidade, de modo a garantir a não ocorrência de oxidações excessivas, carepas, materiais aderidos, deformações ou dobramentos (antes da montagem). O armazenamento deve ser separado por tipo (bitola, rolos, painéis etc.).

Os materiais devem ser devidamente identificados por tipo. As armaduras montadas (se estocadas) devem ter a identificação da peça ou elemento a que se destinam.

O transporte do aço até o local de produção da peça deve ser realizado garantindo a não ocorrência de deformações e, no caso de armaduras pré-montadas, evitando-se rupturas dos vínculos de posicionamento, conformação das armaduras (incluindo sua identificação) e posicionamento de elementos de ligação ou ancoragens (quando aplicável).

a.3. Cimentos

A composição química e as características mecânicas dos cimentos a serem utilizados, devem ser compatíveis com o trabalho a que se destinam. Como a grande maioria das obras executadas pela PBH utiliza o cimento Portland, em relação as especificações e procedimentos de recebimento, deve-se respeitar as prescrições contidas na NBR 5732 - "Cimento Portland comum".

Admite-se, à partida, que sejam utilizados todos os cimentos produzidos no Brasil, tais como:

- Cimento CP II E, CP II F, CP II Z (especificação NBR 11578 - "Cimento Portland composto").
- Cimento CP III (especificação NBR 5735 - "Cimento Portland de alto - forno").
- Cimento CP IV (especificação NBR 5736 - "Cimento Portland pozolânico").
- Cimento CP V ARI (especificação NBR 5733 - "Cimento Portland de alta resistência inicial").

A CONTRATADA deverá respeitar todos requisitos propostos pelas normas técnicas em relação aos cimentos, especificamente com atenção voltada para: condições de estocagem e armazenamento; inspeção



periódica e ensaios; critérios de escolha em função do tipo de peça de concreto produzida e das condições de exposição a que ela estará submetida (submersa, enterrada, ar livre, etc.).

Em relação a embalagem, marcação e entrega dos cimentos têm-se:

- O cimento pode ser entregue em sacos, “containers” ou a granel;
- Quando o cimento é entregue em sacos, estes devem ter impressos de forma bem visível em cada extremidade, as siglas e classes correspondentes, com 60 mm de altura no mínimo e no centro, a denominação normalizada, o nome e a marca do FABRICANTE;
- Os sacos devem conter 50 kg líquidos de cimento e devem estar íntegros na ocasião da inspeção e recebimento;
- No caso de cimento a granel ou container, a documentação que acompanha a entrega deve conter a sigla correspondente (CP E, CP Z, etc.), a classe (25, 32 ou 40), a denominação normalizada, o nome, marca do FABRICANTE e a massa líquida de cimento entregue.

Em relação ao armazenamento em sacos, recomenda-se:

- Os sacos de cimento devem ser armazenados em locais bem secos e bem protegidos para preservação da qualidade, de forma a permitir fácil acesso à inspeção e identificação de cada lote. As pilhas devem ser colocadas sobre estrados secos e não devem ter mais de 15 sacos, para uso em até 15 dias e não mais de 10 sacos, para uso superior a 15 dias.
- Preferencialmente, a escolha do tipo de cimento a ser utilizado deverá constar do projeto executivo, e quando da sua não definição prévia, ficará sob responsabilidade da SUPERVISÃO.
- Dependendo do porte da obra a ser realizada, e a critério da SUPERVISÃO, os cimentos poderão ser fornecidos em silos instalados dentro do canteiro de obra ou da praça de trabalho.
- Quando por alguma razão a SUPERVISÃO detectar algum tipo de anomalia no cimento em utilização na obra, poderá solicitar a realização de ensaios de avaliação da qualidade e da atividade dos mesmos, os custos ficarão por conta da CONTRATADA. Uma vez detectada a perda de atividade dos cimentos estocados na obra, a CONTRATADA procederá imediatamente a sua remoção do canteiro e a sua conseqüente reposição.
- Qualquer problema na mudança de coloração das peças em concreto aparente, motivado pela alteração do tipo de cimento, será de inteira responsabilidade da CONTRATADA, ficando a seu cargo, sem ônus para a PBH, a resolução do problema, mediante a utilização de técnicas apropriadas, tais como a estucagem.
- Não será conveniente utilizar numa mesma concretagem mistura de tipos diferentes de cimento, nem de marcas diferentes, ainda que pertencentes a um mesmo tipo.
- O estoque de cimento para concreto deve ser realizado em local coberto ou fechado, de modo que não tenha contato com a umidade e que seja garantida sua validade estabelecida pelo fabricante, não ocorrência de endurecimento, contaminação ou alterações de suas características. O transporte interno até o local de mistura deve garantir as mesmas condições de estoque.
- Especificamente para o cimento ensacado, ele deve ser estocado de maneira a atender a todas as condições estabelecidas na embalagem (local, empilhamento máximo etc.), e seu transporte deve evitar que os sacos sejam molhados ou rasgados até sua utilização.

a.4. Água

A água é o elemento necessário à hidratação do cimento, reação química básica para produção de concretos e argamassas. Deve ser isenta de teores prejudiciais e de substâncias estranhas. Podem ser usadas para produção de concretos, as águas potáveis e as que apresentarem PH entre 5,8 e 8,0 e respeitem os seguintes limites máximos:

- | | |
|---|-------------|
| • Matéria orgânica (expressa em oxigênio consumido) | 3 mg / L |
| • Resíduo sólido | 5000 mg / L |
| • Sulfatos (expresso em íons SO_4^{-2}) | 300 mg / L |



- Cloretos (expresso em íons Cl^{-1}) 500 mg / L
- Açúcar 5 mg / L

A SUPERVISÃO poderá, caso algum dos limites acima não seja atendido, exigir estudos experimentais em laboratório para avaliação das conseqüências do uso da água em questão, em conformidade com as prescrições da NBR 6118 da ABNT.

Qualquer tipo de água disponibilizada diretamente pela COPASA é aceita e recomendada para a utilização em concretos.

a.5. Aditivos

Aditivo, por definição, é todo e qualquer material incorporado na mistura até o limite de 5% sobre o peso de cimento ou aglomerante utilizado na produção de concretos. É recomendável a utilização de aditivos nos concretos produzidos visando alcançar alguma propriedade desejável e importante. Dentre eles pode-se citar:

- Plastificantes e super - plastificantes;
- Redutor de água;
- Incorporador de ar;
- Corantes;
- Hidrofugantes;
- Acelerador ou retardador de pega, etc.

Todos os aditivos a serem utilizados deverão atender às especificações contidas na norma NBR 11768 - "Aditivos para concreto de cimento Portland" da ABNT. É dispensável, por parte da CONTRATADA, a realização de ensaios de recepção e controle dos aditivos a serem utilizados. Entretanto, caso haja, no ato de produção, lançamento ou cura do concreto, a aparição de alguma patologia ou dano, cuja origem tenha sido a qualidade do aditivo utilizado, a CONTRATADA é responsável pelos danos ocasionados, ficando obrigada a repor o concreto às condições prescritas pelo projeto. A qualquer tempo, a SUPERVISÃO poderá exigir a contratação de um laboratório especializado, com o objetivo de avaliar o desempenho de possíveis aditivos a serem utilizados nos concretos, sem ônus para a PBH.

A utilização de qualquer aditivo é condicionada a uma aprovação prévia da SUPERVISÃO.

a.6. Adições

Entende-se como adição todo e qualquer material incorporado no concreto acima de 5% sobre o peso de cimento ou aglomerante utilizado. É admissível a utilização de adições nos concretos, ficando à cargo da CONTRATADA a realização de ensaios comprobatórios, em laboratórios qualificados, da melhoria de performance e de qualidade dos concretos produzidos. Caso venha ocorrer algum tipo de patologia nos concretos produzidos cuja causa esteja relacionada com o uso da adição, ela será de inteira responsabilidade da CONTRATADA, ficando a mesma responsável pela reparação dos danos ocasionados. Pode-se utilizar como adição os seguintes materiais: escória moída, pozolanas, filler, etc.

a.7. Formas

Os materiais de execução das formas serão compatíveis com o acabamento desejado e indicado no projeto. Partes da estrutura não visíveis poderão ser executadas com madeira serrada em bruto. Para as partes aparentes, será exigido o uso de chapas compensadas, madeira aparelhada, madeira em bruto revestida com chapa metálica ou simplesmente outros tipos de materiais, conforme indicação no projeto e conveniência de execução, desde que sua utilização seja previamente aprovada pela SUPERVISÃO. As madeiras deverão ser armazenadas em locais abrigados, onde as pilhas terão o espaçamento adequado, a fim de prevenir a ocorrência de incêndios. O material proveniente da desforma, quando não mais aproveitável, será retirado das áreas de trabalho.

Geralmente são encontrados dois tipos de estruturas de formas:

- Estruturas padrão, moduladas, com grande número de repetições e aplicação em diversos prédios;



- Estrutura atípica como escadas, reservatórios d'água, rampas, elevadores e mesmo pequenas obras com finalidade específica.

Em relação à estrutura padrão, a experiência tem mostrado que é fundamental racionalizar o serviço, empregando materiais que possuam um alto índice de reaproveitamento e que minimizem a mão-de-obra. O uso do aço (escoras, painéis laterais e fundo de vigas) combinado com fibras sintéticas em forma de módulos de laje, tem tido resultados excepcionais em obras, tanto nos fatores qualidade e prazo, como também no ótimo reaproveitamento.

a.8. Escoramentos

Os escoramentos podem ser de dois tipos:

- Madeira: utilizando pontaletes de eucalipto sem nós visíveis ou em peças de lei serradas de dimensões mínimas de 7,0 cm;
- Metálicos: sistemas padronizados, versáteis e práticos, projetados por empresas especializadas e devidamente concebidas em função das necessidades impostas pelo projeto de formas.

b. Execução

O objetivo deste item é, expor de forma comentada, as determinações da NBR 6118 e da NBR 14931 bem como a experiência acumulada pela PBH em suas obras de concreto armado. Já há muitos anos, vem sendo dada ênfase especial à questão qualidade - durabilidade, ultrapassando em importância e preocupação outra questão ligada às estruturas de concreto armado – a resistência mecânica.

Procurar-se enfatizar os aspectos ligados a execução de uma obra de concreto armado, para lhe garantir uma vida com qualidade, superior a 50 anos.

A passagem de tubulações ou qualquer outro elemento, através de peças estruturais (vigas e/ou lajes), será executada na peça devidamente curada, utilizando-se perfuratrizes especiais. Vale ressaltar que, tal procedimento, só será aceito com a existência de detalhamento no projeto estrutural, especificando o diâmetro e posição relativa dos furos, salientando, ainda, os cuidados estruturais a serem tomados.

Os níveis definidos no projeto estrutural, serão marcados e transferidos, obrigatoriamente, com o uso de equipamento a laser.

Desta forma, serão descritos neste item normas e procedimentos voltados para a execução de obras, relacionando posturas de controle, inspeção e aceitação das suas estruturas.

b.1. Formas e Escoramentos

As formas deverão ser dimensionadas de modo que não possuam deformações prejudiciais, quer sob a ação dos fatores ambientais, quer sob a carga, especialmente a do concreto fresco, considerando nesta o efeito do adensamento sobre o empuxo do concreto.

O escoramento deverá ser projetado de modo a não sofrer, sob a ação de seu peso, do peso da estrutura e das cargas acidentais que possam atuar durante a execução da obra, deformações prejudiciais à forma da estrutura ou que possam causar esforços no concreto na fase de endurecimento. Não se admitem pontaletes de madeira com diâmetro ou menor lado da seção retangular inferior a 5 cm, para madeiras duras, e 7 cm para madeiras moles. Os pontaletes com mais de 3,00 m de comprimento deverão ser contraventados. Deverão ser tomadas as precauções necessárias para evitar recalques prejudiciais provocados no solo ou na parte da estrutura que suporta o escoramento, pelas cargas por eles transmitidas.

No caso do emprego de escoramento metálico, devem ser seguidas as instruções do fornecedor responsável pelo sistema.

- Dimensionamento

As formas e os escoramentos deverão ser dimensionados e construídos obedecendo às prescrições da norma brasileira NBR 7190 - "Projeto de estruturas de madeira".

- Precauções contra incêndio



Deverão ser tomadas nas obras as devidas precauções para proteger as formas e o escoramento contra os riscos de incêndio, tais como cuidados nas instalações elétricas provisórias, remoção de resíduos combustíveis e limitação no emprego de fontes de calor, observando a NR 18.

- Emenda nos pontaletes

Cada pontalete de madeira só poderá ter uma emenda, que não deverá ser executada no terço médio do seu comprimento. Nas emendas, os topos das duas peças a emendar deverão ser planos e normais ao eixo comum. Deverão ser pregadas cobre-juntas em toda a volta das emendas.

b.1.1. Montagem de formas para concreto armado

- Montagem de forma de pilar

Na montagem das formas dos pilares, devem ser observados os seguintes procedimentos:

- Verificar se o desmoldante foi aplicado nas formas (exceto no primeiro uso);
- Observar se o posicionamento das galgas e dos espaçadores e o espaçamento entre tensores ou agulhas atendem ao projeto;
- Conferir o prumo das formas de pilares, utilizando um prumo face, e a altura de topo de cada painel;
- Conferir a imobilidade do conjunto mão-francesa-gastalho e o esquadro do encontro dos painéis no topo do pilar;
- Verificar todos os encaixes das formas para que não haja folgas. Acertar eventuais diferenças encontradas em qualquer dos itens averiguados.

- Montagem de forma de viga

Na montagem das formas das vigas, devem ser observados os seguintes procedimentos:

- Utilizando um prumo, observar se os pontos de fixação das linhas de náilon que definem os eixos da obra foram transferidos, do andar inferior para o pavimento a ser concretado, com exatidão. Acertar qualquer diferença encontrada;
- Verificar a locação dos topos das formas de pilares, com uma tolerância de ± 2 mm, bem como as dimensões internas das formas;
- Checar se o desmoldante foi aplicado na face da forma de viga (exceto no primeiro uso);
- Certificar-se do perfeito encaixe das formas na cabeça dos pilares, admitindo uma tolerância de ± 2 mm;
- O alinhamento dos painéis laterais deve ser conferido por intermédio de linhas de náilon unindo as cabeças dos pilares;
- Observar o nivelamento dos fundos de viga, medindo com um metro a altura da forma até a linha de náilon posicionada horizontalmente, abaixo dos fundos de viga;
- Avaliar a perfeita imobilidade de todo o conjunto, assim como o espaçamento dos garfos definido em projeto.

- Montagem de forma de lajes

Na montagem das formas das lajes, devem ser observados os seguintes procedimentos:

- Verificar a fixação e o posicionamento dos sarrafos - guia para apoio das longarinas;
- Checar o posicionamento das longarinas e das escoras, bem como o seu travamento;
- Será obrigatória, a verificação do nivelamento das formas de laje, com aparelho de nível a laser, pela parte superior das formas. O aparelho será instalado, em um local onde o trânsito de pessoas e a possibilidade de deslocamento do mesmo, seja menor, devendo a base, ser o mais firme possível. Define-se então, a referência de nível, segundo a qual, será verificado o nível da laje. Posiciona-se o sensor eletrônico do aparelho, preso a uma régua de alumínio, em diversos

pontos, procedendo em cada um, os ajustes necessários, até que se tenha uma condição de nivelamento perfeita. Deve-se atentar para as lajes com previsão de contra - flecha. A Figura 1, apresenta o detalhe de um aparelho de nível à laser;

- Observar se o assoalho está todo pregado nas longarinas e com desmoldante aplicado.



Figura 1 - Nivelamento a laser

b.1.2. Dispositivos para retirada das formas e do escoramento

A construção das formas e do escoramento deverá ser executada de modo a facilitar a retirada de seus diversos elementos separadamente, se necessário. Para que se possa fazer essa retirada sem choque, o escoramento deverá ser apoiado sobre cunhas, caixas de areia ou outros dispositivos apropriados a esse fim.

Deverão ser utilizados produtos que facilitem a retirada das formas após a concretagem, sem contudo deixar manchas ou bolhas sobre a superfície dos concretos. No ato de desforma das peças, é obrigatória a amarração prévia das formas a serem retiradas, como forma de evitar a sua queda e por consequência riscos de acidente e danos à futuras reutilizações. É importante que em todo sistema de forma sejam previstas faixas de reescoramento, cujas escoras não serão removidas no ato da desforma, ali permanecendo, como forma de se evitar a deformação plástica imediata e instantânea das peças de concreto.

b.1.3. Precauções anteriores ao lançamento do concreto

Antes do lançamento do concreto deverão ser conferidas as dimensões e a posição das formas, a fim de assegurar que a geometria da estrutura corresponda ao projeto. Procede-se a limpeza do interior das formas e a vedação das juntas, de modo a evitar a fuga de pasta. Nas formas de paredes, pilares e vigas estreitas e altas, deve-se deixar aberturas próximas ao fundo, para limpeza.

As formas absorventes deverão ser molhadas até a saturação, fazendo-se furos para escoamento da água em excesso. No caso em que as superfícies das formas sejam tratadas com produtos anti - aderentes, destinados a facilitar a desmontagem, esse tratamento deverá ser executado antes da colocação da armadura. Os produtos empregados não deverão deixar, na superfície do concreto, resíduos que sejam prejudiciais ou possam dificultar a retomada da concretagem ou a aplicação de revestimento.



b.2. Armadura

b.2.1. Emprego de diferentes classes e categorias de aço

Não poderão ser empregados na obra aços de qualidades diferentes das especificadas no projeto, sem aprovação prévia do projetista. Quando previsto o emprego de aços de qualidades diversas, deverão ser tomadas as necessárias precauções para evitar a troca involuntária.

b.2.2. Limpeza

As barras de aço deverão ser convenientemente limpas de qualquer substância prejudicial à aderência, retirando-se as escamas eventualmente destacadas por oxidação.

b.2.3. Dobramento, fixação das barras e barras curvadas

O dobramento das barras, inclusive para os ganchos, deverá ser feito com os raios de curvatura previstos no projeto e respeitando os diâmetros internos de curvatura previstos na NBR 14931. As barras de aço deverão ser sempre dobradas a frio. As barras não podem ser dobradas junto às emendas com soldas, observando-se uma distância mínima de 10 vezes o diâmetro.

b.2.4. Emendas

As emendas das barras de aço poderão ser executadas por trespasse ou por solda. Os trespases deverão respeitar, rigorosamente, os detalhes e orientações do projeto estrutural.

A solda, quando especificada no projeto, só poderá ser:

- Por pressão (caldeamento);
- Com eletrodo.

As máquinas soldadoras deverão ter características elétricas e mecânicas apropriadas à qualidade do aço e à bitola da barra e ser de regulação automática. Nas emendas por pressão, as extremidades das barras deverão ser planas e normais aos eixos e, nas com eletrodos, as extremidades serão chanfradas, devendo-se limpar perfeitamente as superfícies. As barras de aço classe B só poderão ser soldadas com eletrodo, executando-se a solda por etapas e com aquecimento controlado de modo a não prejudicar a qualidade do aço. A solda de barras de aço CA-50A deverá ser executada com eletrodos adequados, pré - aquecimento e resfriamento gradual.

Deverão ser realizados ensaios prévios da solda na forma e com o equipamento e o pessoal a serem empregados na obra assim como ensaios posteriores para controle, de acordo com o NBR 11919 - "Verificação de emendas metálicas de barras de concreto armado".

b.2.5. Montagem

A armadura deverá ser posicionada e fixada no interior das formas de modo que durante o lançamento do concreto se mantenha na posição indicada no projeto, conservando-se inalteradas as distâncias das barras entre si e às faces internas das formas. Para isso, deverão ser adotados os procedimentos descritos no item

Nas lajes deverá ser efetuada a amarração das barras, de modo que em cada uma destas o afastamento entre duas amarrações não exceda 35 cm.

b.2.6 Proteção

Antes e durante o lançamento do concreto, as plataformas de serviços deverão estar dispostas de modo a não acarretarem deslocamento das armaduras.

As barras de espera deverão ser devidamente protegidas contra a oxidação; ao ser retomada a concretagem elas deverão ser perfeitamente limpas de modo a permitir boa aderência.

b.2.7. Cobrimento

Deverá ser realizado respeitando-se as prescrições contidas na NBR 6118, bem como o projeto executivo.

Qualquer barra da armadura, inclusive de distribuição, de montagem e estribos, deve ter cobertura pelo menos igual ao seu diâmetro, mas não menor que:



Tabela 3 - Correspondência entre classe de agressividade ambiental e cobertura nominal

Tipo de estrutura	Componente ou elemento	Classe de agressividade ambiental (tabela 4)			
		I	II	III	IV ³⁾
		Cobertura nominal cm			
Concreto armado	Laje ²⁾	2,0	2,5	3,5	4,5
	Viga/Pilar	2,5	3,0	4,0	5,0
Concreto protendido ¹⁾	Todos	3,0	3,5	4,5	5,5

1) Cobertura nominal da armadura passiva que envolve a bainha ou os fios, cabos e cordoalhas, sempre superior ao especificado para o elemento de concreto armado, devido aos riscos de corrosão fragilizante sob tensão.

2) Para a face superior de lajes e vigas que serão revestidas com argamassa de contrapiso, com revestimentos finais secos tipo carpete e madeira, com argamassa de revestimento e acabamento tais como pisos de elevado desempenho, pisos cerâmicos, pisos asfálticos e outros tantos, as exigências desta tabela podem ser substituídas por um cobertura nominal $\geq 1,5$ cm.

3) Nas faces inferiores de lajes e vigas de reservatórios, estações de tratamento de água e esgoto, condutos de esgoto, canaletas de efluentes e outras obras em ambientes química e intensamente agressivos, a armadura deve ter cobertura nominal $\geq 4,5$ cm.

A agressividade ambiental deve ser classificada de acordo com o apresentado na tabela 3 e pode ser avaliada, simplificada, segundo as condições de exposição da estrutura ou de suas partes.

Tabela 4 - Classes de agressividade ambiental

Classe de agressividade ambiental	Agressividade	Classificação geral do tipo de ambiente para efeito de Projeto	Risco de deterioração da estrutura
I	Fraca	Rural	Insignificante
		Submersa	
II	Moderada	Urbana ^{1) 2)}	Pequeno
III	Forte	Marinha ¹⁾	Grande
		Industrial ^{1) 2)}	
IV	Muito forte	Industrial ^{1) 3)}	Elevado
		Respingos de maré	

1) Pode-se admitir um micro-clima com classe de agressividade um nível mais branda para ambientes internos secos (salas, dormitórios, banheiros, cozinhas e áreas de serviço de apartamentos residenciais e conjuntos comerciais ou ambientes com concreto revestido com argamassa e pintura).

2) Pode-se admitir uma classe de agressividade um nível mais branda em: obras em regiões de clima seco, com umidade relativa do ar menor ou igual a 65%, partes da estrutura protegidas de chuva em ambientes predominantemente secos, ou regiões onde chove raramente.

3) Ambientes quimicamente agressivos, tanques industriais, galvanoplastia, branqueamento em indústrias de celulose e papel, armazéns de fertilizantes, indústrias químicas.

- Medidas especiais

A dimensão máxima característica do agregado graúdo utilizado no concreto não pode superar em 20% a espessura nominal do cobertura, ou seja:

$$- d_{máx} \leq 1,2 C_{nom}$$

Para concreto em contato com o solo e se o solo não for rochoso, sob a estrutura deverá ser interposta uma camada de concreto simples, não considerada no cálculo, com o consumo mínimo de 250 kg de cimento por metro cúbico e espessura de pelo menos 5,0 cm.

Para cobertura maior que 6,0 cm deve-se colocar uma armadura de pele complementar, em rede, cujo cobertura não deve ser inferior aos limites especificados neste item.

Qualquer armadura terá cobertura de concreto nunca menor que as espessuras prescritas no projeto e na norma NBR 6118. Para garantia do cobertura mínimo preconizado em projeto, serão utilizados espaçadores plásticos ou espaçadores de concreto, e mesmo até outro dispositivo aprovado pela SUPERVISÃO, com espessuras iguais ao cobertura previsto e que não tenham partes metálicas expostas. A resistência do concreto dos espaçadores deverá ser igual ou superior à do concreto das peças às quais serão incorporadas. Os espaçadores de concreto deverão apresentar relação água/cimento menor ou igual



a 0,5. Os espaçadores serão providos de arames de fixação nas armaduras.

b.3. Tolerâncias

A execução das obras deverá ser a mais cuidadosa possível a fim de que as dimensões, a forma e a posição das peças obedeçam às indicações do projeto, bem como da NBR 6118 e da NBR 14931 da ABNT.

b.4. Preparo do concreto

b.4.1. Dosagem experimental

Tanto a dosagem para o preparo do concreto em obra, quanto a encomenda e o fornecimento de concreto pré - misturado, deverão ter por base a resistência característica, f_{ck} , nos termos da norma NBR 6118 da ABNT.

b.4.2. Concreto produzido na obra

- A medida dos materiais

No caso de concretos produzidos nos canteiros, deverão ser obedecidas as seguintes condições:

- Quando o aglomerante for usado a granel, deverá ser medido em peso com tolerância de 3%; no caso de cimento ensacado, pode ser considerado o peso nominal do saco, atendidas as exigências das Especificações Brasileiras;
- Os agregados miúdo e graúdo deverão ser medidos em peso ou volume, com tolerância de 3%, devendo-se sempre levar em conta a influência da umidade;
- A água poderá ser medida em volume ou peso, com tolerância de 3%;
- O aditivo poderá ser medido em volume ou peso, com tolerância de 5%.

- O amassamento mecânico

O amassamento mecânico em canteiro deverá durar, sem interrupção, o tempo necessário para permitir a homogeneização da mistura de todos os elementos, inclusive eventuais aditivos; a duração necessária aumenta com o volume da amassada e será tanto maior quanto mais seco o concreto.

O tempo mínimo de amassamento, em segundos, será $120\sqrt{d}$, $60\sqrt{d}$ ou $30\sqrt{d}$, conforme o eixo da misturadora seja inclinado, horizontal ou vertical, sendo d o diâmetro máximo da misturadora (em metros). Nas misturadoras de produção contínua deverão ser descartadas as primeiras amassadas até se alcançar a homogeneização necessária. No caso de concreto pré-misturado aplica-se a NBR 7212 - "Execução de concreto dosado em central".

- A produção do concreto na própria obra, será sempre realizada por intermédio de betoneiras de eixo inclinado.
- Devido à existência de uma forte correspondência entre a relação água/cimento, a resistência à compressão do concreto e sua durabilidade, permite-se adotar os requisitos mínimos expressos na tabela 5 de acordo com a NBR 6118. Tal adoção terá efeito na permeabilidade do concreto produzido, que no caso de fatores água/cimento mais baixos, implicam em concretos menos porosos e, portanto, com suas armaduras menos sujeitas ao ataque do oxigênio do ar e da água.

Tabela 5 - Correspondência entre classe de agressividade e qualidade do concreto

Concreto	Tipo	Classe de agressividade (tabela 4)			
		I	II	III	IV
Relação água/cimento em massa	CA	$\leq 0,65$	$\leq 0,60$	$\leq 0,55$	$\leq 0,45$
	CP	$\leq 0,60$	$\leq 0,55$	$\leq 0,50$	$\leq 0,45$
Classe de concreto(NBR 8953)	CA	$\geq C20$	$\geq C25$	$\geq C30$	$\geq C40$
	CP	$\geq C25$	$\geq C30$	$\geq C35$	$\geq C40$



NOTAS:

- 1) O concreto empregado na execução das estruturas deve cumprir com os requisitos estabelecidos na NBR 12655.
- 2) CA corresponde a componentes e elementos estruturais de concreto armado.
- 3) CP corresponde a componentes e elementos estruturais de concreto protendido.

- O concreto adequado, deverá ser produzido, criteriosamente, de modo a modificar, o menos possível, as suas propriedades.
- As condições de estocagem do cimento e dos agregados (segundo NBR 14931) com a utilização de um umidímetro é preciso fazer um mínimo de 3 medições diárias da umidade da areia e com ajuda de um balde graduado, previamente aferido em laboratório, completar a água necessária para conferir ao concreto a trabalhabilidade necessária, mantendo inalterado o fator água/cimento. A determinação constante da umidade da areia, sempre que iniciada a produção do concreto e quando for utilizado novo carregamento, junto com um cuidadoso lançamento da água necessária na betoneira, são os dois fatores principais que garantirão a uniformidade do concreto produzido.
- Esse controle será facilitado com o treinamento do mestre de obras ou encarregado de concreto, na determinação da umidade da areia e no uso de tabela que relaciona umidade da areia e água a adicionar à betoneira, para 1 ou 2 sacos de cimento.
- Após o operador da betoneira, estar devidamente orientado sobre a quantidade de água a ser adicionada, sua função será controlar o tempo da mistura, o número de carrinhos padiolas de agregados e sacos de cimento lançados no carregador da betoneira. Uma verificação da consistência do concreto, no início da produção do dia ou período, completa o rol de controles da produção. Sem esses cuidados, não será possível obter concreto de qualidade e uniformidade desejáveis.
- Para efeito de controle da produção serão retirados pares de corpos-de-prova cilíndricos de concretos, para ensaios à compressão. Os custos dos ensaios serão contemplados pelo BDI - Bonificação e Despesas Indiretas da obra.

b.5. Concretagem

b.5.1. Transporte

O concreto deverá ser transportado do local do amassamento ou da boca de descarga do caminhão betoneira até o local da concretagem num tempo compatível com as condições, e o meio utilizado não deverá acarretar desagregação ou segregação de seus elementos ou perda sensível de qualquer deles por vazamento ou evaporação.

No caso de transporte por bombas, o diâmetro interno do tubo deverá ser no mínimo quatro vezes o diâmetro máximo do agregado.

O sistema de transporte deverá, sempre que possível, permitir o lançamento do concreto direto nas formas, evitando-se depósito intermediário; se este for necessário, no manuseio do concreto deverão ser tomadas precauções para evitar segregação.

b.5.2. Lançamento

Salvo condições específicas definidas em projeto, ou influência de condições climáticas ou de composição do concreto, recomenda-se que o intervalo de tempo transcorrido entre o instante em que a água de amassamento entra em contato com o cimento e o final da concretagem não ultrapasse a 2h 30min. Quando a temperatura ambiente for elevada, ou sob condições que contribuam para acelerar a pega do concreto, esse intervalo de tempo deve ser reduzido, a menos que sejam adotadas medidas especiais, como o uso de aditivos retardadores, que aumentem o tempo de pega sem prejudicar a qualidade do concreto.

Em nenhuma hipótese se fará lançamento após o início da pega.

Para os lançamentos a serem executados a seco, em recintos sujeitos à penetração de água, deverão ser tomadas as precauções necessárias para que não haja água no local em que se lança o concreto nem possa o concreto fresco vir a ser por ela lavado.

O concreto deverá ser lançado o mais próximo possível de sua posição final, evitando-se incrustação de argamassas nas paredes das formas e nas armaduras.



Deverão ser tomadas precauções para manter a homogeneidade do concreto. A altura de queda livre não poderá ultrapassar 2,00 m. Para peças estreitas e altas, o concreto deverá ser lançado por janelas abertas na parte lateral, ou por meio de funis ou trombas.

Cuidados especiais deverão ser tomados quando o lançamento se der em ambiente com temperatura inferior a 10°C ou superior a 40°C.

- Lançamento submerso

Quando o lançamento for submerso, o concreto deverá ter no mínimo 400kg de cimento por m³, ser de consistência plástica e ser levado dentro da água por uma tubulação, mantendo-se a ponta do tubo imersa no concreto já lançado, a fim de evitar que ele caia através da água e que provoque agitação prejudicial; o lançamento poderá também ser efetuado por processo especial, de eficiência devidamente comprovada. Após o lançamento o concreto não deverá ser manuseado para lhe dar forma definitiva. Não se deverá lançar concreto submerso quando a temperatura da água seja inferior a 5°C, estando o concreto com temperatura normal, nem quando a velocidade da água supere 2,0 m/s.

b.5.3. Adensamento

Durante e imediatamente após o lançamento, o concreto deverá ser vibrado ou apiloado contínua e energeticamente com equipamento adequado à sua consistência. O adensamento deverá ser cuidadoso para que o concreto preencha todos os recantos da forma. Durante o adensamento deverão ser tomadas as precauções necessárias para que não se formem ninhos ou haja segregação dos materiais; deve-se evitar a vibração da armadura para que não se formem vazios a seu redor com prejuízo da aderência. Quando se utilizarem vibradores de imersão a espessura da camada deverá ser aproximadamente igual a $\frac{3}{4}$ do comprimento da agulha; se não puder atender a esta exigência não deverá ser empregado vibrador de imersão. O vibrador nunca deverá ser desligado com a agulha introduzida no concreto.

b.5.4. Juntas de concretagem

Quando o lançamento do concreto for interrompido e, assim, formar-se uma junta de concretagem, deverão ser tomadas as precauções necessárias para garantir, ao reiniciar-se o lançamento, a suficiente ligação do concreto já endurecido com o do novo trecho. Antes de reiniciar-se o lançamento, deverá ser removida a nata e feita a limpeza da superfície da junta.

Deverão ser tomadas precauções para garantir a resistência aos esforços que podem agir na superfície da junta, que poderão consistir na cravação de barras ou deixar arranques ou reentrâncias no concreto mais velho. As juntas deverão ser localizadas nas áreas de menores esforços de cisalhamento, preferencialmente em posição normal aos de compressão. O concreto deverá ser perfeitamente adensado até a superfície da junta. O responsável pelo cálculo estrutural deverá ser consultado sobre a melhor localização da junta.

A concretagem das vigas deverá atingir o terço médio do vão, não sendo permitidas juntas próximas aos apoios. Na ocorrência de juntas em lajes, a concretagem deverá atingir o terço médio do maior vão, localizando-se as juntas paralelamente a armadura principal.

Em lajes nervuradas as juntas deverão situar-se paralelamente ao eixo longitudinal das nervuras. Especial cuidado deverá ser tomado quanto ao adensamento junto a interface entre o concreto já endurecido e o recém lançado, a fim de se garantir a perfeita ligação das partes. No lançamento de concreto novo sobre superfície antiga poderá ser exigida, a critério da SUPERVISÃO, o emprego de adesivos estruturais.

b.5.5. Programa de lançamento

Quando a seqüência das fases de lançamento do concreto puder resultar efeitos prejudiciais à resistência e à deformação ou à fissuração da estrutura, o lançamento deverá obedecer o programa que leve em conta a retração, e seja organizado tendo em vista o projeto do escoramento e as deformações que serão nele provocadas pelo peso próprio do concreto e pelas cargas resultantes dos trabalhos de execução.

b.6. Cura, retirada das formas e do escoramento

b.6.1. Cura e outros cuidados

Enquanto não atingir endurecimento satisfatório, o concreto deverá ser protegido contra agentes prejudiciais, tais como mudanças bruscas de temperatura, secagem, chuva forte, água torrencial,



congelamento, agentes químicos, bem como choques e vibrações, de intensidade tal, que possa produzir fissuração na massa do concreto ou prejudicar a sua aderência à armadura.

A proteção contra a secagem prematura, pelo menos durante os 7 primeiros dias após o lançamento do concreto, aumentado este mínimo quando a natureza do cimento o exigir, poderá ser efetuada mantendo-se umedecida a superfície ou protegendo com uma película impermeável ou cura química. O endurecimento do concreto poderá ser antecipado por meio de tratamento térmico adequado e devidamente controlado, não se dispensando as medidas de proteção contra a secagem.

b.6.2. Retirada das formas e do escoramento

- Prazos

A retirada das formas e do escoramento só poderá ser efetuada quando o concreto se achar suficientemente endurecido para resistir às ações que sobre ele atuarem e não conduzir a deformações inaceitáveis, tendo em vista o valor baixo de E_c , a maior probabilidade de grande deformação lenta quando o concreto é solicitado com pouca idade.

Se não for demonstrado o atendimento das condições acima e não se tendo usado cimento de alta resistência inicial ou processo que acelere o endurecimento, a retirada das formas e do escoramento não deverá ser efetuada antes dos seguintes prazos:

- Faces laterais: 3 dias;
- Faces inferiores, deixando-se pontaletes bem encunhados e convenientemente espaçados: 14 dias, entretanto, permanecendo no local as faixas de reescoramentos previamente projetadas;
- Faces inferiores, sem pontaletes: 21 dias.

- Precauções

A retirada do escoramento e das formas deverá ser efetuada sem choques e de acordo com o plano de desforma previamente estabelecido de acordo com o tipo da estrutura e de maneira a não comprometer a segurança e o desempenho em serviço da estrutura.

b.7. Lajes

b.7.1. Laje Nível Zero

A concretagem das lajes, poderá ser realizada mediante o emprego de técnicas e equipamentos específicos, possibilitando ao término do serviço, a obtenção de uma superfície com acabamento final, que poderá ser acamurçado, liso ou vitrificado, correspondendo respectivamente, aos acabamentos sarrafeado, feltrado e natado do sistema convencional.

Esta metodologia é conhecida como “sistema de laje nível zero” e consiste em incluir no processo de concretagem, equipamentos como régua vibratória, desempenadeiras mecânicas e o nível a laser. Os dois primeiros equipamentos atuam no adensamento, nivelamento e acabamento da superfície e o terceiro, permite a determinação e acompanhamento do nível de acabamento durante todo o processo.

A adoção deste sistema, dispensará tanto a realização da camada de revestimento, quando a especificação for o piso cimentado, quanto da camada de regularização (contra-piso), quando for especificado outro tipo de acabamento, gerando portanto, substancial economia no custo da obra.

Vale lembrar que é perfeitamente admissível a execução da laje nível zero em associação com uma laje nervurada.

b.7.2. Lajes Pré-moldadas

- Laje Pré-moldada com Vigotas de Concreto

São lajes que possuem estrutura espacial composta por vigas pré-moldadas (vigotas de concreto armado de seção “T”), materiais de enchimento que podem ser blocos cerâmicos, de concreto, concreto celular entre outros e concreto moldado no local para complementar a espessura necessária da laje.

O pavimento imediatamente inferior, quando for o caso, deve estar liberado para receber a carga proveniente do pavimento a concretar e os outros pavimentos inferiores devem estar devidamente



reescorados. É interessante que as vigas já estejam concretadas até a altura do fundo da laje, para que sirvam de apoio às nervuras. No caso de concretagem com concreto bombeado, a tubulação deve ser instalada e lubrificada com argamassa, a bomba corretamente posicionada e deve-se prever de dois a quatro homens para segurar e movimentar a extremidade da tubulação(mangote). Quando se tratar de concretagem com bomba-lança (ou caminhão-lança) deve-se verificar se a lança atinge todos o pontos a concretar, se as redes públicas de telefone e eletricidade permitem a instalação e movimentação da lança e, deve-se ainda, verificar se a tubulação encontra-se lubrificada com argamassa. É necessário um homem para manusear a extremidade da tubulação. Em se tratando de concretagem com o auxílio de grua, a caçamba deverá ser molhada antes da concretagem e retirado qualquer resto de concreto ou argamassa acumulados de outras concretagens.

- Procedimento de Execução do Serviço

A parte das vigas já concretadas deve ser molhada em abundância e a superfície deve estar limpa e livre de restos de concreto ou argamassa solta. Não deve-se permitir que se acumule um volume muito grande de concreto em ponto isolado sobre a laje. As nervuras devem penetrar nas vigas o mínimo exigido pelo fabricante ou recomendado em projeto. A disposição das nervuras será sempre mostrada em projeto ou ao longo do menor vão. Deve-se lançar o concreto em tempo hábil, ou seja, em tempo inferior ao início de pega levando-se em conta porém, se foi empregado aditivo retardador de pega ou não. Nivelar os sarrafos de madeira, respeitando-se os níveis indicados em projeto.

- Montagem

Inicialmente são colocadas as vigotas seguindo o sentido indicado em projeto. Após a colocação das nervuras deve-se colocar os blocos. A laje deve ser escorada antes do início da concretagem e deve-se, também, aplicar a contra flecha especificada em projeto. Devem ser colocadas a armadura, as caixas das instalações elétricas, hidráulicas e eletrodutos. As extremidades das vigotas que serão introduzidas nas vigas ou cintas sobre alvenaria deverão ter o concreto removido de tal forma que as barras da armadura das vigotas fiquem expostas e tenham assim aderência com o concreto da viga a ser lançado. As vigotas que porventura apresentem deformações prévias (flechas) ou sinais de corrosão não devem ser empregadas. Caso seja detalhado pelo projetista o uso da armadura negativa na ligação entre lajes deve-se empregar “caranguejos” para seu correto posicionamento.

- Lajes Treliçadas

- Definição / Aplicação

A laje treliçada é composta por uma estrutura de aço eletrosoldada. Este modelo de estrutura que combina estrutura espacial e concreto permite que se tenha uma gama muito grande de combinações de vãos e sobrecargas. Seu uso dentro da construção civil vai desde a construção de pequenas lajes para casas, lojas, indústrias, até a utilização de grandes vãos (até 15 metros) ou grandes sobrecargas como pontes, viadutos, etc.

- Metodologia de Execução

Todos os vãos devem ser escorados com tábuas colocadas em espelhos, exceto nos escoramentos destinados às nervuras de travamento, onde deverão ser colocadas “horizontalmente”, e pontaletadas.

O escoramento deve ser apoiado sobre base firme, bem contra ventada e com altura necessária para possibilitar a contra flecha da laje treliçada.

A colocação das vigas deve ser realizada seguindo as indicações contidas na planta de execução que é fornecida juntamente com o material; os números indicados na planta podem corresponder aos marcados nas vigas treliçadas. Esta planta também deve conter todas as informações sobre os ferros negativos e os de distribuição.

Para caminhar sobre a laje treliçada durante o lançamento é aconselhável fazê-lo sobre tábuas apoiadas nas vigas treliçadas.

As vigas treliçadas devem ser colocadas usando blocos em cada extremidade para espaçá-las exatamente. A primeira carreira de blocos deve se apoiar de um lado sobre a parede ou na forma (tábua) e de outro sobre a primeira viga treliçada. Coloque todos os blocos restantes entre as vigas treliçadas. Devem ser colocados com cuidado para que não fiquem folgas e não saiam do esquadro.



Nas nervuras de travamento e extremidades deverão ser colocados blocos fechados para evitar consumo desnecessário de concreto.

Os ferros devem ser distribuídos de acordo com as indicações de bitola e quantidade anotada na planta. Apoiar e amarrá-los sobre os ferros que serão colocados no sentido transversal ao das vigas treliçadas. O ferro não deverá entrar nas juntas entre as vigas treliçadas e blocos de concreto, mas ficar no meio da espessura da capa.

O material deve ser bem molhado antes de lançar o concreto. Para o concreto da capa, verificar a indicação de fck contida na planta de execução.

Não é aconselhável caminhar sobre a laje recém concretada. Durante os três primeiros dias após o lançamento do concreto, a superfície da capa deve ser bem molhada. A desforma do escoramento não deve ser realizada antes de passados 18 dias do lançamento do concreto. Em edifícios de múltiplos pisos, não retire o escoramento do piso inferior antes de terminar a execução da laje imediatamente superior (sempre deverão estar escoradas as duas lajes de pisos contíguos verticais), e nas lajes treliçadas de forro, não retire o escoramento antes do carpinteiro terminar o serviço de cobertura do telhado. O escoramento deve ser retirado do centro para as extremidades. Deve-se verificar se o próximo andar a ser concretado não descarregará excesso de carga através do escoramento, sobre a laje treliçada recém concretada.

b.7.3. Lajes Nervuradas

- Conceituação:

Consiste em lajes compostas por módulos, ocios ou não, e um vigamento especial cruzado, que dá a devida estabilidade e sustentação à laje.

- Utilização:

Esse tipo de laje de concreto armado é especialmente recomendada, quando da necessidade de vencer vãos, sem a necessidade de vigas intermediárias, pois possibilita o aumento da altura (h) da laje, com grande economia no volume de concreto. Nas lajes de teto de garagens, além desta finalidade, a laje nervurada com módulos plásticos, permite eliminar o revestimento do teto, por apresentar superfície de acabamento adequada a estes ambientes.

- Determinações Técnicas:

De acordo com a ABNT, as lajes nervuradas devem apresentar as seguintes características:

- A resistência da mesa à flexão deverá ser verificada sempre que a distância entre as nervuras for superior a 50 cm ou houver carga concentrada no painel entre as nervuras;
- As nervuras deverão ser sempre verificadas quanto ao cisalhamento. Como vigas, se a distância livre entre elas for superior a 50cm e, como laje, em caso contrário;
- O apoio das lajes deverá ser feito ao longo de uma nervura;
- Nas lajes armadas numa só direção, serão necessárias nervuras transversais sempre que houver cargas concentradas a distribuir ou quando o vão teórico for superior a 4m. Exige-se duas nervuras no mínimo quando esse vão ultrapassar 6m;
- Nas nervuras com espessuras inferiores a 8cm, não é permitido colocar armadura de compressão no lado oposto à mesa.

c. Controle tecnológico

O controle tecnológico deverá ser realizado segundo as prescrições contidas na NBR 6118 e na NBR 14931, controlando todos os materiais a serem utilizados, e através de laboratório idôneo e certificado em padrão de referência ISO. Enfatiza-se a necessidade da realização de uma inspeção visual detalhada, por parte da SUPERVISÃO, buscando-se detectar nichos, brocas e vazios na estrutura, e só após este controle será definida a metodologia de recuperação a ser adotada, se for o caso.

Em caso de dúvidas, ou na presença de pequenas e precoces deteriorações nas estruturas que possam vir a comprometer a qualidade e durabilidade das mesmas, será, a critério da SUPERVISÃO e da equipe técnica da PBH, recomendada a realização de ensaios especiais, preferencialmente não destrutivos, como forma de melhor balizar decisões sobre a recuperação, o desmanche, a modificação do processo



construtivo e, mesmo até do projeto. Dentre eles enquadram-se ensaios de prova de carga realizado diretamente na estrutura. Qualquer ônus deste tipo de trabalho, é de responsabilidade da CONTRATADA. Os custos dos referidos ensaios, estão incluídos no BDI.

6.4. ELEMENTOS PRÉ-FABRICADOS DE CONCRETO

6.4.1. Objetivo

O objetivo deste documento é estabelecer critérios padronizados para regulamentar a produção e montagem de Elementos Pré-fabricados.

6.4.2. Condições Gerais

A empresa deve utilizar projetos e outros documentos para a execução dos elementos pré-fabricados, contendo no mínimo as seguintes especificações:

- Identificação do desenho (folha, peça etc.), com nome ou logomarca da empresa, projetista ou responsável pelo desenho, data da primeira emissão do desenho, número de revisões e as alterações e modificações realizadas;
- Identificação clara de cada elemento pré-fabricado e suas medidas;
- Tipo do concreto e características, sendo no mínimo a resistência do concreto para manuseio e transporte dos elementos pré-moldados, liberação da armadura na pré-tração (ou para aplicação da protensão por pós-tração) e resistência na idade especificada;
- Os tipos de aços com suas dimensões, bitolas, quantidades e posições, incluindo o valor da tensão na armadura protendida, quando existir;
- Detalhes das ligações, soldas e emendas;
- Localização e inclinação das alças de içamento e pontos de apoio para armazenamento e transporte;
- Tolerâncias dimensionais dos elementos pré-fabricados;
- Volume e peso de cada elemento pré-fabricado.

a. Especificações de cobertura para os elementos

O projeto ou documento interno da empresa deve estabelecer os valores de cobertura dos elementos pré-fabricados, atendendo às especificações do item 9.2.1.1 da NBR 9062, em função dos diversos parâmetros de agressividade e qualidade do concreto (previstos na NBR 6118), suas tolerâncias e critérios para redução, desde que os valores de cobertura não sejam inferiores a:

- Lajes em concreto armado: cobertura ≥ 15 mm
- Demais peças em concreto armado (vigas/pilares): cobertura ≥ 20 mm
- Peças em concreto protendido: cobertura ≥ 25 mm
- Peças delgadas em concreto protendido (telhas / nervuras): cobertura ≥ 15 mm
- Lajes alveolares protendidas: cobertura ≥ 20 mm

b. Especificações para montagem

A empresa deve utilizar projetos e outros documentos para a montagem da estrutura de elementos pré-fabricados, contendo no mínimo as seguintes especificações:

- Identificação do desenho (folha, etapa, obra etc.), com nome ou logomarca da empresa, projetista ou responsável pelo desenho, data da primeira emissão do desenho, número de revisões, alterações e modificações realizadas, descritas ou identificadas com símbolos, como desenho, cores etc.;
- Identificação clara de cada elemento pré-fabricado;
- Cotas, níveis e outras medidas para o posicionamento dos elementos;



- Detalhes das ligações a serem executadas na obra, durante ou após a montagem, incluindo materiais constituintes e seqüência de execução durante a montagem, além dos critérios para solidarização de peças ou capeamento de lajes, quando aplicáveis;
- Tolerâncias para a montagem dos elementos pré-moldados;
- Detalhes e critérios para a impermeabilização ou vedação da estrutura executada, incluindo juntas, rufos e pinos;
- Carregamentos utilizados para o cálculo da estrutura, incluindo as sobrecargas, solicitações dinâmicas, cargas de ventos e outros dados, conforme método adotado pela empresa.

c. Controle de especificações e projetos

A empresa deve estabelecer sistemática que garanta o controle das versões de projetos internos e documentos correlatos (citados em determinada planta, tais como especificação de ligações, valor de protensão de cabos etc.), elaborados pela planta de produção para a produção e montagem dos elementos pré-fabricados.

6.4.3. Condições específicas

a. Materiais

Os materiais dos elementos pré fabricados de concreto estão descritos juntamente com o capítulo 6.3.4.

b. Produção

b.1. Traços para o concreto

A empresa deve definir formalmente os traços do concreto utilizados na planta de produção. A documentação que os descreve (procedimento, listas, tabelas etc.) deve estabelecer para cada um dos traços, no mínimo as seguintes informações:

- Resistência característica (Mpa);
- Peso do agregado miúdo por metro cúbico e identificação do tipo de material;
- Peso da brita por metro cúbico, identificação genérica de granulometria (pedrisco, brita 1 etc.) e tipo de material;
- Consumo de cimento por metro cúbico e sua especificação (classe e tipo);
- Relação água/cimento (a/c);
- Quantidade e tipo de aditivos (quando aplicável).

Os traços devem ser disponibilizados para o local de produção ou identificados claramente para cada tipo de elemento pré-fabricado produzido.

Nota: Os valores de a/c definidos devem atender às exigências mínimas para cada categoria de concreto utilizado, conforme parâmetros definidos na NBR 6118.

b.2. Produção e Transporte do concreto

O concreto produzido deve ser dosado e preparado conforme NBR 12655 (onde forem estabelecidas especificações para a "obra", entende-se como "planta de produção").

Seu transporte após produção deve ser realizado em caminhões betoneira, caçambas ou carrinhos específicos que não permitam segregação, diretamente do local de produção para as formas dos elementos pré-fabricados.

Os locais de produção e transporte (betoneiras, caçambas etc.) devem ser lavados após 6 horas de uso ininterrupto ou sempre que houver paralisação por mais de 1 hora.

b.3. Controle Tecnológico

Para todo concreto recebido ou produzido na planta de produção (relativo aos elementos pré-fabricados), devem ser realizados todos os ensaios necessários para a comprovação das especificações de projeto para o produto final, como resistências à compressão e outros quando existirem (módulo de elasticidade,



permeabilidade etc.).

Especificamente para os ensaios de resistência à compressão, estes devem atender às seguintes condições:

- A moldagem e cura dos corpos de prova devem seguir as orientações da NBR 5738;
- No caso dos corpos de prova para liberação de desforma ou desprotensão, eles podem ser mantidos junto à forma da peça e submetidos às mesmas condições de cura;
- Os ensaios de resistência à compressão devem ser realizados conforme NBR 5739, comprovando-se os dados especificados em projeto ou em documento interno da empresa, desde que ele esteja vinculado ao projeto;
- Todos os exemplares utilizados para a amostragem dos ensaios devem ser compostos de no mínimo 2 corpos-de-prova para cada idade a ser avaliada;
- A amostragem para controle das resistências de projeto (f_{ck}) deverá atender ao estabelecido na NBR 12655. No caso de amostragem parcial, esta deverá ser constituída de pelo menos 1 exemplar a cada 50 m³ de concreto de um mesmo traço produzido, sendo no mínimo 6 exemplares por mês (abrangendo amostras de semanas distintas);
- Os resultados de resistência final devem atender às condições da NBR 12655;
- No caso da utilização de amostragem parcial, o lote representativo do controle estatístico (inclusive para definição do desvio padrão), deve ser claramente definido pela empresa. Devem ser mantidos laudos de laboratório que descrevam os resultados encontrados.

b.4. Desprotensão

Para todo concreto protendido utilizado na planta de produção devem ser realizados todos os ensaios necessários para a comprovação das especificações de projeto, atendendo no mínimo as seguintes condições:

- A amostragem para controle das resistências de desprotensão (f_{cj}) deve ser constituída de no mínimo 1 exemplar por pista a ser concretada ou a cada 30 m³ de concreto de um mesmo traço produzido. Em caso de retirada de uma única amostragem em pistas, esta deverá ser feita no final dela;
- Os resultados de resistência devem ser obtidos obrigatoriamente antes do início da protensão da pista ou peça, considerado-se o maior valor encontrado entre os dois corpos-de-prova de cada exemplar moldado;
- Devem ser mantidos laudos de laboratório que descrevam os resultados encontrados;
- Caso verificado resultado inferior ao esperado em um dos corpos-de-prova do exemplar, pode-se reservar (se necessário) o outro para ensaio e liberação posterior. Liberações com base em resultados inferiores ao especificado (concessões), somente serão aceitos com anuência por escrito do projetista ou responsável por projetos na empresa.

b.5. Desforma

Para todo concreto armado utilizado na planta de produção devem ser realizados todos os ensaios necessários para a comprovação das especificações de projeto para desformação, atendendo no mínimo as seguintes condições:

- A amostragem para controle das resistências de desformação deve ser constituída de no mínimo 1 exemplar por dia para cada traço produzido;
- Os resultados de resistência devem ser obtidos obrigatoriamente antes do início da desformação dos respectivos elementos (e não apenas para comprovação posterior), considerado-se o maior valor encontrado entre os dois corpos-de-prova de cada exemplar moldado;
- Devem ser mantidos laudos de laboratório que descrevam os resultados encontrados;
- Caso verificado resultado inferior ao esperado em um dos corpos-de-prova do exemplar, pode-se reservar (se necessário) o outro para ensaio e liberação posterior. Liberações com base em



resultados inferiores ao especificado (concessões), somente serão aceitos com anuência por escrito do projetista ou responsável por projetos na empresa.

b.6. Formas

As formas para concreto armado ou protendido devem ser estáveis e conferir aos elementos pré-fabricados uma superfície uniforme. Sua execução deve ser realizada conforme especificações de dimensionamento, montagem, ancoragem, limpeza e desmoldagem, estabelecidas no item 9 da NBR 9062.

b.7. Alças, insertos e outros detalhes

Os detalhes construtivos em aço, necessários ao transporte e à ligação dos elementos pré-fabricados na montagem, executados na planta de produção (sejam elas através de insertos, chapas metálicas, alças ou outros processos) devem atender às especificações estabelecidas em projeto.

Caso seja necessária a utilização de solda para a execução das ligações, esta deve ser realizada por profissional qualificado por entidade habilitada e certificada.

Devem ser mantidos registros da qualificação dos soldadores na planta de produção (quando existir tal serviço), que identifique o tipo de solda executado por este profissional (soldador a arco elétrico com eletrodo revestido, oxiacetilênico etc.).

b.8. Armação passiva

A execução da armação para o concreto armado deve ser executada com base nas especificações de projeto e atender às exigências construtivas, de confecção e montagem estabelecidas no item 9 da NBR 9062.

b.9. Armação protendida

A execução da armação para o concreto protendido deve ser executada com base nas especificações de projeto e atender às exigências construtivas, de confecção e montagem estabelecidas no item 9 da NBR 9062.

A verificação da carga de tração deve ser realizada de forma visual através de manômetro do macaco hidráulico, dinamômetros nos fios e cordoalhas ou através da análise do alongamento total.

Nota: No caso da utilização da análise do alongamento, deve ser definida a sistemática de cálculo do valor real, a ser comparado com as especificações de projeto (levando-se em consideração desvios provocados pela eliminação de catenárias, macacos hidráulicos etc.). Esta sistemática deve ser formalmente aprovada pelo projetista ou responsável técnico da empresa.

b.10. Cobrimento da armadura

O cobrimento dos elementos da armadura deve atender ao especificado em projeto ou em documentos internos da empresa (no caso de elementos pré-fabricados padronizados), em todas as faces dos elementos.

Os cobrimentos podem ser verificados diretamente na forma, antes da concretagem ou após (caso seja visível).

b.11. Execução da concretagem

O concreto utilizado para a produção dos elementos pré-fabricados deve ser lançado e adensado (incluindo a execução de juntas quando aplicável) conforme item 9 da NBR 9062.

Deve ser realizada a rastreabilidade de todo o concreto lançado, correlacionando os elementos produzidos com os resultados de ensaio de resistência.

O prazo para desmoldagem deve garantir a resistência estabelecida em projeto ou documento interno da empresa. Este processo deve ser controlado através do acompanhamento da resistência obtida pelos ensaios descritos na letra "b.3" do item 6.4.3 desta especificação.

b.12. Verificação do elemento pré-fabricado

Após a desmoldagem, pós-tração (quando aplicável) e retirada do elemento pré-fabricado das formas, deve ser realizada a verificação de suas dimensões e aspecto geral, considerando as seguintes exigências:



- Deve-se verificar visualmente a ocorrência de deformações muito acentuadas, falhas de concretagem e fissuras ao longo das peças, nos cantos e zonas de tensão de protensão, quando existirem;
- As características dimensionais devem atender às especificações de projeto, aceitando-se as tolerâncias apresentadas nas Tabelas e Figuras a seguir, para os seguintes elementos:
 - b1) Painéis arquitetônicos;
 - b2) Pilares, vigas, pórticos e escadas armadas;
 - b3) Vigas e pórticos protendidos;
 - b4) Terças de cobertura (10 pt.);
 - b5) Lajes armadas ou protendidas;
 - b6) Lajes ou painéis alveolares;
 - b7) Telhas;
 - b8) Estacas e blocos de fundação;
 - b9) Monoblocos.
- Caso os elementos não atendam às exigências de aceitação estabelecidas, eles devem apresentar disposições definidas por uma função responsável, tais como refugo, reparos, ajustes, uso alternativo fora da obra do cliente etc.;
- Devem ser estabelecidas sistemáticas de identificação da aprovação ou não de cada elemento pré-fabricado, produzido na planta de produção.

Nota: é admissível a utilização, na obra, de elementos fora das tolerâncias definidas (somente aqueles reprovados dentro de toda a produção que teve sua amostragem aceitável), desde que estes não comprometam o desempenho estrutural e arquitetônico da obra como um todo. Tal fato deve ser comprovado através de registros apropriados que comprovem a avaliação das conseqüências do uso dos elementos pelo projetista e a descrição das alterações de projeto ou montagem necessárias para tratar tais problemas, garantindo o atendimento das tolerâncias finais de montagem.

c. Execução

c.1. Armazenamento de elementos pré-fabricados

Os elementos pré-fabricados devem ser armazenados na planta de produção apoiados nas posições estabelecidas em projeto ou outro documento interno da empresa, atendendo às especificações do item 10 da NBR 9062.

Os pontos de apoio para armazenamento podem ser deslocados em valores máximos definidos por projeto ou documento interno. No caso de não existir tal especificação, adota-se o limite de 40 cm.

c.2. Transporte e manuseio de elementos pré-fabricados

A retirada dos elementos pré-fabricados das formas deve ser realizada após comprovação do atendimento de sua resistência para transporte estabelecida em projeto.

O içamento deve ser realizado pelas alças ou demais mecanismos também previstos em projeto, em ângulos não superiores a 45° da direção vertical.

O manuseio e o transporte devem garantir a integridade dos elementos desde sua movimentação interna, deslocamento sobre veículos e montagem na obra, atendendo às exigências do item 10 da NBR 9062.

Os pontos de apoio para carregamento e transporte podem ser deslocados em valores máximos definidos por projeto ou documento interno. No caso de não existir tal especificação, adota-se o limite de 40 cm.



PARTE A - TOLERÂNCIAS DIMENSIONAIS - ELEMENTO PRÉ-FABRICADO

Função do Elemento	DIMENSÕES (quando aplicável)		TOLERÂNCIAS (mm)
Painéis Arquitetônicos (item b1 do requisito 1.3.12)	Comprimento ou largura do painel (face exposta)	Até 5m	±10
		De 5m até 10m	±15
		Superior a 10m	±20
	Espessura do painel (mesa)		-5; +10
	Esquadro do painel (mesa)	Até 10m	±15
		Superior a 10m	± 2 / m
	Alinhamento no plano do painel (por cima) - linearidade		L/1000*
	Alinhamento transversal ao plano do painel (para contra-flecha)		L/500*
	Dimensão e posição dos vazios e vãos arquitetônicos		±5
	Posição dos insertos para fixação		±15
	Posição das chapas metálicas ou furos para fixação		±15
Posição (lateral e comprimento) dos dispositivos para içamento		±80	
Pilares, Vigas, Pórticos, Terças e Escadas (itens b2, b3 e b4 do requisito 1.3.12)	Comprimento	Até 5m	±10
		De 5m a 10m	±15
		Superior a 10m	±20
	Secção transversal - ver desenho a	vigas e escadas	-5; +10
		pilares e pórticos	±10
	Alinhamento (qualquer lado) - ver desenho b		L/1000*
	Esquadro do topo ou base da peça - ver desenho c		±5
	Dimensão do consolo		±5
	Posição do consolo		±10
	Posição dos insertos para fixação, furos ou tirantes - ver desenho d		±15
	Posição de chumbadores (em relação à face da peça) - ver desenho f		±10
	Posicionamento do cabo de protensão - ver desenho e		±10
	Posição de dispositivos para içamento (em relação à lateral) - ver desenho g		±30
Posição de dispositivos para içamento (relação ao comprimento) - ver desenho h		±80	
Lajes Armadas ou Protendidas (item b5 do requisito 1.3.12)	Comprimento e largura	Até 5m	±10
		De 5m a 10m	±15
		Superior a 10m	±20
	Secção transversal		±5
	Recortes / vazios		±10
	Alinhamento (qualquer lado)		L/1000*
	Esquadro dos cantos		±5
	Esquadro de todo o painel ou laje (mesa)	Até 10m	±15
		Superior a 10m	± 2 / m
	Posição das chapas metálicas ou furos para fixação		±15
	Posicionamento do cabo de protensão		±10
Posição (lateral e comprimento) dos dispositivos para içamento		±80	

(*) L = comprimento da peça

Figura 2 - Parte A – Tolerâncias Dimensionais – Elemento Pré-Fabricado



PARTE A - TOLERÂNCIAS DIMENSIONAIS - ELEMENTO PRÉ-FABRICADO (CONT.)

Função do Elemento	DIMENSÕES (quando aplicável)		TOLERÂNCIAS (mm)
Lajes ou Painéis Alveolares (item b6 do requisito 1.3.12)	Comprimento	Até 5m	±10
		De 5m a 10m	±15
		Superior a 10m	±20
	Secção transversal - ver desenho a		-5; +10
	Recortes / vazios - ver desenho i		±20
	Alinhamento no plano do painel ou da laje (linearidade) - ver desenho b		L/1000*
	Alinhamento transversal somente do painel (para contra-flecha) - ver desenho j		L/500*
	Esquadro dos cantos		±5
	Esquadro de todo o painel ou laje (diagonal)	Até 10m	±15
		Superior a 10m	± 2 / m
	Espessuras das paredes dos alvéolos (entre alvéolos) - ver desenho k		-10; +15
Posição das chapas metálicas ou furos para fixação - ver desenho d		±15	
Posicionamento do cabo de protensão - ver desenho e		±10	
Telhas (item b7 do requisito 1.3.12)	Comprimento	Até 5m	±10
		De 5m a 10m	±15
		Superior a 10m	±20
	Largura ou altura (total e base)		±5
	Espessura (almas e abas)	Até 50mm	-1; +10
		Superior a 50mm	-3; +10
	Esquadro (almas e abas)		±10
	Posição dos insertos		±50
	Alinhamento (por cima) - linearidade		L/1000*
	Posicionamento do cabo de protensão		±10
	Posição de dispositivos para içamento (em relação à lateral)		±30
Posição de dispositivos para içamento (em relação ao comprimento)		±80	
Estacas e Blocos de Fundação (item b8 do requisito 1.3.12)	Comprimento		±L/300*
	Largura e altura (topo, secção ou base)		±5%
	Diâmetro (topo, secção ou base)		±5%
	Espessura da parede (no caso de estacas vazadas, l ou blocos)		±5
Monoblocos (item b9 do requisito 1.3.12)	Dimensões (externas e internas)		±5
	Esquadro entre faces		±10 / m
	Espessuras das paredes		±3
	Alinhamento		L/500*
	Posição de abertura de passagem, vão ou shaft		±10
	Dimensão da abertura de passagem, vão ou shaft		±5
	Posição de pontos de acessórios ou instalações		±10
	Posição dos dispositivos para içamento		±30
	Posição dos insertos, furos ou placas de fixação		±10
Posição e dimensão dos apoios		±10	

(*) L = comprimento da peça

Figura 3 – Continuação – Parte A – Tolerâncias dimensionais – Elemento pré-fabricado

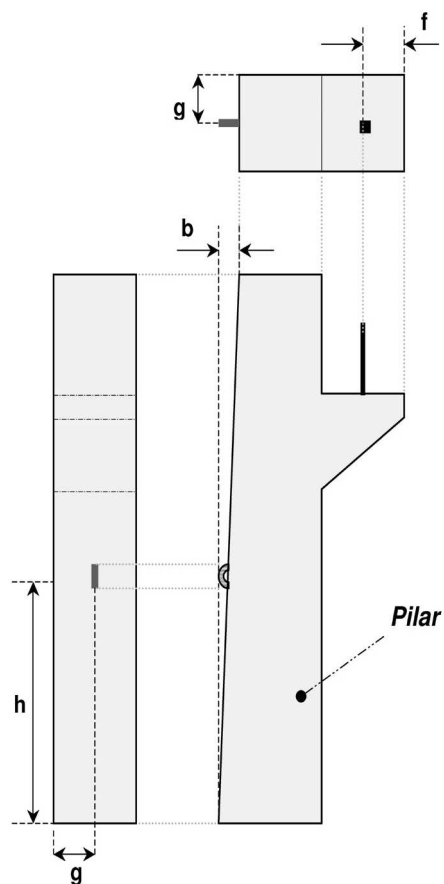
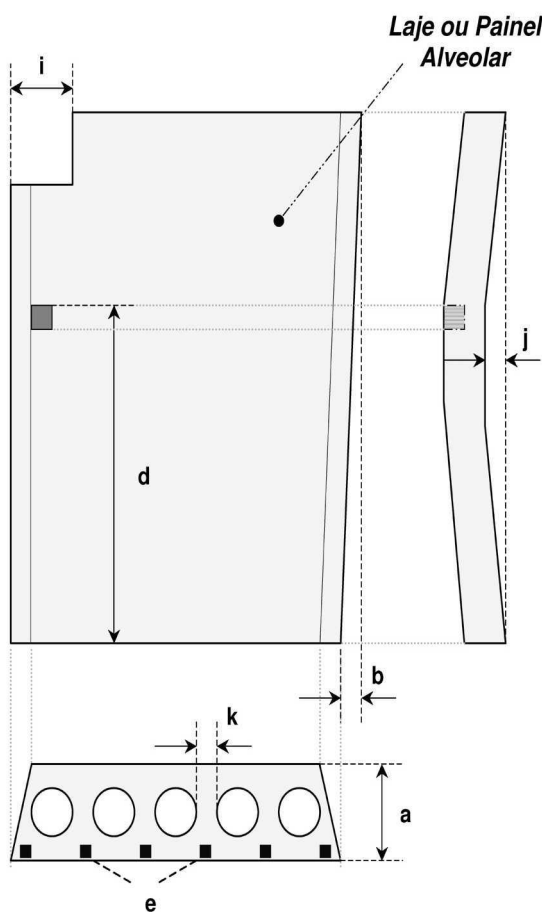


Figura 4 – Desenho ilustrativo de tipos de tolerâncias para elementos (exemplo com laje ou painel alveolar).

Figura 5 – Desenho ilustrativo de tipos de tolerâncias para elementos (exemplo com pilar).

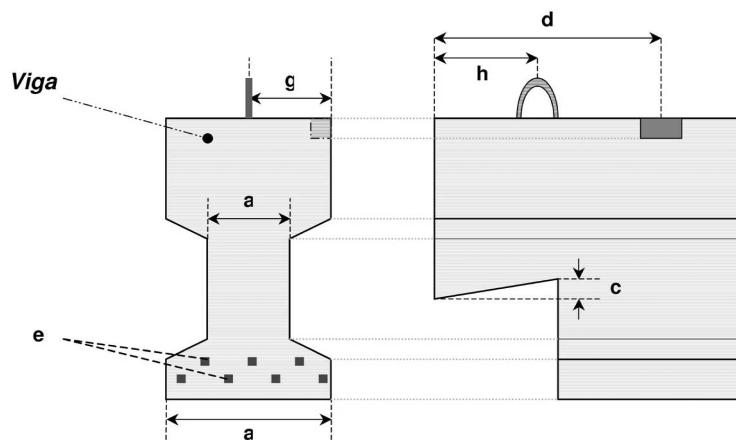


Figura 6 – Desenho ilustrativo de tipos de tolerâncias para elementos (exemplo com viga).



PARTE B - TOLERÂNCIAS DE MONTAGEM - ESTRUTURA FINAL (OBRA)

TIPO DE TOLERÂNCIA OU INTERFACE ENTRE ELEMENTOS MONTADOS (quando aplicável)	TOLERÂNCIAS (mm)	
Posição dos pilares da extremidade da estrutura <i>(item b1 do requisito 1.3.8)</i>	Por elemento (em relação aos eixos)	±15
	Relativo (entre pilares)	±10
Posição dos pilares da extremidade da estrutura <i>(item b1 do requisito 1.3.8)</i>		±15
Posição e nível de monoblocos <i>(item b2 do requisito 1.3.8)</i>		±10
Nível de viga sobre os apoios - ver desenho m <i>(item b3 do requisito 1.3.8)</i>	Viga de suporte (por elemento)	±10
	Viga de rolamento (por elemento)	±20
Nível de laje alveolar sem vinculação (somente apoiada) - nos pontos de apoio <i>(item b3 do req. 1.3.8)</i>		±20
Nível dos demais elementos sobre os apoios - painel, laje maciça, laje alveolar vinculada, escada <i>(item b3 do req. 1.3.8)</i>	Por elemento	±10
	Acumulado (diferenças)	30
Prumo de painel ou pilar de extremidade - ver desenho n <i>(item b4 do requisito 1.3.8)</i>	Até 7,5m	±L/300*
	Superior a 7,5m - isolado	±25
	Superior a 7,5m - com carga	±20
Juntas entre elementos aparentes ou com calafetação - ver desenho o <i>(item b5 do requisito 1.3.8)</i>		±10

(*) L = comprimento da peça

Figura 7 – Parte B – Tolerâncias de montagem – Estrutura final (obra)

TIPO DE TOLERÂNCIA OU INTERFACE ENTRE ELEMENTOS MONTADOS (quando aplicável)	TOLERÂNCIAS (mm)	
Posição de estacas <i>(item b1 do requisito 2.3.3)</i>	±50	
Posição de blocos pré-moldados sobre fundação <i>(item b1 do requisito 2.3.3)</i>	±50	
Posição dos pilares internos da estrutura <i>(item b1 do requisito 2.3.3)</i>	Por elemento (em relação aos eixos)	±15
	Relativo (entre pilares)	±10
Posição de elementos sobre apoios (se dimensões diferentes) - ver desenho p <i>(item b1 do requisito 2.3.3)</i>	Entre apoios	±10
	Acumulado	C/1000**
Prumo de pilar interno - ver desenho q <i>(item b2 do requisito 2.3.3)</i>	Até 7,5m	±L/300*
	Superior a 7,5m - isolado	±25
	Superior a 7,5m - com carga	±20
Juntas entre elementos internos - ver desenho r <i>(item b3 do requisito 2.3.3)</i>		±15
Alinhamento entre elementos - ver desenho s <i>(item b4 do requisito 2.3.3)</i>	Aparentes	±10
	Internos	±15

(*) L = comprimento da peça; (**) C = comprimento de toda a estrutura

Figura 8 – Parte C – Tolerâncias de montagem – Elementos da estrutura

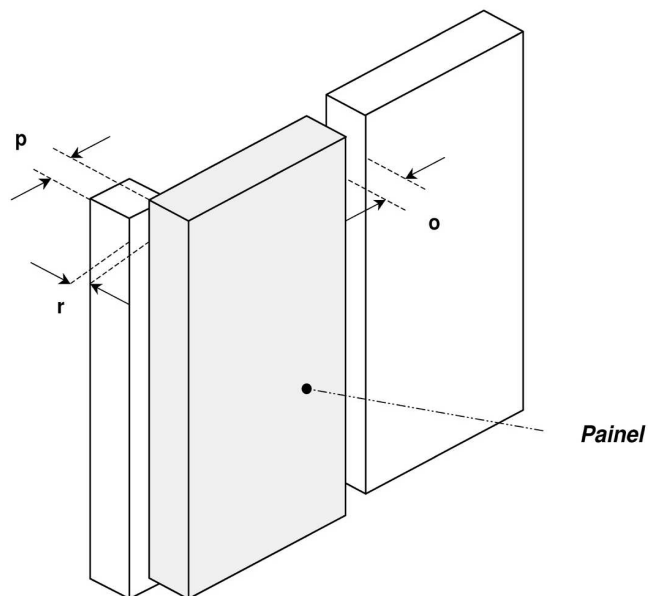


Figura 9 – Desenhos ilustrativos de tipos de tolerâncias para montagem (exemplo com painéis).

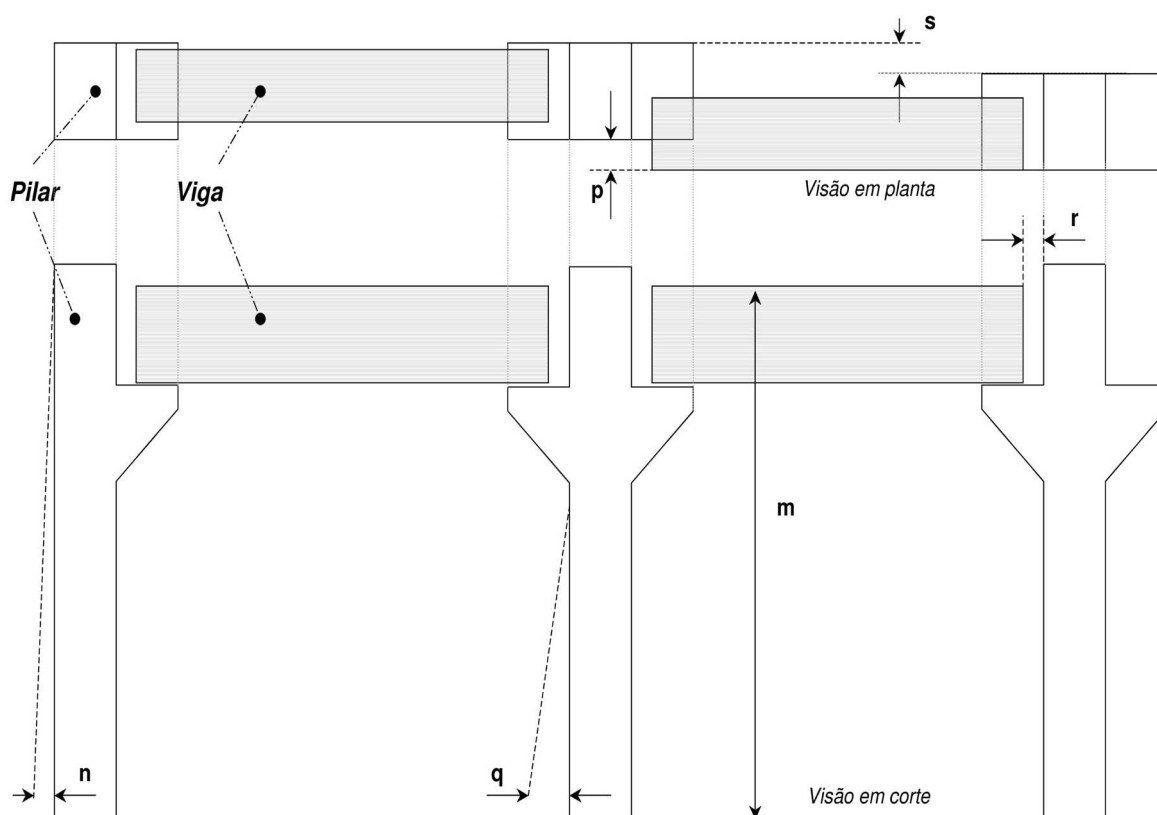


Figura 10 – Desenhos ilustrativos de tipos de tolerâncias para montagem (exemplo com pilares e vigas).



c.3. Acabamento dos elementos pré-fabricados

De acordo com o uso do elemento este pode necessitar de um acabamento final para regularização de sua superfície aparente, caso esta apresente pequenas imperfeições que não comprometam a resistência e durabilidade da peça, como fissuras acentuadas ou falhas de grandes dimensões.

Deve ser realizado também o acabamento do elemento para a proteção de pontos com fios e cordoalhas aparentes de peças cortadas, não sendo admitidas para armação fora das tolerâncias de cobrimento.

Devem ser estabelecidas sistemáticas de identificação da aprovação ou não de cada elemento pré-fabricado que necessite de acabamento para sua expedição para a obra ou outro uso especificado.

c.4. Identificação dos elementos pré-fabricados

Os elementos liberados para expedição (após execução e acabamento) devem manter sua identificação de produção ou receberem nova codificação de maneira a possibilitarem a correta montagem ou uso na obra.

Esta identificação deve garantir a rastreabilidade do elemento em relação aos dados de sua produção.

c.5. Locação das fundações

A locação das fundações, quando não realizada pela empresa, deve ser verificada antes do início da montagem, com o uso de equipamento de medição adequado e aceitando-se tolerância de ± 5 cm para posição final das estacas ou tubulões e de ± 5 cm para os blocos sobre a fundação.

Caso o projeto ou outra documentação interna da empresa ou do cliente especifique tolerâncias com valores inferiores, tais especificações devem ser também atendidas.

Devem ser mantidos registros documentados internos ou externos dos resultados destas verificações.

c.6. Montagem e ligação dos elementos pré-fabricados

A montagem de todos os elementos pré-fabricados deve ser realizada de acordo com o item 11 da NBR 9062, com base no projeto e já nas posições definitivas na obra.

As ligações em aço executadas na obra devem atender às especificações estabelecidas em projeto, caso seja necessária a utilização de solda para a execução delas, esta deve ser realizada por profissional qualificado.

Devem ser mantidos registros da qualificação dos soldadores que executam as ligações na obra (quando esta for realizada) que identifique o tipo de solda executado por este profissional (soldador a arco elétrico com eletrodo revestido, oxiacetilênico etc.).

c.7. Serviços complementares na obra

Caso sejam realizados serviços em concreto necessários para a montagem da estrutura pré-fabricada (previstos em propostas ou contrato), tais como fundações, peças complementares ou capeamento de lajes, estes devem seguir as especificações de projeto.

No caso específico do concreto recebido diretamente na obra, para a execução de serviços complementares, deve ter seu controle realizado de acordo com a NBR 12655.

No caso de aço recebido diretamente na obra para a execução de serviços complementares, este deve atender às exigências das normas NBR 7480 ou 7481.

Devem ser mantidos laudos de laboratório ou fornecedor que comprovem o atendimento às exigências para todos os lotes de aço entregues.

Devem ser mantidos laudos de laboratório que comprovem o atendimento às exigências para todos os lotes de concreto entregues. Pode-se aceitar laudos do fornecedor desde que não haja exigências oriundas de requisitos contratuais (com o cliente) e somente se o fornecedor disponibilizar o certificado de calibração de sua prensa, além do controle tecnológico detalhado estar descrito no contrato de fornecimento de concreto para a obra.

Nota: este item não é aplicável quando a execução de tais serviços é realizada pelo cliente, conforme comprovação do escopo dos serviços em contrato.



c.8. Controle tecnológico

Após a montagem dos elementos deve ser realizada a verificação do posicionamento das peças e do aspecto final da estrutura:

- Devem-se verificar, visualmente, o alinhamento e a uniformidade de cor dos elementos aparentes, a ocorrência de deformações acentuadas, fissuras ou quebras nos pontos de apoio ou solicitação;
- A montagem da estrutura deve atender a todas as tolerâncias apresentadas (NBR 9062) no item 1.3.12, independente do tipo de estrutura ou tecnologia empregada, para os itens:
 - Posição dos pilares;
 - Posição e nível de monoblocos;
 - Níveis dos elementos sobre apoios;
 - Prumo do painel, pilar externo isolado ou carregado;
 - Juntas entre elementos aparentes
- Devem ser estabelecidas sistemáticas de identificação da aprovação ou não da estrutura final montada, antes da entrega da obra ao cliente.

6.5. CRITÉRIOS DE LEVANTAMENTO, MEDIÇÃO E PAGAMENTO

a. Levantamento (Quantitativos de Projeto)

Deverá ser efetuado por nível, separando-se as peças por tipo (exemplo: pilares, vigas, lajes, escadas, paredes, etc.).

Serviços de forma, armação e concreto estrutural devem ser levantados separadamente, referenciados por suas respectivas unidades, a saber: m², kg e m³.

a.1. Particularidades

a.1.1. Formas

- Será considerada a área real de contato com o concreto;
- Os fundos de viga não serão considerados como laje e serão descontadas as áreas correspondentes a interseção com pilares;

As vigas devem ser levantadas trecho por trecho, evitando-se com isso, considerar formas, nas laterais das interseções;

- Para os pilares, considera-se o perímetro da seção do pilar, e a altura compreendida entre o piso concretado da laje inferior e o fundo da laje superior, descontando-se as interseções com as vigas.

a.1.2. Concreto

O volume das interseções dos diversos elementos estruturais será levantado uma só vez.

Concretos com resistências (fck) diferentes, serão levantados separadamente.

Em lajes nervuradas serão descontados os volumes dos elementos inertes (blocos ou gomos vazios).

No caso de laje nível zero, para o item que remunera a mão-de-obra mecanizada para acabamento de laje, será considerada a mesma área (m²) da laje.

a.1.3. Armação

Muitas vezes, o quadro resumo dos projetos já inclui perdas. A quantidade levantada deverá ser exata, sem perdas, as quais já estão consideradas na composição de preço unitário.

b. Medição

b.1. Formas

Será efetuada por metro quadrado (m²) nas quantidades obtidas, utilizando-se os critérios de levantamento.



b.2. Concreto

Será efetuada por metro cúbico (m³) nas quantidades obtidas, utilizando-se os critérios de levantamento.

b.3. Armação

Será efetuada por quilograma (kg) nas quantidades obtidas, utilizando-se os critérios de levantamento.

c. Pagamento

c.1. Formas

Os serviços serão pagos pelo preço unitário contratual, contemplando toda a mão-de-obra, materiais e ferramentas necessárias à execução das formas e escoramentos, bem como desforma, organização e limpeza da área.

Está considerada a reutilização dos compensados e tábuas, no mínimo 3 vezes.

c.2. Concreto

Os serviços serão pagos pelo preço unitário contratual, contemplando fornecimento, transporte, aplicação, cura, bem como equipamentos e ferramentas necessárias.

No caso de laje nível zero, deverá ser efetuado pagamento complementar da mão-de-obra que contempla nivelamento com equipamento a laser, acabamento e polimento do concreto com equipamento mecanizado.

c.3. Armação

Os serviços serão pagos pelo preço unitário contratual, contemplando o fornecimento, corte, montagem, colocação e perdas. Estão consideradas todas as ferramentas e materiais necessários, inclusive arame, espaçadores, gabaritos e caranguejos de apoio de negativos.

6.6. ESTRUTURAS METÁLICAS

6.6.1. Objetivo

O Caderno de Encargos da SUDECAP objetiva estabelecer as diretrizes gerais para a execução dos serviços de fabricação e montagem de estruturas metálicas, em sua ampla gama de aplicação, podendo-se citar pontes, elevados, passarelas, viadutos, edifícios de andares múltiplos, aeroportos, galpões, etc.

6.6.2. Condições Gerais

Todos os elementos de projeto produzidos pelo FABRICANTE deverão ser submetidos à aprovação do autor do projeto, que deverá, de preferência, acompanhar a execução dos serviços.

As modificações de projeto que eventualmente forem necessárias durante os estágios de fabricação e montagens da estrutura, deverão ser submetidas à aprovação da SUPERVISÃO e do autor do projeto.

A SUPERVISÃO deverá realizar as seguintes atividades específicas:

- Conferir se as dimensões e características das peças componentes da estrutura estão de acordo com os desenhos, especificações, tolerâncias permitidas e outros requisitos, com a finalidade de assegurar uma montagem simples e perfeita e de modo que a estrutura cumpra as finalidades dela exigidas;
- Fazer inspeção dos componentes de fabricação da estrutura tais como: chapas e perfis laminados, eletrodutos, parafusos, arruelas e quaisquer outros componentes estruturais, antes de serem colocados na obra;
- Solicitar da CONTRATADA todos os documentos pertinentes tais como: certificados de matéria-prima fornecida por terceiro, certificado de testes de eletrodos, certificado de parafusos e outros materiais, qualificação de soldadores e qualquer outro elemento que seja necessário para demonstrar a qualidade dos materiais e a adequação dos métodos e mão-de-obra aplicadas;
- Conferir, através de listas de remessa elaboradas pela CONTRATADA, se as peças componentes da estrutura a serem transportadas estão devidamente marcadas com pintura de fácil reconhecimento, inclusive com lista de parafusos de montagem;



- Rejeitar as matérias-primas que apresentarem defeito de laminação ou curvaturas, além dos limites permitidos;
- Observar se os processos utilizados em todo e qualquer estágio de fabricação, como método de soldagem, método de aperto de parafusos, método de alinhamento e correção de distorções, método de usinagem, asseguram o atendimento às especificações de projeto;
- Recusar qualquer método de trabalho considerado prejudicial aos materiais ou componentes das estruturas acabadas;
- Inspeccionar, usando torquímetro pré - calibrado, pelo menos um parafuso de cada conexão, verificando se não apresenta torque abaixo do mínimo especificado nas normas. Caso isso ocorra, todos os parafusos da conexão deverão ser rejeitados;
- Verificar se as condições dos elementos de ligação estão de acordo com os detalhes de projeto, quando da execução da montagem;
- Observar as condições de corrosão das peças, recusando as que não satisfazem às especificações;
- Acompanhar a execução da pintura de estrutura em suas diversas etapas, solicitando a realização dos devidos ensaios, se necessários à aceitação dos serviços.

6.6.3. Condições específicas

a. Materiais

A escolha do tipo de aço para construções metálicas em geral é feita em função dos aspectos ligados ao ambiente em que as estruturas se localizam e da previsão do comportamento estrutural de suas partes, devido à geometria e aos esforços solicitantes. Peças comprimidas com elevado índice de esbeltez ou peças fletidas em que a deformação (flechas) é fator preponderante estrutural, são casos típicos de utilização de média resistência mecânica. Para peças com baixa esbeltez e deformação não preponderante é mais econômica a utilização de aços de alta resistência.

Portanto, sua aplicação, com finalidade estrutural é guiada por dois fatores:

- Tipos de aço;
- Seção transversal do perfil.

Em relação aos tipos de aço tem-se: os aços estruturais utilizados no Brasil são produzidos segundo normas estrangeiras (especialmente a ASTM - AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIAL e DIN- DEUSTSCHE INDUSTRIE NORMEN) ou fornecidos segundo denominação dos próprios fabricantes:

Aços de média resistência para uso geral:

- Perfis, chapas e barras redondas acima de 50mm: ASTM A-36;
- Chapas finas: ASTM A-570 e SAE 1020;
- Barras redondas (6 a 50 mm): SAE 1020;
- Tubos redondos sem costura: DIN 2448 ASTM A-53 group B;
- Tubos quadrados e retangulares, com e sem costura: DIN 17100.

Aços estruturais, baixa liga, resistentes à corrosão atmosférica, média resistência mecânica:

- Chapas: USI-SAC 41 (USIMINAS);
- Chapas: Aço estrutural com limite de escoamento de 245 MPa (COSIPA).

Aços estruturais, baixa liga, resistentes à corrosão atmosférica, alta resistência mecânica:

- Chapas ASTM A-242, ASTM A-588 COS-AR-COR, USI-SAC-SO e NIOCOR;
- Perfis: ASTM A-242, A-588.

Já no tocante aos perfis utilizados, estes se dividem em perfis de chapa dobrada, perfis soldados e perfis laminados.



Todos os perfis metálicos, laminados ou soldados, comumente utilizados na construção civil, devem ser inspecionados, avaliados e recepcionados segundo a normalização específica da ABNT. São os seguintes perfis metálicos utilizados nas construções: cantoneiras, perfis chatos, metalon, perfis I ; perfis caixões; perfis tubulares; etc.

Entende-se como perfis metálicos, os elementos de diversas seções, constituídos de aço carbono, podendo conter algum tipo de proteção anti - corrosiva superficial, do tipo galvanização.

Já os componentes metálicos são os elementos acessórios comumente utilizados nas construções, tais como: porcas, parafusos, arruelas, rebites, estojos, manilhas, cavaletes, abraçadeiras, etc.

As emendas e uniões que por ventura venham a ser realizadas nos perfis deverão obedecer às prescrições contidas na normalização vigente, bem como proporcionar a devida estabilidade e segurança à estrutura. As uniões podem ser realizadas mediante o uso de soldas, parafusos, e rebites, e devem obedecer ao detalhamento existente e proposto no projeto. Caso seja conveniente e necessário, a SUPERVISÃO poderá exigir ensaios de recepção e controle das emendas realizadas na estrutura metálica, ficando o seu custo por conta da CONTRATADA.

É claro que, no caso de parafusos, os mesmos sejam avaliados segundo a prescrição de análise e controle proposta pela NBR 5875 - "Parafusos, porcas e acessórios" da ABNT, preponderando a realização de ensaios em tamanho natural dos mesmos.

Em se tratando de soldagem, pode-se utilizar sistemas tradicionais, com o uso de eletrodos revestidos, e mesmo até de sistemas mais sofisticados, tais como, MIG, TIG e arco submerso. Em todo sistema de soldagem envolvido nas construções metálicas, deve-se atentar para a necessidade de qualificar os soldadores e os processos envolvidos, através de empresa especializada.

Os custos com a qualificação correrão por conta da CONTRATADA. Em algumas situações, a critério da SUPERVISÃO, ouvida a equipe técnica da PBH, poderá ser dispensada, fato que entretanto não isenta a CONTRATADA dos defeitos que por ventura venham ocorrer.

Quando se tratar de peças ou perfis galvanizados, é fundamental que as mesmas sejam avaliadas quanto ao recobrimento da camada de zinco existente, sua uniformidade e durabilidade.

Os custos dos ensaios correrão por conta da CONTRATADA, e estes deverão ser realizados em laboratório idôneo e qualificado.

Na Tabela 6, são apresentadas as características gerais dos aços laminados à quente.

b. Fabricação

b.1. Matéria-prima

O aço e os elementos de ligação utilizados na fabricação das estruturas metálicas obedecerão às prescrições estabelecidas nas especificações de materiais. Somente poderão ser utilizados na fabricação os materiais que atenderem aos limites de tolerância de fornecimento estabelecidos no projeto.

Serão admitidos ajustes corretivos através de desempenho mecânico ou por aquecimento controlado, desde que a temperatura não ultrapasse a 650°C. Estes procedimentos também serão admitidos para a obtenção de pré - deformações necessárias.

No tocante aos gabaritos a serem utilizados na fabricação, recomenda-se:

Para garantia da forma das peças que saem da fábrica, é importante a preparação de um gabarito de posicionamento de todos os elementos que irão compor a peça, com as devidas compensações de deformação, que irão surgir devido às retrações de solda.

Em relação ao acabamento comumente encontrado, no estado bruto, sobre a superfície da matéria prima utilizada (perfil, cantoneira, tubo, etc.), o mesmo pode ser classificado em quatro diferentes graus, a saber:

- Grau A

Superfície de aço com a carepa de laminação praticamente intacta e sem corrosão. Representa a superfície de aço recentemente laminada;

- Grau B



Superfície de aço com princípio de corrosão, da qual a carepa de laminação começa a desprender-se;

- Grau C

Superfície de aço em que a laminação foi eliminada pela corrosão ou poderá ser removida, por raspagem ou jateamento, porém sem que se tenham formado cavidades muito visíveis (pites), em grande escala;

- Grau D

Superfície de aço onde a carepa de laminação foi eliminada pela corrosão, com formação de cavidades visíveis em grande escala;

b.2. Tratamento antioxidante

A partir dos graus de acabamento encontrados sobre a matéria prima, pode-se definir o melhor e mais adequado tipo de tratamento preliminar antioxidante a ser adotado, que é também função do sistema de pintura especificado no projeto. Este tratamento antioxidante obedecerá, às prescrições contidas na norma Sueca SIS 5900 (Svensk Standard).

O tipo de padrão a ser adotado deverá constar na especificação do projeto executivo, cabendo à SUPERVISÃO verificar e avaliar a sua utilização, quando do início de produção das serralherias. A SUPERVISÃO irá avaliar a correta escolha do sistema de limpeza adotado, em observância às prescrições contidas na norma ISO-SIS 5900, que propõe os seguintes padrões de limpeza:

- Padrão St 2 – Limpeza manual

Raspagem com raspadeira de metal duro e escovamento cuidadoso, a fim de remover as escamas de laminação, óxido e partículas estranhas. Após a limpeza, a superfície deve ter suave brilho metálico. Este padrão pode ser aplicado a qualquer tipo de superfície, exceto àquelas pertencentes ao Grau A;

Tabela 6 – Características gerais dos aços

Nome atual do aço	Nome antigo do aço	Limite de Escoamento (MPa)	Resistência a corrosão atmosférica	Resistência ao fogo
ASTM A 36	-	≥ 250 ▲	▲	▲
ASTM A 36MD	ASTM A 36MG	≥ 300 ▲	▲	▲
ASTM A572-50-1	-	≥ 345 ◇	▲	▲
USI-SAC-250	USI-SAC-41	≥ 250 ▲	◇	▲
USI-SAC-300	USI-SAC-41-MG	≥ 300 ●	◇	▲
USI-SAC-350	USI-SAC-50	≥ 350 ◇	◇	▲
USI-SAC-400	USI-SAC-60	≥ 450 ◇	◇	▲
USI-SRC-300	-	≥ 300 ●	◇	▲
USI-SRC-350	-	≥ 350 ◇	◇	▲
USI-FIRE-300	USI-FIRE-400	≥ 300 e ≥ 200 a 600°C ●	◇	◇
SUI-FIRE-350	USI-FIRE-490	≥ 325 e ≥ 217 a 600°C ◇	◇	◇

▲ baixa ● média ◇ alta



Na Tabela 7 pode-se observar um resumo da similaridade dos aços laminados a quente para construção civil, em relação à diversos organismos de normalização.

NORMAS					
Qualidade	ASTM	EN	JIS	NBR	MERCOSUL
ASTM A 36	-	EN 10025-S235J0	JIS G3101-SS400	NBR 6650-CF26	NM02-131-ED24
ASTM A 572-50-1	-	EN 10025-S335J0	JIS G3101-SS490	NBR 5000 NBR 5004	NM02-102-MCF-345 NM02-101-MCG-360
I-SAC 250 USI-SAC 41	ASTM A 709-GR36	EN 10155-S235J0	JIS G3114-SMA400	NBR5921-CFR-400 NBR 5008-CGR-400	NM02-103-GRAU-400
USI –SAC 300 USI-SAC 41 E USI SAC 41MG	ASTM A 709-GR50	-	-	NBR 5921-CFR-400 NBR 5008-CGR-400	NM02-103-GRAU-400
USI-SAC-350 USI-SAC 50	ASTM A 588 (cg) ASTM A 606-2 (tq)	EN 10155-S355J0W	JIS G3114-SMA490	NBR 5921-CFR 500 NBR 5008-CGR-500	NM02-103-GRAU-500
USI-SAC 450 USI-SAC 60	ASTM A 709-FR-70	-	JIS G3114-SMA570	-	-
USI-SRC 300	-	-	-	-	-
USI-SRC 350	ASTM A 242-1 (CG) ASTM A 606-4 (tq)	EN 10155-S3555J0WP	JIS G3125-SPA-H	-	-

Tabela 7 – Similaridade de aços laminados à quente

Na Tabela 8 observa-se a caracterização das categorias dos aços com seus respectivos sistemas químicos.

Aplicação	Nomenclatura	Sistema Químico
Estrutural	ASTM A 36-MD ASTM A 36 ASTM A 572 50-1	C , Mn
Anti-corrosão	USI-SAC 250 USI-SAC 300 USI-SAC 350	Cu , Cr
Resistente à corrosão	USI-SAC 250 USI-SAC 350	Si , P , Cu
Resistente ao Fogo	USI-FIRE 250 USI-FIRE 350	Mo , Cu

Tabela 8 – Caracterização das categorias dos aços com seus sistemas químicos



- Padrão St 3 – Limpeza mecânica ou manual

Raspagem e escovamento com escova de aço, de modo cuidadoso. Após a limpeza, deverá a superfície apresentar pronunciado brilho metálico. Este padrão não se aplica as superfícies de grau A;

- Padrão Sa 1– Jateamento ligeiro com abrasivo

O jato se move rapidamente sobre a superfície de aço, a fim de remover as escamas de laminação, óxido e partículas estranhas. Este padrão não se aplica as superfícies de grau A;

- Padrão Sa 2 – Jateamento abrasivo comercial

Jateamento cuidadoso a fim de remover praticamente toda escama de laminação, óxido e partículas estranhas. Caso a superfície possua cavidade (pites), apenas ligeiros resíduos poderão ser encontrados no fundo da cavidade, porém 2/3 de uma área de 1 polegada quadrada deverão estar livre de resíduos visíveis. Após o tratamento, a superfície apresentará uma coloração acinzentada. Este padrão não se aplica as superfícies de grau A;

- Padrão Sa 2 ½ – Jateamento abrasivo ao metal quase branco

O jato é mantido por tempo suficiente para assegurar a remoção das escamas de laminação, ferrugem e partículas estranhas, de tal modo que apenas apareçam leves sombras, listras ou descoloração da superfície. Os resíduos são removidos com um aspirador de pó, ar comprimido seco e limpo, ou escova limpa. Ao final da limpeza, 95% de 1 polegada quadrada deverão estar livres de resíduos e a superfície apresentará cor cinza-claro;

- Padrão Sa 3 – Jateamento abrasivo ao metal branco

Jateamento abrasivo perfeito, com remoção total das escamas de laminação, óxido e partículas estranhas. Os resíduos serão removidos com um aspirador de pó, ar comprimido seco e limpo ou escova. Quando limpa, a superfície apresentará cor cinza muito clara e uniforme, em listras ou sombras.

Pode-se observar no Tabela 9 uma proposta de preparo prévio das estruturas metálicas em geral, função do tipo de pintura a ser adotada ou previamente especificado.

Sistema de Pintura	Preparo da Superfície
“Shop Primers”	Padrão Sa 3 ou Sa 2 ½
Silicato Inorgânico de Zinco	Padrão Sa 3 ou Sa 2 ½
Epóxi rico em Zinco	Padrão Sa 3 ou Sa 2 ½
Poliuretano	Padrão Sa 3 ou Sa 2 ½
Epóxi Catalizado	Padrão Sa 3 ou Sa 2 ½
“Coal Tar” Epóxi	Padrão Sa 3 ou Sa 2 ½
Vinílico	Padrão Sa 3 ou Sa 2 ½
Borracha Clorada	Padrão Sa 2 1/2 ou Sa 2
Éster de Epóxi	Padrão Sa 2 1/2 ou Sa 2
Éster de Poliuretano	Padrão Sa 2 1/2 ou Sa 2
Alquídico	Padrão Sa 2 ou St 3
Óleo –Resinoso	Padrão Sa 2 ou St 3
Betuminoso	Padrão St 3 ou Sa 1

Tabela 9 – Sistema de preparo da superfície das estruturas metálicas em função do tipo de pintura a ser adotado

Já a normalização brasileira da ABNT propõe uma correlação entre os diversos tipos de preparo de



superfície. Entretanto, tal proposta não contempla alguns importantes tipos de preparo das superfícies das serralherias. Caberá à SUPERVISÃO definir qual deverá ser a metodologia a se respeitar, salvo em condições onde o projeto executivo faça uma menção explícita da mesma. Esta correlação pode ser observada na Tabela 10.

Tipo de Tratamento	Normas SIS 5900 (Suécia)	Norma ABNT
Limpeza manual	St 2	NBR 15239
Limpeza mecânica	St 3	NBR 15239
Com jato abrasivo		
Ligeiro	Sa 1	NBR 7348
Comercial	Sa 1	
Metal quase branco	Sa 2 ½	
Metal branco	Sa 3	
Outros tipos		
Limpeza com solventes	Sa 1	NBR 7350
Limpeza a fogo	Sa 1	
Decapagem química	Sa 2 ½	
Intemperismo e jato abrasivo	Sa 3	

Tabela 10 - Paralelo entre sistema de tratamento de superfície das estruturas metálicas proposta pela norma ISO e pela ABNT

b.3. Cortes

Os cortes por meios térmicos deverão ser realizados, de preferência, com equipamentos automáticos. As bordas assim obtidas deverão ser isentas de entalhes e depressões. Eventuais entalhes ou depressões de profundidade inferior a 4,5 mm poderão ser tolerados. Além desse limite deverão ser removidos por esmerilhamento. Todos os cantos reentrantes deverão ser arredondados com um raio mínimo de 13 mm.

b.4. Aplainamento de bordas

Não será necessário aplainar ou dar acabamento às bordas de chapas ou perfis cortados com serra, tesoura ou maçarico, salvo indicação em contrário nos desenhos e especificações. Bordas cortadas com tesoura deverão ser evitadas nas zonas sujeitas à formação de rótulas plásticas. Se não puderem ser evitadas, as bordas deverão ter acabamento liso, obtido por esmeril, goiva ou plaina. As rebarbas deverão ser removidas para permitir o ajustamento das partes que serão parafusadas ou soldadas, ou se originarem riscos durante a construção.

b.5. Produtos laminados

Os ensaios para a demonstração da conformidade do material com os requisitos de projeto serão limitados aos exigidos pelas normas e especificações, a não ser que sejam estabelecidas exigências especiais neste Caderno de Encargos. Se o material recebido não atender às tolerâncias da ASTM A6 relativas à curvatura, planicidade, geometria e outros requisitos, será admitida a correção por aquecimento ou desempenho mecânico, dentro dos limites indicados na norma.

Os procedimentos corretivos para recondicionamento de chapas e perfis estruturais recebidos da usina poderão também ser utilizados pelo FABRICANTE da estrutura se as anomalias forem constatadas ou ocorrerem após o recebimento dos produtos. Procedimentos mais restritivos deverão ser acordados com a SUPERVISÃO, de conformidade com o estabelecido no Caderno de Encargos.

Os materiais retirados do estoque deverão ter qualidade igual ou superior à exigida pelas especificações. Os relatórios elaborados pela usina poderão ser aceitos para a comprovação da qualidade. Os materiais de estoque adquiridos sem qualquer especificação não poderão ser utilizados sem aprovação expressa da SUPERVISÃO e do autor do projeto.

b.6. Perfis soldados

Todas as colunas, vigas principais ou secundárias e outras peças da estrutura deverão ser compostas com



chapas ou perfis laminados inteiramente soldados, conforme indicação do projeto.

Todas as soldas a arco serão do tipo submerso e deverão obedecer às normas da AWS. O processo de execução deverá ser submetido à aprovação da SUPERVISÃO.

As soldas entre abas e almas serão de ângulo e contínuas ou de topo com penetração total, executadas por equipamento inteiramente automático. Poderão ser utilizadas chapas de encosto em função das necessidades. As soldas de enrijecedores às almas das peças deverão ser semi-automáticas ou manuais.

Os elementos deverão ser posicionados de tal modo que a maior parte do calor desenvolvido durante a solda seja aplicado ao material mais espesso. As soldas serão iniciadas pelo centro e se estenderão até as extremidades, permitindo que estas estejam livres para compensar a contração da solda e evitar o aparecimento de tensões confinadas.

As peças prontas deverão ser retílineas e manter a forma de projeto, livre de distorções, empenos ou outras tensões de retração.

b.7. Colunas

As colunas deverão ser fabricadas numa peça única em todo a sua extensão, ou de conformidade com as emendas indicadas no projeto. As emendas somente poderão ser alteradas após aprovação da SUPERVISÃO e do autor do projeto. As extremidades das colunas em contato com placas de base ou placas de topo, destinadas a transmitir os esforços por contato (compressão), deverão ser usinadas. As abas e almas deverão ser soldadas à chapa.

As placas de base deverão ser acabadas em atendimento aos seguintes requisitos:

- As placas de base laminadas com espessura igual ou inferior a 50 mm poderão ser utilizadas sem usinagem, desde que seja obtido apoio satisfatório por contato;
- Placas de base laminadas com espessura superior a 50 mm e inferior a 100 mm poderão ser desempenadas por pressão ou aplainadas em todas as superfícies de contato, a fim de ser obtido apoio por contato satisfatório, com exceção dos casos indicados a seguir;
- Placas de base laminadas com espessura superior a 100 mm, assim como bases de pilares e outros tipos de placas de base, deverão ser aplainadas em toda a superfície de contato com exceção dos casos indicados a seguir;
- Não será necessário aplainar a face inferior das placas de base se for executado grauteamento para garantir pleno contato com o concreto de fundação;
- Não será necessário aplainar a face superior das placas de base se for utilizada solda de penetração total entre a placa e o pilar.

b.8. Treliças

As treliças deverão ser soldadas na oficina e parafusadas no local de montagem, salvo indicação contrária no projeto. De um modo geral, os banzos superiores e inferiores não deverão ter emendas, mas se forem necessárias serão localizadas nos quartos de vão, para evitar manuseio especial ou dificuldades de transporte. As juntas serão defasadas e localizadas nos pontos de suporte lateral ou tão próximas quanto possível desses pontos.

As treliças deverão ser montadas com as contra-flexas indicadas no projeto ou de conformidade com as normas, no caso de omissão do projeto.

b.9. Acessórios

O FABRICANTE fornecerá todas as peças de fechamento da edificação indicadas no projeto, como vigas de fachada, pendurais, vigas de beiral, suportes de parapeito, parapeitos, calhas, escadas e marquises.

b.10. Contraventamento das colunas, treliças e terças

Todos os contraventamentos serão executados de forma a minimizar os efeitos de excentricidades nas ligações com a estrutura. De um modo geral, os contraventamentos executados com barras redondas deverão ser ligados às treliças ou às vigas por meio de cantoneiras de fixação.



Os tirantes de fechamento da cobertura, constituídos de barras redondas e cantoneiras, deverão prover todas as terças da estrutura.

Os contraventamentos fabricados com duplas cantoneiras deverão ser executados com chapas soldadas e travejamentos espaçados, de conformidade com as especificações.

b.11. Construção parafusada

Se a espessura da chapa for inferior ou no máximo igual ao diâmetro nominal do parafuso acrescido de 3 mm, os furos poderão ser puncionados. Para espessuras maiores os furos deverão ser broqueados com seu diâmetro final. Os furos poderão ser puncionados ou broqueados com diâmetros menores e posteriormente usinados até os diâmetros finais, desde que os diâmetros das matrizes sejam, no mínimo, 3,5 mm inferiores aos diâmetros finais dos furos. Não será permitido o uso de maçarico para a abertura de furos.

Durante o ato de parafusar a estrutura, deverão ser utilizados parafusos provisórios para manter a posição relativa das peças, sendo vedado o emprego de espinas para a coincidência dos furos, alargamento ou distorção dos perfis. Coincidência insuficiente deverá originar recusa da peça pela SUPERVISÃO.

Todos os materiais e métodos de fabricação obedecerão à especificação para conexões estruturais para parafusos ASTM A325, na sua mais recente edição. O aperto dos parafusos de alta resistência será realizado com chaves de impacto, torquímetro ou adotando o método de rotação da porca do AISC.

b.12. Construção soldada

É muito importante o respeito às seguintes etapas no caso de construções metálicas soldadas:

b.12.1. Classificação de soldadores

Os soldadores deverão ser qualificados, conforme a prescrição do “Standard Code For Building Construction” da ASW D1.1. O FABRICANTE poderá comprovar a experiência dos seus soldadores, através de trabalhos já executados.

b.12.2. Procedimentos de soldagem

A técnica de soldagem, a execução, a aparência e a qualidade das soldas, bem como os métodos utilizados na correção de defeitos, deverão obedecer às seções 3 e 4 da AWS D1.1.

Só poderão ser utilizadas juntas e procedimentos de soldagem pré-qualificados de acordo com a AWS D1.1, item 2 “Design Of Welded Connections”.

A preparação do metal base, o posicionamento das peças para soldagem, o controle e contrações, as tolerâncias dos perfis da solda, os reparos, a limpeza das soldas e o martelamento, deverão ser executados de acordo com a AWS D1.1, item 3 “Work Manship”.

A escolha do eletrodo, o pré-aquecimento, a temperatura, interpasses e os processos de soldagem, deverão estar de acordo com as AWS D1.1 item 4 “Technique”.

As superfícies a serem soldadas deverão estar livres de escórias, graxas, rebarbas, tintas ou quaisquer outros materiais estranhos. A preparação das bordas por corte a gás será realizada, onde possível, por maçarico guiado mecanicamente. As soldas por pontos deverão estar cuidadosamente alinhadas e serão de penetração total.

Deverão ser respeitadas as indicações do projeto de fabricação, tais como dimensões, tipo, localização e comprimento de todas as soldas. As dimensões e os comprimentos de todos os filetes deverão ser proporcionais à espessura da chapa e à resistência requerida.

Os trabalhos de soldagem deverão ser executados, sempre que possível, de cima para baixo. Na montagem e junção de partes da estrutura ou de elementos pré - fabricados, o procedimento e a seqüência de montagem serão tais que evitem distorções desnecessárias e minimizem os esforços de retração. Não sendo possível evitar altas tensões residuais nas soldas de fecho nas conexões rígidas, o fechamento será realizado nos elementos de compressão.

Na fabricação de vigas com chapas soldadas às flanges, todas as emendas de oficina de cada componente deverão ser realizadas antes que seja soldado aos demais componentes. Vigas principais poderão ser



executadas com emendas de oficina, mas não com mais de três subseções.

O pré - aquecimento à temperatura adequada deverá levar a superfície até uma distância de 7,5 cm do ponto de solda. Esta temperatura deverá ser mantida durante a soldagem.

b.12.3. Controle de qualidade

A SUPERVISÃO poderá requerer testes radiográficos em um mínimo de 25% das soldas executadas. Os testes serão realizados por laboratório independente, previamente aprovado pela SUPERVISÃO. No caso de execução rejeitada, a CONTRATADA deverá remover e executar novamente os serviços de soldagem.

Tanto os cordões de solda quanto as peças soldadas, deverão atender as tolerâncias dimensionais previstas nas normas aplicáveis, deverá ser efetuada a inspeção visual em todas as soldas, e aceitação de acordo com a AWS D1.1, item 8.15. Emendas não previstas no projeto, quando extremamente necessárias, deverão ser executadas com solda de penetração total, na fábrica.

Todas as peças componentes da estrutura deverão ser adequadamente marcadas por meio de punção, com as marcas de montagem, na fábrica.

b.13. Juntas de dilatação

Serão fornecidas e instaladas conforme indicado no projeto. Prever ajuste suficiente entre as juntas e as peças da estrutura para permitir o alinhamento e o nivelamento das juntas após a montagem da estrutura.

A estrutura será alinhada em sua posição correta. A fim de evitar interferências nas folgas previstas, serão utilizados furos escariados nas faces internas. Prever também chapas de fechamento nas colunas pertencentes às juntas de dilatação.

b.14. Pintura de fábrica

Os elementos de projeto deverão especificar todos os requisitos de pintura, incluindo as peças a serem pintadas, a preparação das superfícies, a especificação da pintura e a espessura da película seca da pintura de fábrica.

A pintura de fábrica é a primeira camada do sistema de proteção que deverá funcionar por um período curto de tempo e assim, será considerada temporária e provisória. A CONTRATADA deverá evitar a deterioração desta camada por mau armazenamento ou por submetê-la a ambientes mais severos que os ambientes normais.

Toda a estrutura deverá ser preparada por meio de jato abrasivo conforme Norma Sueca SIS 05 5900.

O FABRICANTE deverá efetuar a limpeza manual do aço, retirando a ferrugem solta, carepa de laminação e outros materiais estranhos, de modo a atender aos requisitos da SSPC-SP 2. A pintura poderá ser aplicada por pincel, rolo, "spray", escorrimento ou imersão, conforme especificação em projeto. A espessura mínima da película seca de fábrica deverá ser de 25 micra.

As partes das peças de aço que transmitem esforços ao concreto por aderência não deverão ser pintadas. Com exceção deste caso e nos pontos em que a pintura for desnecessária, todas as peças deverão receber na fabricação pelo menos uma camada de primer.

As superfícies inacessíveis após a montagem da estrutura serão previamente limpas e pintadas, com exceção das superfícies de contato, que não deverão ser pintadas.

As ligações com parafusos trabalhando por contato poderão ser pintadas. As ligações com parafusos trabalhando por atrito e as superfícies que transmitem esforços de compressão por contato, deverão ser limpas e sem pintura, a não ser que seja considerado no cálculo um coeficiente de atrito adequado a este tipo de acabamento. Se as superfícies forem usinadas, deverão receber uma camada inibidora de corrosão, removível antes da montagem da estrutura.

As superfícies a serem soldadas no campo, se não houver outra especificação, deverão estar isentas de materiais que impeçam a soldagem adequada ou que produzam gases tóxicos durante a sua execução, numa faixa de 50 mm de cada lado da solda. Após a soldagem, as superfícies deverão receber a mesma limpeza e proteção previstas para toda a estrutura.



b.15. Entrega antecipada

Elementos como chumbadores de ancoragem, a serem instalados nas fundações de concreto ou em outras estruturas de concreto e placas de base soltas, a serem instaladas sobre argamassa de enchimento, deverão ser entregues antes das demais peças, a fim de evitar atrasos no desenvolvimento da construção das fundações ou na montagem da estrutura metálica.

b.16. Estocagem na fábrica

Caso haja necessidade de se estocar os componentes da estrutura na fábrica, deverão ser observados o posicionamento das peças e proteção do local contra chuvas e umidade. Ao fim da estocagem, deverá ser verificado o estado de conservação da proteção anti - corrosiva, retocando onde necessário, antes do embarque para o campo.

b.17. Entrega da estrutura

A estrutura metálica deverá ser entregue no canteiro de serviço após ter sido pré - montada na oficina e verificadas todas as dimensões e ligações previstas no projeto, de forma a evitar dificuldade na montagem final.

Em casos especiais, a entrega da estrutura obedecerá a uma seqüência previamente programada e aprovada pela SUPERVISÃO, a fim de permitir uma montagem mais eficiente e econômica.

b.18. Transporte, manuseio e armazenamento

As peças de pequeno porte deverão ser classificadas em grupos de comprimentos, larguras e alturas similares, e deverão ser protegidas, enfeixadas ou encaixotadas, de acordo com suas características.

Uma lista com descrição do material deverá aparecer na parte externa de cada recipiente fechado. Deverá ser dada especial atenção à fixação das peças sobre o veículo de transporte, de forma a evitar qualquer movimento, bem como, danos às mesmas.

Após a entrega no canteiro de serviços, a estrutura será armazenada sobre dormentes de madeira. Durante o manuseio e empilhamento, todo cuidado será tomado para evitar empenamentos, danos à pintura, flambagens, distorções ou esforços excessivos nas peças.

Partes protuberantes, capazes de serem dobradas ou avariadas durante o manuseio ou transporte, serão escoradas com madeira, braçadeiras ou qualquer outro meio. Peças empenadas não deverão ser aceitas pela SUPERVISÃO. Os métodos de desempenho também deverão ser previamente aprovados pela SUPERVISÃO.

c. Execução

c.1. Introdução

O método e a seqüência de montagem deverão ser submetidos à aprovação da SUPERVISÃO e do autor do projeto. A CONTRATADA deverá manter vias de acesso ao canteiro que permitam a movimentação dos equipamentos a serem utilizados durante a fase de montagem, bem como a manipulação das peças a serem montadas no canteiro de serviço, de conformidade com o Plano de execução dos serviços e obras.

O plano de execução será elaborado de conformidade com as facilidades do canteiro de serviço, como espaços adequados para armazenamento, vias de acesso e espaços de montagem livres de interferências, previamente concebido e executado pela CONTRATADA sob as condições oferecidas pela CONTRATANTE.

Cumprirá a CONTRATANTE o fornecimento de marcos com coordenadas e referências de nível, necessários à correta locação da edificação e dos eixos e pontos de montagem da estrutura.

No caso de contrato específico e limitado à execução da estrutura metálica, caberá à CONTRATANTE fornecer as fundações, bases, encontros e apoios com resistências e demais características adequadas à montagem da estrutura metálica.

c.2. Controle dos chumbadores e acessórios embutidos

Os chumbadores e parafusos de ancoragem deverão ser instalados pela CONTRATADA de conformidade com o projeto da estrutura. No caso do contrato específico e limitado à execução da estrutura metálica,



caberá à CONTRATANTE responder por essa instalação.

As tolerâncias de desvios não poderão ultrapassar os seguintes limites:

- 3 mm de centro a centro de dois chumbadores quaisquer dentro de um grupo que compõem uma ligação;
- 6 mm de centro a centro de grupos adjacentes de chumbadores;
- Para cada 30 m medidos ao longo da linha estabelecida para os pilares, o valor acumulado dos desvios entre grupos não poderá superar 6 mm ou o total de 25 mm (linha estabelecida para os pilares é a linha real de locação mais representativa dos centros dos grupos de chumbadores ao longo de uma linha de pilares);
- 6 mm entre o centro de qualquer grupo de chumbadores e linha estabelecida para os pilares que passam por esse grupo;
- Para pilares individuais, locados fora das linhas estabelecidas para os pilares, aplicam-se as tolerâncias das três alíneas anteriores, desde que as dimensões consideradas sejam medidas nas direções paralela e perpendicular à linha mais próxima estabelecida para os pilares.

O respeito a essas tolerâncias deverá permitir o atendimento das exigências de montagem da estrutura. Os chumbadores deverão ser sempre instalados perpendicularmente à superfície teórica de apoio, a não ser quando indicados em contrário no projeto.

Outros acessórios embutidos ou materiais de ligação entre a estrutura metálica e partes executadas por outras CONTRATADAS, deverão ser locados e instalados de conformidade com os desenhos aprovados pela SUPERVISÃO e pelo autor do projeto.

O FABRICANTE deverá fornecer cunhas, calços e parafusos de nivelamento necessários à montagem da estrutura, marcando com clareza nos dispositivos de apoio as linhas de trabalho que facilitem o adequado alinhamento.

Imediatamente após a instalação de qualquer dispositivo de apoio, a CONTRATADA ou CONTRATANTE, no caso de contrato específico e limitado à execução da estrutura metálica, deverá verificar os alinhamentos e níveis, executando os enchimentos de argamassa necessários.

c.3. Suportes temporários

Suportes temporários como estais, contraventamentos, andaimes, fogueiras e outros elementos necessários para os serviços de montagem, deverão ser determinados, fornecidos e instalados pelo montador com a assessoria da SUPERVISÃO e do autor do projeto.

Os suportes temporários deverão garantir que a estrutura metálica ou qualquer parte montada possa resistir a cargas compatíveis em intensidade àquelas para as quais a estrutura foi projetada, resultantes da ação do vento ou operações de montagem, excluindo cargas extraordinárias e imprevisíveis.

Os suportes temporários poderão ser removidos pela CONTRATADA após a estrutura ter sido conectada definitivamente, de acordo com o projeto e com a autorização expressa da SUPERVISÃO e do autor do projeto.

c.4. Pisos e corrimãos

A CONTRATADA deverá fornecer os pisos, corrimãos e passadiços temporários que forem exigidos pelas normas de segurança e saúde do trabalho, de forma a proteger o pessoal de montagem, contra acidentes. A CONTRATADA deverá remover estas instalações após a conclusão das operações de montagem.

c.5. Tolerâncias de montagem

As tolerâncias de montagem são estabelecidas em relação aos pontos e linhas de trabalho de barras da estrutura, estando assim definidos:

- Para barras não horizontais, o ponto de trabalho é o centro real em cada extremidade da barra;
- Para barras horizontais, o ponto de trabalho é a linha de centro real da mesa superior em cada extremidade;



- A linha de trabalho é uma linha reta ligando os pontos de trabalho da barra.

Outros pontos de trabalho poderão ser utilizados para facilidade de referência. As tolerâncias devem obedecer aos seguintes limites e condições:

- Desvio da linha de trabalho de um pilar em relação à linha de prumo não deverá ser superior a 1:500, observadas as seguintes limitações: 25 mm para pilares adjacentes a poços de elevadores; 25 mm da fachada para fora e 50 mm do sentido oposto para pilares de fachada; os pontos de trabalho dos pilares de fachada não poderão cair fora de uma faixa de 38 mm;
- Alinhamento das barras que se ligam aos pilares será considerado satisfatório se estes estiverem dentro das tolerâncias. A elevação das barras será considerada aceitável se a distância entre o ponto de trabalho da barra e a emenda do pilar imediatamente superior estiver entre +5 mm e -8 mm; as demais barras serão consideradas ajustadas se o seu desvio não for superior a 1:500 em relação à reta traçada entre os pontos de suporte da barra;
- Para vergas, vigas sob paredes, cantoneiras de parapeito, suportes de esquadrias e peças semelhantes a serem utilizadas por outras CONTRATADAS e que exijam limites rigorosos de tolerância, a SUPERVISÃO deverá exigir ligações ajustáveis à estrutura.

Antes da colocação ou aplicação de quaisquer outros materiais, a SUPERVISÃO deverá constatar que a locação da estrutura é aceitável em prumo, nível e alinhamento.

c.6. Correção de desvios e defeitos

Os desvios e defeitos que não puderem ser corrigidos pelos meios normais, utilizando pinos ou aparelhos manuais para o realinhamento das peças da estrutura, ou que exijam alterações na configuração das peças, deverão ser comunicados imediatamente a SUPERVISÃO e ao autor do projeto para a escolha de uma solução alternativa eficiente e econômica.

c.7. Conexões

Todas as conexões estruturais deverão utilizar parafusos de alta resistência cujo aperto será realizado com chaves de impacto, torquímetro ou adotando o método de rotação da porca, conforme especificação do AISC. As chaves deverão ser calibradas por aparelho para medir a tensão real do parafuso decorrente do aperto, em atendimento às recomendações constantes na NBR 5875 – “Parafusos, porcas e acessórios”. Os parafusos e porcas inacessíveis às chaves de impacto serão apertados por meio de chaves de boca e o torque verificado por torquímetro.

Os parafusos e porcas acessíveis às chaves de impacto serão instalados e apertados em conformidade com o seguinte processo:

- Acertar os furos com pinos de chamada, de modo a manter as dimensões e o prumo da estrutura. Utilizar parafusos em número suficiente, de qualidade e diâmetro adequados, a fim de manter a conexão na posição. Nesse ponto será suficiente aplicar aperto manual. Os parafusos de alta resistência permanecerão em sua posição permanentemente. As arruelas necessárias serão colocadas junto com os parafusos durante o ajuste na posição;
- Aplicar pré - torque nos parafusos já instalados; neste momento, todas as faces deverão estar em estreito contato;
- Remover os pinos de chamada e colocar os parafusos restantes aplicando o pré - torque;
- Para o aperto final é necessário cuidado especial para evitar a rotação do elemento ao qual não se aplica torque. Deverá ser usada uma chave manual para manter fixa a cabeça ou a porca que não está sendo girada. O aperto final, a partir da condição de pré - torque, deverá ser atingido girando a cabeça ou a porca de um quarto de diâmetro da mesma.

c.8. Pintura de acabamento

Após a montagem da estrutura, todas as superfícies serão limpas de modo a ficarem adequadas à aplicação da pintura de acabamento. Os pontos das superfícies cuja camada de tinta aplicada na oficina tenha sido avariada deverão ser retocados utilizando a tinta original.

Também as áreas adjacentes aos parafusos de campo deixados sem pintura serão devidamente



escovadas, de forma a assegurar a aderência da tinta e pintadas. A pintura de acabamento será aplicada nas demãos necessárias, conforme indicação das especificações, de modo a obter uma superfície final uniforme. Ficará ao critério do fornecedor aplicar o acabamento final, após a conclusão da montagem, ou na fábrica, retocando-a após a montagem completa.

c.9. Recebimento

O recebimento da estrutura metálica será efetuado inicialmente na oficina da fábrica, verificando se todos os estágios de fabricação (soldagem, aperto de parafusos, alinhamento, usinagem, correções de distorções e outros) atendem ao projeto e especificações. A segunda etapa do recebimento será efetuada com a verificação de todos os estágios da montagem, incluindo a pintura de acabamento da estrutura.

d. Controle tecnológico

d.1. Introdução

A CONTRATADA e o FABRICANTE da estrutura deverão manter um sistema de garantia de qualidade para que os trabalhos sejam executados em conformidade com o projeto e normas de execução. Esse sistema de qualidade deverá ser proposto à CONTRATANTE de conformidade com as disposições do Caderno de Encargos e será submetido à aprovação da SUPERVISÃO e do autor do projeto.

d.2. Inspeção de produtos recebidos da fábrica

A inspeção deverá basear-se em relatórios emitidos pela usina e em aspectos visuais e eventuais ensaios adicionais, em conformidade com as disposições do Caderno de Encargos. Se forem exigidos ensaios destrutivos, seu processo, extensão, técnica e norma de aceitação deverão ser definidos, em conjunto com a SUPERVISÃO, com base na normalização específica.

d.3. Inspeção independente

A PBH se reserva no direito de inspecionar a fabricação, montagem e pintura dos equipamentos em qualquer fase de sua execução tendo, a SUPERVISÃO, poderes para sugerir, alterar ou rejeitar peças ou procedimentos que não atendem às exigências do projeto e/ou das normas citadas.

A CONTRATADA e o FABRICANTE deverão permitir ao inspetor o livre acesso a todos os locais de execução dos serviços. O início dos trabalhos deverá ser notificado à SUPERVISÃO com pelo menos 24 horas de antecedência. A inspeção deverá ser seqüencial, em tempo oportuno e executada de modo a minimizar as interrupções nas operações de fabricação e permitir as ações corretivas durante o processo de fabricação.

Procedimentos análogos se aplicam aos trabalhos de montagem, no canteiro de serviço. A CONTRATADA e o fabricante deverão receber cópias de todos os relatórios emitidos pelo inspetor.

d.4. Controle de qualidade

O controle de qualidade das estruturas metálicas, irá contemplar a realização de ensaios de recepção e controle de toda matéria-prima utilizada, bem como de todos os processos necessários à sua fabricação. Deverão ser realizados ensaios preconizados pelas normas brasileiras, correndo por conta da CONTRATADA os custos de execução.

Toda amostragem será realizada no próprio canteiro, salvo em algumas situações especiais, a critério da SUPERVISÃO.

6.6.4. Critérios de levantamento, medição e pagamento

a. Levantamento (Quantitativos de Projeto)

Os serviços de estruturas metálicas, serão levantados por peso, expresso em Kg, englobando todas as peças metálicas necessárias à execução da estrutura, tais como, vigas, pilares, lajes, contraventamentos, etc.

b. Medição

Será efetuada aplicando-se o mesmo critério de levantamento.



c. Pagamento

Será efetuado ao preço unitário contratual, contemplando todos os materiais, serviços, acessórios e atividades necessárias à sua execução. A execução de algum tipo especial de prova de carga, ensaio especial, projeto de reforço ou recuperação, se necessário, correrá por conta exclusiva da CONTRATADA.