

**Grupo de Trabalho
B2.08**

008

**Recomendação Técnica para Projeto de
Estruturas Autoportantes de Concreto
Armado para Linhas de Transmissão**

Julho 2005





RECOMENDAÇÃO TÉCNICA PARA PROJETO DE ESTRUTURAS AUTOPORTANTES DE CONCRETO ARMADO PARA LINHAS DE TRANSMISSÃO

Grupo de trabalho B2.08

Rogério P. Guimarães (Líder do GT B2.08), Carlos Roberto Gontijo (Secretário do GT B2.08), Rui D.Leote (Coordenador da FT-02), Afonso O Silva, Aluísio M. Monteiro, Antônio Belmonte, Anderson da Costa, Áureo P. Ruffier, Carlos V. Janoni, Celso Dória, Fábio S. Andrade, João Batista G.F. Silva, João N. Hoffmann, José Carlos S. Stephan, Mário N. Takai, Moacyr M. Pereira, Paulo Américo M. Cardoso, Paulo Ricardo R. Liberato, Rânia C. P. Amaro, Renato L. de Moura, Rogério Lavandoscki, Takeshi Matsumoto, Vilson Renato da Silva.
Membros Correspondentes do GTB2.08: Bernardo José N. Perna, Cristiane S. Lacerda, Cristina S. Casimiro, Hildebrando C. Coelho, João F. Nolasco, José Anchieta Júnior, Lúgia Maria R. Mendes, Maurício Dario Filho, Mônica A. Costa, Rosemary L. S. Veloso, Vitor Szklarz

Recomendação Técnica para Projeto de Estruturas Autoportantes de Concreto Armado Para Linhas de Transmissão

ÍNDICE

1	OBJETIVO.....	1
2	HISTÓRICO	1
3	TERMINOLOGIA E DEFINIÇÕES.....	1
4	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	2
5	PROJETO ESTRUTURAL.....	4
5.1	RECOMENDAÇÕES BÁSICAS	4
5.2	GEOMETRIA DAS ESTRUTURAS	5
5.2.1	Silhuetas das Estruturas	5
5.2.2	Dimensões Principais.....	5
5.2.3	Distâncias Elétricas e Ângulos de Blindagem	5
5.3	DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL	6
5.3.1	Estado Limite de Falha	6
5.3.2	Estado Limite de Utilização.....	6
5.3.3	Solicitações e Deslocamento.....	6
5.3.4	Tensões, Deformações Específicas e Fissuramento.....	7
5.3.5	Condições Específicas de Cada Estado Limite	7
5.3.6	Outras Considerações no Dimensionamento	8
5.4	ÁRVORES DE CARREGAMENTO	8
5.4.1	Eixos de Referência	8
5.4.2	Considerações sobre as Cargas	9
5.4.3	Coefficientes de Ponderação	9
5.4.4	Montagem das Árvores de Carregamento.....	9
5.4.5	Árvores de Carregamento para Estados Limites de Falha	10
5.4.6	Árvores de Carregamento para os Estados Limites de Utilização	10
5.5	CARGAS DE VENTO NA ESTRUTURA	10
5.5.1	Para suportes constituídos de elementos de seção circular	10
5.5.2	Para Estruturas Constituídas de Elementos de Seção Quadrada ou Retangular	11
5.6	CARGAS DE PESO PRÓPRIO DA ESTRUTURA	12
5.7	FUNDAÇÕES.	12
5.8	MEMÓRIA DE CÁLCULO	13
6	DESENHOS E DETALHES DE FABRICAÇÃO E MONTAGEM.....	13
6.1	DESENHOS	13
6.1.1	Geral.....	13
6.1.2	Formato dos Desenhos.....	13
6.1.3	Escala dos Desenhos.....	14
6.1.4	Informações Complementares	14
6.2	DETALHES DE FABRICAÇÃO E MONTAGEM.....	14
6.2.1	Fixação dos Cabos de Cobertura.....	14
6.2.2	Fixação dos Isoladores dos Cabos Condutores	14
6.2.3	Ferragens.....	14
6.2.4	Dispositivo para escalada nas Estruturas	15
6.2.5	Aterramento	15
6.3	LISTA DE MATERIAIS	15
7	APRESENTAÇÃO DO PROJETO PARA FINS DE APROVAÇÃO	16

8	ENSAIOS DE PROTÓTIPO	16
8.1	PREPARAÇÃO DOS PROTÓTIPOS	16
8.2	PROCEDIMENTO PARA CARREGAMENTO DOS PROTÓTIPOS	17
8.3	APROVAÇÃO DOS ENSAIOS DE PROTÓTIPO	18
8.4	RELATÓRIO DE ENSAIOS DE PROTÓTIPOS	18
9	FABRICAÇÃO	18
9.1	PROCESSO DE FABRICAÇÃO	18
9.2	FURAÇÃO	20
9.3	TOLERÂNCIAS.....	20
10	MONTAGEM, TRANSPORTE E EMENDAS	20
10.1	EQUIPAMENTOS PARA MOVIMENTAÇÃO	20
10.2	PROCEDIMENTOS BÁSICOS PARA MOVIMENTAÇÃO	21
10.3	RECOMENDAÇÕES DE TRANSPORTE.....	21
10.4	EXECUÇÃO DAS EMENDAS.	22
10.5	IÇAMENTO (MONTAGEM)	23
10.6	ALINHAMENTO E PRUMO	24

Recomendação Técnica para Projeto de Estruturas Autoportantes de Concreto Armado Para Linhas de Transmissão

1 OBJETIVO

Esta recomendação técnica tem por finalidade estabelecer diretrizes e critérios gerais para projeto e detalhamento de estruturas autoportantes de concreto armado, vibrado ou centrifugado, para linhas de transmissão de energia elétrica.

Esta Recomendação considera como estrutura de concreto armado o conjunto completo formado por postes em concreto armado, cruzetas ou braços, dispositivo para escalada, ferragens para fixação de isoladores compostos rígidos ou das cadeias dos condutores e pára-raios, conexões para fixação do sistema de aterramento, bem como todos os parafusos e respectivos acessórios necessários à fixação de tais elementos.

2 HISTÓRICO

As linhas de transmissão de energia elétrica mais antiga de que se tem conhecimento segundo o “Buletin du Ciment” são de 1856 na Suíça em 15000 Volts, sendo que em 1925, essas estruturas foram substituídas por outras mais altas para maior tensão, e os postes originais com mais de 70 anos estavam ainda em bom estado.

Em 1940 foram fabricados os primeiros postes de concreto no Brasil, para eletrificação de ferrovia para a Estrada de Ferro Central do Brasil.

Posteriormente, foram utilizados suportes de concreto para linhas de transmissão para todas as tensões em todas as Concessionárias do Brasil, destacando-se abaixo algumas com as respectivas datas.

- 1956 – LT 138kV – Recife/Goianinha
- 1960 – LT 230kV – Paulo Afonso/Milagres
- 1973 – LT 400kV – Paulo Afonso/Angelim
- 1975 – LT 230kV – Apucarana/Maringá
- 1976 – LT 500kV – Paulo Afonso/Camaçari
- 1976 – LT 500kV – Paulo Afonso/Recife
- 1978 – LT 230kV – Rio Verde/Couto Magalhães
- 1982 – LT 2x230kV – Fortaleza/Tauape
- 1991 – LT 230kV – Lapa/Barreiras
- 1993 – LT 230kV – Rio Largo/Penedo
- 1999 – LT 2x230kV – Fortaleza II/Pici
- 2001 – LT 2x230kV – Teresina II/Teresina I
- 2001 – LT 2x230kV –Cauípe/Valdênia

3 TERMINOLOGIA E DEFINIÇÕES

Nesta Recomendação, utilizam-se os seguintes termos:

- Armadura: Conjunto de barras destinadas a reforçar o concreto, absorvendo principalmente, as tensões relativas à tração;
- Base: Seção transversal relativa ao extremo inferior do poste;
- Cargas de Projeto: são cargas que podem levar uma estrutura a um Estado Limite e, portanto, devem estar devidamente ponderadas por coeficientes de majoração ou de minoração, ou definidas com pequena probabilidade de ocorrência. Esta probabilidade representa o nível de confiabilidade estrutural ou a classe de segurança definida para a linha de transmissão;
- Carregamento: Conjunto das ações sobre a peça ou sobre o suporte. Para cada peça ou suporte, podem existir várias hipóteses de carregamento;
- Comprimento de engastamento (e): Comprimento do trecho do poste engastado na fundação;
- Contratante: Empresa responsável pela aquisição das estruturas;
- Estados Limites: Estados a partir dos quais uma estrutura não mais satisfaz a finalidade para a qual foi projetada;
- Estados Limites de Falha: Estados correspondentes à ruína de toda a estrutura, ou parte da mesma, por ruptura, deformação plástica excessiva ou instabilidade;
- Estados Limites de Utilização: Estados que, pela sua ocorrência, repetição ou duração, provocam efeitos ou danos incompatíveis com as condições de uso da estrutura durante sua vida útil, tais como, deslocamentos excessivos, deformações permanentes inaceitáveis, vibrações prejudiciais, etc;
- Fabricante: Empresa contratada, responsável pela fabricação das estruturas e/ou dos protótipos;
- Hipóteses de Cálculo: São os carregamentos ou árvores de carregamento montadas com as cargas de projeto e combinadas de forma a representar situações de máxima solicitação a que uma estrutura possa estar submetida na linha de transmissão;
- Projetista: Profissional ou empresa contratada, responsável pelo projeto das estruturas;
- Recobrimento: Espessura da camada exterior de concreto, a partir da armadura;
- Solicitação de cálculo (Sd): esforço transmitido a um elemento da estrutura devido a aplicação das cargas de projeto.
- Topo: Seção transversal relativa ao extremo superior do poste.

4 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Sem prejuízo do conteúdo desta Recomendação as seguintes normas e correspondentes normas complementares referenciadas devem ser utilizadas onde necessário:

NBR-5422	Projeto de linhas aéreas de transmissão de energia elétrica
NBR-5425	Guia para inspeção para amostragem no controle e certificação de qualidade
NBR-5426	Planos de amostragem e procedimentos na inspeção por atributos-requisitos.

NBR-5427	Planos de amostragem e procedimentos na inspeção por atributos – instruções detalhadas.
NBR-5732	Cimento Portland Comum – Especificação
NBR-5733	Cimento Portland de alta resistência inicial – condições exigíveis no recebimento.
NBR-5738	Moldagem e cura de corpos de prova de concreto cilíndricos ou prismáticos
NBR-5739	Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos de concreto
NBR-5743	Cimento Portland determinação de perda ao fogo (Método de ensaio)
NBR-5744	Cimento Portland determinação de resíduo insolúvel (Método de ensaio)
NBR-5750	Amostragem de concreto fresco (Procedimento)
NBR-5871	Arruela para Estruturas Metálicas (tolerância grossa)
NBR-5875	Parafuso, Porcas e Acessórios
NBR-5876	Terminologia e Simbologia das Roscas
NBR-5984	Norma geral de desenho técnico
NBR-6118	Projeto e execução de obras de concreto armado
NBR-6122	Projeto e execução de fundações
NBR-6123	Forças devida ao vento em edificações
NBR-6124	Determinação da elasticidade, carga de ruptura, absorção de água e da espessura do recobrimento em postes e cruzetas de concreto armado
NBR-6134	Postes e cruzetas de concreto armado
NBR-6152	Materiais Metálicos - Determinação das propriedades mecânicas à tração (Método de ensaio)
NBR-6153	Produtos metálicos – Ensaio de dobramento semi-guiado
NBR-6213	Parafusos e Peças Rosqueadas Similares – Características Mecânica
NBR-6323	Produto de aço ou ferro fundido – Revestimento de zinco por imersão a quente
NBR-6465	Agregados – Determinação da abrasão, “Los Angeles” (Método de ensaio)
NBR-6467	Agregados – Determinação de inchamento de agregado miúdo (Método de ensaio)
NBR-6474	Cimento Portland e outros materiais em pó Determinação de massa específica (Método de ensaio)
NBR-7211	Agregados para concreto – Especificação
NBR-7215	Cimento Portland – Determinação de resistência à compressão (Método de ensaio)
NBR-7216	Amostragem de agregados (Procedimento)
NBR-7217	Agregados – Determinação da composição granulométrica (Método de ensaio)
NBR-7219	Agregados – Determinação do teor de materiais pulverulentos (Método de ensaio)
NBR-7220	Agregados – Determinação de impurezas orgânicas húmicas em agregado miúdo (Método de ensaio)
NBR-7222	Argamassas e concretos – Determinação da resistência à tração por compressão diametral de corpos de prova cilíndricas (método de ensaio)
NBR-7223	Concreto – Determinação de consistência pelo abatimento do tronco de cone (Método de ensaio)

NBR-7224	Cimento Portland e outros materiais em pó – Determinação da Área específica (Método de ensaio)
NBR-7251	Agregado em estado solto determinação da massa unitária (Método de ensaio)
NBR-7397	Produto de aço ou ferro fundido – Verificação do revestimento de zinco – Determinação da massa por unidade de área – Método de ensaio
NBR-7398	Produto de aço ou ferro fundido – Verificação da aderência do revestimento de zinco – Método de ensaio
NBR-7399	Produto de aço ou ferro fundido – Verificação da espessura do revestimento de zinco por processo não destrutivo – método de ensaio
NBR-7400	Produto de aço ou ferro fundido – Verificação da uniformidade do revestimento de zinco – método de ensaio
NBR-7414	Zincagem por imersão a quente – Terminologia
NBR-7480	Barras e fios de aço destinados a armadura de concreto armado
NBR-8451/8452	Postes de concreto armado
NBR-8453/8454	Cruzetas de concreto armado
NBR-10647	Desenho Técnico
NBR-30911.2001	Projeto de norma “Componentes de Concreto Armado para suportes de LT e SE”.

5 PROJETO ESTRUTURAL

5.1 RECOMENDAÇÕES BÁSICAS

5.1.1. O projeto das estruturas de concreto armado para linhas de transmissão deverá seguir as prescrições desta Recomendação Técnica, a qual complementa as normas e especificações vigentes no Brasil.

5.1.2 Admitem-se estruturas de concreto armado vibrado ou centrifugado

5.1.3 A seção transversal dos postes poderá ter forma circular ou retangular, podendo ainda ser composta por colunas com seção “duplo T”.

5.1.4. São aceitas soluções de suportes com postes aporticados (geminados), desde que necessárias e que suas dimensões satisfaçam os limites indicados nas silhuetas respectivas. Neste caso, as uniões deverão permitir um engastamento suficiente para considerar o conjunto como pórtico e como tal calculá-lo.

5.1.5 No caso de estruturas aporticadas, os elementos comprimidos devem ser verificados à flexo-compressão, considerando-se a flambagem. O máximo índice de esbeltez admitido é 200. Demais considerações sobre esta verificação devem seguir as prescrições da NBR 6118.

5.1.6. A resistência característica do concreto (f_{ck}) a ser adotada no projeto será igual ou superior a 30 MPa.

5.1.7. O recobrimento da armadura deverá ser no mínimo igual a 2,0 cm, em qualquer ponto da estrutura, sendo que para ambientes muito agressivos e em partes da estrutura em contato direto com o solo deverão ser solicitados recobrimentos maiores e outras exigências como aditivos no concreto, aplicação de pintura ou impermeabilizantes na superfície exposta.

5.1.8. Emendas

5.1.8.1. No caso de haver necessidade de emendas em postes, um dos seguintes tipos de emenda poderá ser aceito, desde que o seu comportamento seja verificado através de cálculo e comprovado por testes de carga, tanto no regime elástico quanto no de ruptura:

- Execução de flange metálico aparafusado, utilizando um sistema externo de proteção à corrosão.
- Execução de emenda por encaixe, contendo além de reforço de armadura em ambas as extremidades, a possibilidade de obturação das folgas com nata de cimento ou com argamassa autonivelante tipo *grout*.
- Execução de emenda por trespasse das barras de armadura. Neste caso as estruturas serão emendadas através de barras de espera com 1,50 a 2,00 metros de comprimento conforme o caso, com concretagem a ser realizada no campo, sempre de acordo com a NBR-6118.

5.1.8.2. A emenda de postes, quando necessária, deverá ser feita em seções onde o nível de solicitações seja mais favorável. Não serão aceitas emendas em seções onde o momento fletor ou o esforço cortante seja máximo.

5.2 GEOMETRIA DAS ESTRUTURAS

5.2.1 SILHUETAS DAS ESTRUTURAS

Tomando-se como referência a silhueta básica apresentada pelo Contratante, o projetista deverá preparar a silhueta definitiva de projeto de cada estrutura.

5.2.2 DIMENSÕES PRINCIPAIS

As alturas e demais cotas necessárias para caracterização dos diferentes tipos de estruturas devem ser indicadas nas próprias silhuetas das estruturas. No caso de utilização de braço isolante (isolador tipo line-post), seu comprimento deverá ser considerado para fins de cálculo de solicitações .

5.2.3 DISTÂNCIAS ELÉTRICAS E ÂNGULOS DE BLINDAGEM

Devem ser respeitados rigorosamente os valores mínimos das distâncias elétricas e ângulos de blindagem definidos nas silhuetas das estruturas. Para manter a blindagem dos condutores, poderá ser necessário aumentar a altura da estrutura (cabeça) ou o comprimento do braço do pára-raios.

5.3 DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL

O dimensionamento das estruturas deverá ser realizado mediante a aplicação da Metodologia dos Estados Limites. Portanto as estruturas são verificadas tanto para as condições definidas para os Estados Limites de Falha quanto para os Estados Limites de Utilização.

5.3.1 ESTADO LIMITE DE FALHA

Neste estado, a estrutura deve resistir, no seu limite, os carregamentos especificados pelas hipóteses correspondentes, sem apresentar ruína de toda ou parte da mesma, por ruptura, deformação plástica excessiva ou por instabilidade. Esse Estado pode ser chamado, também, de Estado Limite de Ruptura ou simplesmente de ruptura.

5.3.2 ESTADO LIMITE DE UTILIZAÇÃO

Neste estado, a estrutura, quando submetida aos carregamentos especificados pelas hipóteses correspondentes, não deve apresentar danos, fissuras ou deformações excessivas e residuais que comprometam o seu uso normal no regime elástico.

5.3.3 SOLICITAÇÕES E DESLOCAMENTO

5.3.3.1 Análise Estrutural

Admite-se como forma mais simplificada de determinação das solicitações nas peças, a análise estático-elástico-linear pelo método dos elementos finitos. A análise não-linear física e geométrica é recomendada, especialmente nos casos de determinação de solicitações em peças trabalhando no regime plástico, ou no cálculo de deslocamentos residuais e cálculo de efeitos de segunda ordem.

5.3.3.2 Solicitações de Cálculo

As solicitações calculadas a partir dos carregamentos estabelecidos no item 5.4 são consideradas como solicitações de cálculo (força normal - N_d , momento - M_d , cortante - V_d).

5.3.3.3 Determinação das Solicitações

Para cada peça da estrutura devem ser determinadas as solicitações (forças normais, momentos fletores e esforços cortantes) nas seções críticas considerando-se cada uma das hipóteses de carregamento. Nos postes de seção variável essas solicitações devem ser determinadas por trechos, necessariamente para toda seção em que a armadura for modificada e, no mínimo, para as seções ao nível do braço inferior. Nas estruturas aperticadas (geminadas), solicitações são determinadas necessariamente também ao nível de cada união e na seção média dos trechos intermediários.

5.3.3.4 Deslocamentos

Os deslocamentos devem ser calculados ao nível do topo da estrutura e em outros pontos de eventual interesse, para cada hipótese de carga, conforme a necessidade. Quando for considerado crítico, o cálculo vertical das extremidades das cruzetas far-se-á necessário, de modo a se verificar a manutenção das distâncias elétricas mínimas em relação ao poste. Se não for adotado um procedimento mais rigoroso para a determinação da inércia das seções de concreto, deverá ser feita, no mínimo, a homogeneização da seção devido à presença da armadura, e considerando-se a existência de fissuramento no concreto. O momento de inércia da seção fissurada de concreto deve ser calculado no Estádio II.

5.3.3.5 Efeitos de Segunda Ordem

Visando garantir que as estruturas mantenham sua capacidade de carga até o Estado Limite correspondente, nos casos em que os deslocamentos são consideráveis, a configuração deformada da estrutura deverá ser verificada. Nesses casos, as solicitações devem ser preferencialmente determinadas a partir de uma análise não-linear geométrica. Entretanto, é admitido como deslocamento não considerável para estruturas flexionadas, não aperticadas, por exemplo, aquele que provoca momentos de 2ª ordem que não excedam 2,5% do momento principal.

5.3.4 TENSÕES, DEFORMAÇÕES ESPECÍFICAS E FISSURAMENTO

Nas seções onde forem calculadas as solicitações, deverão ser determinadas as tensões (tanto no concreto como na armadura) e as deformações específicas correspondentes, assim como o nível de abertura de fissuras.

5.3.5 CONDIÇÕES ESPECÍFICAS DE CADA ESTADO LIMITE

5.3.5.1 Verificação no Estado Limite de Falha

Para as árvores de carregamento identificadas como tal, as seguintes condições devem ser observadas:

- Deformação específica limite do concreto comprimido: $\varepsilon_c \leq 3.5 \text{‰}$;
- Deformação específica limite da armadura tracionada: $\varepsilon_s \leq 10 \text{‰}$;
- Tensão de cálculo do concreto: $f_{cd} = f_{ck} / 1,4$ conforme prescrito na NBR 6118 ;
- Tensão de cálculo da armadura: $f_{yd} = f_{yk} / 1,15$;
- Deslocamento no topo: sem limitações, apenas vinculado com os efeitos de 2ª ordem (item 5.3.3.5).
- Fissuras: Aberturas não controladas, porém de forma a não indicar a existência de um estado de ruptura.

5.3.5.2 Verificação no Estado Limite de Utilização

a) Condições gerais para todas as árvores de carregamento identificadas como tal:

- Deformação específica limite do concreto comprimido: $\varepsilon_c \leq 2^0/00$
- Deformação específica limite do aço tracionado: $\varepsilon_s = \varepsilon_y$ onde $\varepsilon_y = f_{yd} / E_s$
- Abertura de fissuras: não limitadas, porém devem fechar-se após cessada a ação da carga, tornando-se capilares;
- Deslocamento residual limite no topo: $\delta_r = H/300$ (H = comprimento total da estrutura)
- Deslocamento elástico limite: $\delta = H/40$

b) Condições gerais para carregamentos identificadas por carga permanente :

- Contra-flecha máxima admitida na fundação (Δf): 50% do deslocamento calculado para cargas permanentes, porém não superior a H/200.
- Deslocamentos limites no topo ou em trechos isolados quaisquer da estrutura, considerando-se, além da deformação elástica, a deformação lenta (fluência) do concreto para um período de vida útil especificada;
 - sem Contra-flecha na fundação: $\delta \leq H/100$.
 - com Contra-flecha na fundação: $\delta \leq H/67$.
- Limite de abertura de fissuras: Atmosfera agressiva: $\mu = 0,1$ mm.
Atmosfera normal: $\mu = 0,2$ mm.

5.3.6 OUTRAS CONSIDERAÇÕES NO DIMENSIONAMENTO

Em alguns casos, por exigência do processo produtivo adotado pelo fabricante, poderá ser necessário o içamento da peça para movimentação na fábrica, antes que o concreto tenha atingido plenamente a resistência especificada no projeto. Caso isto venha a ocorrer, o projetista deverá considerar nos seus cálculos a redução de resistência do concreto, quando efetuar a verificação estrutural da peça ao içamento.

5.4 ÁRVORES DE CARREGAMENTO

Os carregamentos da estrutura, deverão ser calculados e representados por árvores de carregamento (hipóteses de carga), que correspondem a diferentes conjuntos de ações externas atuando simultaneamente, de forma a traduzir as situações mais severas de desempenho previsto para a estrutura na linha ou durante a sua montagem. Todos os carregamentos devem ser analisados.

5.4.1 EIXOS DE REFERÊNCIA

Nas árvores de carregamento os eixos indicados devem corresponder a:

- L - eixo longitudinal da estrutura.
- T - eixo transversal da estrutura.

5.4.2 CONSIDERAÇÕES SOBRE AS CARGAS

As cargas são ações externas diretamente aplicadas à estrutura, causando-lhe solicitações internas e deformações. Os deslocamentos impostos, ou os que provocam momentos de 2ª ordem, são chamados de ações indiretas, que eventualmente devem ser consideradas (ver item 5.3.3.5).

5.4.2.1 Cargas de Longa Duração (ou permanentes)

São ações que ocorrem com intensidades pouco variáveis durante a vida da estrutura, ou que tenham uma duração relativamente prolongada (tração de cabos sob temperatura mínima, por exemplo).

5.4.2.2 Cargas Variáveis

São ações que ocorrem com intensidades variáveis e com período de atuação relativamente curto (transitórias). Estas cargas podem ser :

- a) Normais - quando sua probabilidade de ocorrência é compatível com a vida útil da LT;
- b) Especiais - quando sua probabilidade de ocorrência é compatível com a confiabilidade requerida para a LT;
- c) Excepcionais - quando sua ocorrência está vinculada a acontecimentos excepcionais, como ruptura de cabos e choque de veículos;
- d) De Construção - quando sua ocorrência está vinculada às etapas de construção, sem risco de acidentes com operários;
- e) De Montagem ou Manutenção - quando sua ocorrência está associada a operações de montagem ou manutenção, com possibilidade de efeitos dinâmicos causados por estas próprias operações, e com risco de acidentes com operários.

5.4.2.3 Efeitos das Cargas

As cargas verticais podem produzir efeitos desfavoráveis ou favoráveis à estabilidade da estrutura. Quando estes efeitos forem desfavoráveis estas cargas devem ser majoradas e, em caso contrário, minoradas. O projetista deverá lembrar, no entanto, que o peso próprio da estrutura será igualmente afetado pelos mesmos fatores de majoração ou minoração, de acordo com a hipótese de carga considerada.

5.4.3 COEFICIENTES DE PONDERAÇÃO

São fatores de majoração (para ações de efeitos desfavoráveis) ou de minoração (ações de efeitos favoráveis) aplicados às ações de forma a levar em conta as incertezas ou erros inerentes à determinação das cargas, bem como traduzir a maior ou menor confiabilidade requerida para cada situação de carregamento.

5.4.4 MONTAGEM DAS ÁRVORES DE CARREGAMENTO

5.4.4.1. As árvores de carregamento devem considerar os critérios dos Estados Limites, em que as cargas foram obtidas de forma probabilística ou ponderadas adequadamente.

5.4.4.2. O projetista deverá analisar algumas situações particulares, principalmente quanto aos aspectos de transporte e içamento das estruturas e, se necessário, propor hipóteses adicionais de carga.

5.4.4.3. Nos itens seguintes, estão especificados os critérios utilizados para a montagem das diferentes árvores de carregamento.

5.4.5 ÁRVORES DE CARREGAMENTO PARA ESTADOS LIMITES DE FALHA

As árvores identificadas como tal serão montadas com cargas de projeto. São carregamentos em que a estrutura deverá ser verificada no Estado Limite de Falha (5.3.5.1.), não sendo necessário, portanto, satisfazer as exigências do Estado Limite de Utilização. Nessas condições, para representar as diferentes situações a que o suporte está submetido na linha, têm-se os seguintes carregamentos :

5.4.5.1 Carregamentos com Vento Máximo ;

5.4.5.2 Carregamentos com Cabo Rompido ;

5.4.5.3 Carregamentos com Temperatura Mínima ;

5.4.5.4 Carregamentos de Construção e Manutenção.

5.4.6 ÁRVORES DE CARREGAMENTO PARA OS ESTADOS LIMITES DE UTILIZAÇÃO

As hipóteses identificadas como tal estão montadas com cargas de serviço. São carregamentos para os quais a estrutura deverá ser verificada no Estado Limite de Utilização (5.3.5.2), além de satisfazer as exigências do Estado Limite de Falha. Nessas condições, para representar as diferentes situações a que o suporte estará submetido, têm-se os carregamentos relacionados nos dois itens seguintes:

5.4.6.1 Carregamentos com Vento Normal ;

5.4.6.2 Carregamentos Permanentes.

5.5 CARGAS DE VENTO NA ESTRUTURA

Para a determinação da força resultante devida à ação do vento sobre a estrutura, deverão ser considerados:

- a) A direção do vento, conforme ângulo de incidência indicado nas árvores de carregamento;
- b) A estrutura decomposta em troncos de comprimento não superior a 15 m, utilizando-se a pressão do vento correspondente a cada tronco;
- c) A força resultante em cada tronco, atuando no seu centro de gravidade, deverá ser calculada conforme os itens 5.5.1 e 5.5.2:

5.5.1 PARA SUPORTES CONSTITUÍDOS DE ELEMENTOS DE SEÇÃO CIRCULAR

Para suportes constituídos de elementos de seção circular, a força do vento aplicada no centro de gravidade do tronco considerado é dada pela seguinte expressão:

$$F = q_0 \cdot C_a \cdot A$$

onde:

q_0 = pressão dinâmica de referência do vento, constante nas respectivas árvores de carregamento, em N/m^2 ;

A = área projetada segundo um plano perpendicular à direção do vento, em m^2 .

C_a = Coeficiente de arrasto, calculado em função do Número de Reynolds (R_e), conforme abaixo indicado:

Para $R_e \leq 3$: $C_a = 1,2$

Para $R_e \geq 4,472$: $C_a = 0,75$

Para $3 < R_e < 4,472$: $C_a = 2,438 - 2,595 \cdot R_e$

expressão que representa o gráfico a seguir, conforme NBR-5422.

Sendo $Re = \frac{D \cdot \sqrt{2 \cdot q_0 / \rho}}{\nu}$ (adimensional)

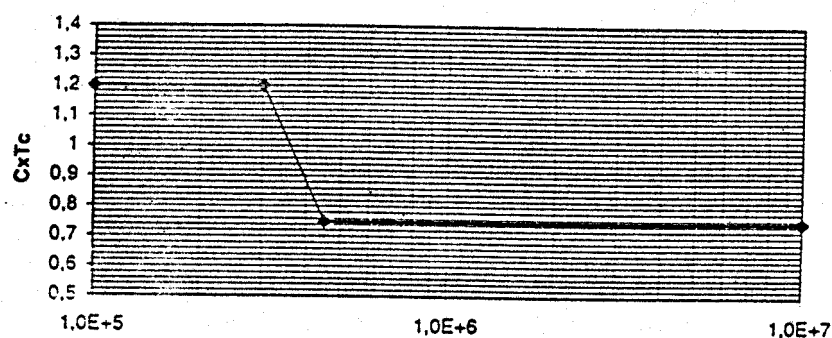
Onde:

D = diâmetro médio do tronco considerado, em metro (m);

ρ = massa específica do ar, em kg/m^3 ;

ν = viscosidade cinemática do ar (admite-se $\nu = 1,45 \times 10^{-5} m^2/s$, a $15^\circ C$).

Sendo ρ calculado de acordo com a NBR5422



5.5.2 PARA ESTRUTURAS CONSTITUÍDAS DE ELEMENTOS DE SEÇÃO QUADRADA OU RETANGULAR

Para estruturas constituídas de elementos de seção quadrada ou retangular, as forças do vento normal a cada face, aplicadas no centro de gravidade do tronco considerado, são dadas, respectivamente, por:

$$F_a = q_o \cdot C_{xa} \cdot a \cdot L$$

$$F_b = q_o \cdot C_{xb} \cdot b \cdot L$$

onde:

F_a = força do vento normal à face de dimensão "a", em "N";

F_b = esforço do vento normal à face de dimensão "b", em "N";

q_o = pressão dinâmica do vento, constante nas respectivas árvores de carregamento em N/m^2 ;

C_{xa} = coeficiente de arrasto para vento agindo na face **a**, perpendicular ao eixo do tronco, determinada conforme NBR 6123, seção 6.3 ;

C_{xb} = coeficiente de arrasto para vento agindo na face **b**, perpendicular ao eixo do tronco, determinada conforme NBR 6123, seção 6.3 ;

a = dimensão correspondente ao lado da face de incidência do vento a 0° , medida ao nível do centro de gravidade do trecho, sendo a e b necessariamente, em metros;

b = dimensão correspondente ao lado da face de incidência do vento a 90° , medida ao nível do centro de gravidade do trecho, sendo b e a necessariamente, em metros;

L = dimensão correspondente ao comprimento do tronco considerado, em metros.

5.6 CARGAS DE PESO PRÓPRIO DA ESTRUTURA

5.6.1. O peso próprio da estrutura deverá ser determinado segundo os mesmos trechos definidos para o cálculo do vento na estrutura. O peso total de cada trecho deverá ser aplicado no extremo superior do mesmo. Os pesos dos componentes (cruzetas, uniões, etc.) deverão ser determinados e aplicados no topo do trecho correspondente.

5.6.2. O peso próprio da estrutura deverá ser precisamente avaliado de modo a permitir, através do cálculo das solicitações de flexão, a determinação dos pontos mais adequados para transporte e içamento. O projeto deverá apresentar desenhos com indicações precisas destes pontos de içamento, de forma a não comprometer a integridade estrutural das peças de concreto quando do seu manuseio e transporte (ver também o item 5.3.6).

5.6.3. O peso próprio da estrutura deverá ser majorado ou minorado, de acordo com os valores dos coeficientes indicados nas hipóteses de carregamento.

Exemplo: pp x 1.1.

5.7 FUNDAÇÕES.

5.7.1. As estruturas serão engastadas na fundação de acordo com a profundidade projetada em função do tipo de solução especificada pelo Contratante ou concebida pelo projetista, dependendo do tipo de solução da fundação. Pode ser um bloco tipo sapata, bloco de estaqueamento ou tubulão previamente executados e que permitem embutir o

poste posteriormente; pode ser uma solução direta no solo, com “mortos” de contenção lateral ao tombamento.

5.7.2. O comprimento de engastamento do poste na fundação ou solo deverá ser justificado por cálculo. A título orientativo apresenta-se a seguir o comprimento de engastamento empírico tradicionalmente adotado para postes de concreto:

para $L \leq 24,00$ m engastamento = $(L/10)+0,60$ m

para $24,00$ m $< L \leq 34,00$ m engastamento = 3,00m

para $L > 34,00$ m engastamento = $(L/10)-0,40$ m

onde L = comprimento total da estrutura.

Este é o valor usualmente utilizado na ligação estrutura/fundação e poderá ser alterado de comum acordo entre fabricante e projetista, em função de melhor adaptação à fundação projetada.

5.7.3. Para estruturas constituídas de poste único embutido em bloco de concreto, o cálculo dos momentos fletores e dos cortantes deverá considerar adequadamente a forma de reação da areia confinada sobre a estrutura.

5.7.4. No caso de estruturas geminadas aporticadas, com presença de solicitações de tração, deverá ser considerada a existência de dois anéis de travamento em concreto armado com no mínimo 30 cm de espessura no topo da fundação e 15 cm de espessura na base. Entretanto, cabe ao projetista da estrutura definir este engastamento, inclusive quanto a sua forma e resistência..

5.8 MEMÓRIA DE CÁLCULO

Deverá ser elaborada uma memória de cálculo completa, contendo, de maneira metódica e clara, todas as etapas do cálculo, bem como detalhes ilustrativos necessários para a posterior análise e aprovação do Contratante. No caso do uso de computador em alguma etapa, deverão fazer parte da memória de cálculo as listagens de entrada e saída com descrição do programa e método de cálculo utilizado.

6 DESENHOS E DETALHES DE FABRICAÇÃO E MONTAGEM

6.1 DESENHOS

6.1.1 GERAL

Os desenhos de fabricação e montagem deverão atender as prescrições da Norma Geral de Desenho Técnico (NBR-10647), prevalecendo entretanto, as exigências do Contratante.

6.1.2 FORMATO DOS DESENHOS

Os desenhos deverão ter formato normalizado A0, A1, A2, A3 ou nA4 (sendo n maior ou igual a 3). O formato A4 será preferencialmente utilizado nas memórias de cálculo, caderno de materiais e planilhas, desde que devidamente identificado e assinado pelo responsável.

6.1.3 ESCALA DOS DESENHOS

Os desenhos deverão ser feitos em escalas usuais de forma a permitir uma representação completa de todos os detalhes. Sempre que a escala prejudicar tal representação, deverão ser apresentados detalhes separados em escala apropriada.

6.1.4 INFORMAÇÕES COMPLEMENTARES

O desenho deve conter, além da identificação da obra e do Contratante, a identificação do projetista e do próprio desenho (número, data e revisão)

6.2 DETALHES DE FABRICAÇÃO E MONTAGEM

6.2.1 FIXAÇÃO DOS CABOS DE COBERTURA

Devem ser indicados os detalhes dos sistemas de fixação dos cabos pára-raios. As estruturas de ancoragem de fim de linha, devem permitir a fixação de dois pára-raios de ligação com o pórtico a 90°. Os sistemas de fixação devem ser projetados conjuntamente com a estrutura, pois são considerados como componente da mesma.

6.2.2 FIXAÇÃO DOS ISOLADORES DOS CABOS CONDUTORES

6.2.2.1. Nas estruturas de suspensão, os isoladores podem ser fixados nas estruturas através de braços de concreto, braços metálicos ou diretamente através de isoladores poliméricos ou de porcelana tipo braço isolante (*line-post*). Neste caso, a base inclinada para adaptar o isolador à estrutura será projetada e fabricada em conformidade com o projeto da estrutura.

6.2.2.2. Nas estruturas de ancoragem, os isoladores são fixados diretamente nas colunas ou nos braços, conforme a configuração definida nas silhuetas. Isoladores (*line-post*) podem ser usados para fixação de passagens dos condutores. Deverá ser previsto um furo vertical nos braços para colocação de ferragem para fixação das cadeias dos condutores de passagem.

6.2.3 FERRAGENS

6.2.3.1. Todas as ferragens devem ser fixadas à estrutura através de parafusos passantes em furos deixados no concreto, ou mediante o uso de braçadeiras. Deverá ser evitada a colocação de peças embutidas no concreto sem possibilidades de substituição.

6.2.3.2. As peças a serem soldadas devem ser concebidas de forma a prever a execução de cordão de solda contínuo e uniforme no contorno das peças. Não poderá haver vazios ou fendas entre as peças soldadas que possam prejudicar a qualidade da galvanização.

6.2.3.3. Todas as ferragens deverão ser galvanizadas conforme Especificações do Contratante para zincagem ou Norma correspondente. No caso de peças soldadas, sua limpeza peça deverá, necessariamente, começar com a aplicação de jateamento de areia ou de granalha de aço.

6.2.3.4. Eventuais peças forjadas deverão obedecer as normas vigentes.

6.2.4 DISPOSITIVO PARA ESCALADA NAS ESTRUTURAS

6.2.4.1. Com a finalidade de se realizarem operações de manutenção, deverão ser previstos dispositivos padronizados para escalada nas estruturas , através de escadas moduladas removíveis ou parafusos-degraus, os quais farão parte do fornecimento. Sua colocação deverá ser iniciada a partir de no mínimo 3,0 m do nível do solo, finalizando próximo ao topo do suporte (admitindo-se variações para atender a modulação). As escadas serão fixadas às colunas em dispositivos para engate, constituídos de aço galvanizado . Estes dispositivos serão soldados diretamente em braçadeiras de aço.

6.2.4.2. A estrutura deverá ser projetada prevendo furação para eventual montagem do sistema de trava quedas, quando houver tal exigência por parte da Contratante.

6.2.5 ATERRAMENTO

As estruturas de concreto deverão prever um sistema de aterramento ao solo de todas as ferragens que sustentam os cabos condutores e o cabo pára raios.

Existem dois tipos principais de aterramento, ou seja:

6.2.5.1 Arame de aço galvanizado, interno ao concreto em toda a extensão da estrutura, com porcas soldadas que ficam na superfície do concreto onde serão conectadas as ferragens que deverão ser aterradas, através de chapas de aterramento, presilhas bifilares e pequenos parafusos. A ligação entre cruzetas e poste deverá ser feita através de rabicho, conectado através de porcas e presilhas bifilares instaladas perto do cruzamento dos mesmos.

6.2.5.2 Cabo de aterramento externo fixado através de presilhas bifilares e chapas de aterramento em todas as ferragens a serem aterradas, devendo ser protegidas por um tubo embutido no concreto a 8,00 m de altura (fora do solo) a fim de evitar roubo.

Para os dois sistemas, tanto na porca junto ao solo, como na saída do tubo do poste, o ideal é que estes se situem a 20 cm do nível do início do engastamento (acima ou abaixo, de acordo com a definição do projetista).

O detalhamento final do sistema de aterramento deverá ser apresentado ao Contratante, para análise e aprovação.

6.3 LISTA DE MATERIAIS

6.3.1. O fornecedor deverá apresentar, para cada tipo de suporte, uma relação completa dos diversos componentes, inclusive parafusos e demais peças miúdas, assim como, material de aterramento (presilhas, parafusos e chapas de ligação).

6.3.2. As ferragens deverão ser fornecidas com uma quebra de 5% ou, no mínimo, uma peça de cada tipo.

7 APRESENTAÇÃO DO PROJETO PARA FINS DE APROVAÇÃO

Os seguintes documentos deverão ser apresentados pelo fabricante/projetista para fins de análise e aprovação do Projeto das estruturas:

- a) Silhuetas de cálculo contendo todos os detalhes de vistas que permitam identificar: cotas gerais e parciais, posição de atuação da carga de vento e do peso próprio;
- b) Hipóteses de carregamento consideradas no projeto;
- c) Cálculo das cargas de vento sobre a estrutura, contendo coeficiente de arrasto, forças resultantes e pontos de aplicação das mesmas;
- d) Memória de cálculo, conforme item 5.8.;
- e) Desenhos de fabricação e montagem, segundo item 6.;
- f) Detalhamento das armaduras (opcional);

8 ENSAIOS DE PROTÓTIPO

Para comprovação do projeto das estruturas, deverá ser preparado um protótipo de cada tipo para ser levado a ensaio de carregamento . Caberá ao Contratante decidir que tipos de estruturas deverão ser ensaiadas; sugere-se no entanto que pelo menos um tipo de estrutura em alinhamento e a estrutura de ancoragem fim de linha sejam submetidas a ensaios de cargas.

O projetista deverá preparar , para cada estrutura a ser ensaiada , um plano de ensaios de protótipo onde conste toda a programação dos trabalhos a serem realizados.

No caso de estruturas já ensaiadas e aprovadas para fornecimentos anteriores, poderá, através de comum acordo entre as partes, ser dispensada a repetição dos ensaios de protótipo,

8.1 PREPARAÇÃO DOS PROTÓTIPOS

8.1.1. Os protótipos devem ser estruturas fabricadas e montadas em campo de testes, simulando as condições de trabalho da estrutura na LT.

8.1.2. A fabricação do protótipo a ser testado deverá ser executada da mesma maneira , com as mesmas tolerâncias e com o mesmo controle de qualidade que será empregado na fabricação em série das estruturas.

8.1.3. A altura do protótipo deverá corresponder à maior altura do tipo de estrutura que representa .

8.1.4. A fundação do protótipo deverá ser suficientemente reforçada para resistir até o colapso da estrutura, assim como ser suficientemente rígida para não se deformar indevidamente. Será necessário um rígido controle da deformação da fundação para não invalidar o ensaio.

8.1.5. Os braços isolantes (line-post) poderão ser substituídos por braços metálicos equivalentes, no mesmo comprimento previsto para o isolador, conforme indicado nas silhuetas das estruturas. Estes braços devem suportar as cargas, sem danos, até ocorrer o colapso da estrutura,

8.1.6. Durante a fabricação dos protótipos deverão ser retiradas amostras de armadura e de concreto para um controle específico dos materiais. A resistência característica do concreto (fck) utilizado no protótipo deverá ser estimada a partir de amostra coletada para cada protótipo. Para fins de ensaio de protótipo, quando este for realizado em período inferior a 28 dias, poderão ser necessárias amostras adicionais de concreto.

8.2 PROCEDIMENTO PARA CARREGAMENTO DOS PROTÓTIPOS

8.2.1. Em comum acordo entre o Contratante e projetista, serão selecionadas as principais hipóteses de carregamento para os ensaios. Entretanto, sugere-se que se realize, no mínimo, um ensaio para cada um dos seguintes tipos de carregamento:

- Hipóteses de cargas permanentes;
- Hipóteses de cargas no Estado Limite de Utilização;
- Hipóteses de cargas no Estado Limite de Falha.

8.2.2. As cargas correspondentes a cada hipótese de carregamento deverão ser aplicadas através de cabos de aço nos pontos, com os valores considerados na memória de cálculo aprovada.

8.2.3. Todos os dispositivos de aplicação de forças deverão ser utilizados de acordo com a recomendação de seus fabricantes. Deverão ser providenciados com antecedência os certificados de calibração dos dispositivos de aplicação de carga.

8.2.4. As cargas deverão ser aplicadas em etapas, da seguinte forma:

- a) Antes da aplicação integral do primeiro carregamento, 50% de toda a carga deverá ser aplicada gradualmente, sendo a seguir descarregada lentamente para fins de acomodação inicial da estrutura na fundação;
- b) As cargas de cada hipótese de carregamento devem ser aplicadas na estrutura em etapas de 50, 75, 90 e 100%;
- c) Após a aplicação de 100% do carregamento correspondente a cada hipótese, o protótipo deverá ser descarregado totalmente;
- d) Em caso de teste destrutivo, deverá ser aplicado 100% do carregamento da hipótese mais severa e, a partir daí, parcelas adicionais de 10% das cargas devem ser aplicadas até atingir a ruptura.

8.2.5. O tempo de duração da carga mantida deverá ser no mínimo, de 1 minuto para as etapas intermediárias, e de 5 minutos para a etapa final (100%).

8.2.6. As deflexões da estrutura deverão ser medidas e gravadas. Pontos de monitoração deverão ser selecionados para verificar as deflexões previstas pela análise estrutural.

8.2.7. A leitura dos deslocamentos da estrutura e a observação de fissuras, só devem ser feitas após transcorrido o tempo especificado, inclusive para a etapa de 100%.

8.3 APROVAÇÃO DOS ENSAIOS DE PROTÓTIPO

8.3.1. O protótipo será considerado aprovado desde que não apresente algum tipo de dano (deformação, fissuras) ou falhas decorrentes do não atendimento das condições estabelecidas para cada Estado Limite, conforme definido em 5.3.5

8.3.2. Quando, para um protótipo ensaiado, o fck estimado a partir dos corpos de prova, resultar num valor superior à 10% do valor especificado, deverá ser efetuado novo cálculo para verificação da capacidade resistente da estrutura, mantendo-se a armadura existente, porém considerando-se agora, o novo fck estimado. Para a aprovação do ensaio de protótipo, o nível de carregamento real observado no ensaio deverá equivaler, pelo menos, à capacidade resistente recalculada para a estrutura.

8.4 RELATÓRIO DE ENSAIOS DE PROTÓTIPOS

8.4.1. O Projetista deverá preparar um relatório técnico de cada protótipo ensaiado, contendo todas as ocorrências do ensaio, com fotos ilustrativas.

8.4.2. Os danos e falhas observados devem ser necessariamente registrados, com todos os seus detalhes, mesmo que estejam dentro de limites aceitáveis.

8.4.3. Deverá fazer parte deste relatório uma planilha onde serão registrados os valores das cargas aplicadas, os deslocamentos medidos na estrutura e fundação, e aberturas de fissuras.

8.4.4. No relatório deverão constar os laudos de rompimento de corpos de prova de concreto, tanto relativos ao ensaio do protótipo, quanto aqueles rompidos aos 28 dias após a execução (concretagem) do mesmo protótipo. Também deverão constar os respectivos fck estimados.

8.4.5. No caso de falhas, deverão constar do relatório:

- a) fotos da ocorrência;
- b) carregamento no momento da falha;
- c) uma breve descrição da falha;
- d) as ações corretivas;
- e) dimensões físicas dos membros que falharam;
- f) corpo de prova dos membros que falharam.

8.4.6. A aprovação do relatório de ensaio do protótipo pelo Contratante corresponde aprovação final do projeto da estrutura correspondente.

9 FABRICAÇÃO

9.1 PROCESSO DE FABRICAÇÃO

9.1.1. A fabricação das estruturas deve respeitar as boas técnicas e processos que assegurem a obtenção de um concreto suficientemente homogêneo e compacto.

9.1.2. Os materiais de várias procedências deverão ter suas marcas de identificação, de modo a permitir sua identificação durante as várias fases de fabricação.

9.1.3. Não deve ser utilizado material deformado, a não ser que seja retificado por processo aprovado pelas normas vigentes.

9.1.4. Os materiais deverão ser tratados com as devidas precauções para não terem suas qualidades prejudicadas.

9.1.5. As estruturas devem apresentar superfícies externas suficientemente lisas, sem fendas ou fraturas (exceto trinca capilares, não orientadas segundo o comprimento da estrutura, inerentes ao próprio material) e sem armadura aparente, podendo eventualmente ser permitida a pintura, com a concordância da Contratante.

9.1.6. Não será permitido o emprego de pastas ou argamassas de concreto para efeito de acabamento da estrutura, exceto nas seções transversais do topo e da base.

9.1.7. Para controle da resistência à compressão do concreto devem ser obedecidos os métodos de ensaio da NBR 5738 (moldagem ou cura dos corpos de prova de concreto cilíndricos ou prismáticos) e a NBR-5739 (ensaios de compressão de corpos de prova cilíndricos de concreto), ambos da ABNT.

9.1.8. Para fabricação da estrutura, exige-se o emprego de moldes de aço.

9.1.9. A armadura deverá ser colocada nos “moldes” de modo a permanecer fixa durante a concretagem. Devem ser previstos espaçadores para manter o recobrimento requerido da armadura. Durante o processo de fabricação, é vedada a utilização de dispositivos que possam ocasionar o enfraquecimento ou deformação das estruturas.

9.1.10. As armaduras deverão ser isentas de ferrugem, óleo e outras imperfeições que possam prejudicar a boa aderência com o concreto.

9.1.11. O afastamento entre as barras de aço, bem como os trespases nas emendas, tendo em vista os comprimentos máximos das barras existentes no mercado, poderão ter disposição especial, cuja eficiência será comprovada pelos ensaios previstos nesta recomendação. As pontas das armaduras devem respeitar o recobrimento em relação as extremidades da peça.

9.1.12. A desmoldagem somente poderá ser efetuada após verificada a resistência do concreto para suportar a retirada da forma sem prejudicar o acabamento da face externa da estrutura. Após a desmoldagem, a estrutura deverá ser protegida contra as intempéries e mantida úmida no período de cura, que depende do tipo de cimento usado, devendo obedecer às NBR-5738 e NBR-6118.

9.1.13. No caso de cura a vapor, o tempo de espera para a aplicação desse será de no mínimo 3 horas após o término de concretagem com temperatura não superior a 80° C e incremento de temperatura de no máximo 40° C/h, num ciclo normal de 18 horas.

9.1.14. A vibração do concreto para adensamento nas formas deve ser tal que o aparecimento de ligeira camada de argamassa na superfície do concreto e a cessação completa do desprendimento de bolhas de ar, indicam o término do período da vibração , pois a não observação destes indicadores e a continuação da vibração provocariam a segregação dos elementos da mistura do concreto.

9.1.15. O comprimento de trespasses das barras, nas eventuais emendas, não deverá ser menor que 50 vezes o diâmetro da barra.

9.1.16. Eventuais soldas são admitidas e deverão obedecer as normas vigentes.

9.2 FURAÇÃO

9.2.1. Os furos destinados à fixação de acessórios e equipamentos deverão ser cilíndricos, de eixo perpendicular ao eixo da estrutura, permitindo-se o arremate na saída dos furos para garantir a obtenção de uma superfície tal que não dificulte a colocação do equipamento. Nenhuma parte da armadura poderá ser aparente nestes furos, devendo ser mantido o cobrimento mínimo estabelecido.

9.2.2. O diâmetro dos furos para parafusos não deve exceder o diâmetro do parafuso em mais que 3 mm. Os furos devem ser verificados com o uso de gabaritos cilíndricos, admitindo-se tolerância máxima entre espaçamento de centro de furo a furo igual a 2mm.

9.2.3. Os parafusos devem ter cabeças hexagonais com porcas sempre hexagonais. Todas as arruelas devem ser redondas ou quadradas. As dimensões dos parafusos e porcas deverão obedecer as normas vigentes da ABNT.

9.2.4. Se houver parafuso com aço de diferentes qualidades no mesmo tipo de estrutura serão sempre de diâmetros diferentes e identificados com a marcação dos respectivos tipos de aço. No caso de só ser utilizado um tipo de aço para todos os parafusos de todos os tipos de estruturas, é desnecessária a identificação do tipo de aço do parafuso, bastando a identificação existente na lista de materiais.

9.2.5. A galvanização de todas as peças deve ser feita a quente obedecendo a norma NBR-6323 vigente na ABNT. As partes a serem galvanizadas devem ser isentas de ferrugens, óleo e outras imperfeições que possam prejudicar a boa aderência da camada de zinco.

9.3 TOLERÂNCIAS

9.3.1. São admitidas as tolerâncias em concordância com a norma NBR – 6124.

10 MONTAGEM, TRANSPORTE E EMENDAS

10.1 EQUIPAMENTOS PARA MOVIMENTAÇÃO

10.1.1. O manuseio dos postes e acessórios de concreto (estruturas) geralmente é realizado através de cabos de aço, garras pantográficas (gatos) ou balancins, aos quais são necessariamente acoplados a equipamentos de movimentação vertical e horizontal.

Tais equipamentos, com acionamento elétrico-hidráulico ou mecânico, devem obrigatoriamente ter comandos que permitam movimentos precisos, contínuos e sem trancos.

10.1.2. Recomenda-se sempre a observação das capacidades máximas de carga dos equipamentos, para se evitar acidentes.

10.1.3. O equipamento mais simples para o manuseio dos postes (estruturas) é o cabo de aço. Sua vantagem é ser barato, recomendando-se a utilização do cabo encapado (cabo dentro de mangueira de borracha).

10.1.4. Os gatos ou garras pantográficas são os equipamentos mais indicados para a movimentação dos postes (estruturas). São práticos e seguros no transporte interno, empilhamento carga e descarga de carretas, ou seja, sempre que se trabalha com os postes (estrutura) na posição horizontal, podendo em condições especiais transportar mais de um poste por vez. Fáceis de manusear, não torcem, nem soltam farpas de aço, proporcionando um apoio melhor para os postes (estruturas).

10.1.5. Balancins são equipamentos muito utilizados para a movimentação e manuseio de postes (estruturas) na posição horizontal, tendo como grande vantagem proporcionar a suspensão dos postes (estruturas) por dois pontos afastados, reduzindo a concentração de esforços e, conseqüentemente, o fissuramento; são utilizados especialmente em postes (estruturas) de cargas nominais baixas e/ou com comprimento elevado. Nas suas extremidades, podem-se usar cabos de aço ou gatos.

10.2 PROCEDIMENTOS BÁSICOS PARA MOVIMENTAÇÃO

10.2.1. Içar o poste (estrutura) lentamente e de forma contínua, evitando-se arranque abrupto do equipamento. Deve sempre ser evitado o impacto das peças junto ao chão, entre elas ou contra o equipamento. Este procedimento deve ser observado também na descida do poste quando da estocagem.

10.2.2. A descarga do poste pode ser realizada mesmo sem a disponibilidade das garras pantográficas para içamento.

Nestes casos, podem-se utilizar cabos de aço, cuidando-se, no entanto, para que a estrutura não sofra escoriações. Para isso, recomenda-se utilizar uma proteção de borracha ou outro material (madeira).

10.2.3. Pode ocorrer em determinadas estruturas de pesos elevados uma concentração de cargas nos pontos de içamento; nestes casos, deve-se prolongar ou melhorar a área de apoio, devendo-se utilizar madeira ou pedaços de borracha distribuídos entre os cabos e a estrutura.

10.2.4. Para estruturas assimétricas, recomenda-se o manuseio sempre no sentido da seção de maior inércia.

10.3 RECOMENDAÇÕES DE TRANSPORTE

10.3.1. Não é aconselhável o empilhamento sobre a carroceria de postes com mais de 18 metros de comprimento.

10.3.2. Medidas de segurança no transporte e recomendações a serem observadas:

- Verificar se todas as peças a serem carregadas estão de acordo com as especificações de compra, ou de acordo com os projetos fornecidos pela área técnica. Isto deve ser verificado, tanto para o número de peças, quanto para as suas características físicas e de qualidade.
- Providenciar para que as peças sejam distribuídas de tal forma que não sofram avarias no transporte e, se necessário, amarrá-las, fazendo-se isso de modo que as cordas ou cabos de aço não cortem ou quebrem as peças.
- Os motoristas devem, no percurso do transporte, evitar que a carga sofra movimentação sobre a carroceria. Para tanto, além da boa formação da carga, deve-se evitar aceleração e frenagens abruptas, velocidades altas sobre quebra molas, buracos e curvas, ou outras práticas de direção pouco recomendáveis.
- Providenciar a carga e/ou descarga de forma que as peças não se danifiquem. Isto acontece quando o operário permite o arraste de peças sobre outras ou permite o impacto entre elas. A carga deve ser dividida de forma a não desequilibrar o veículo. Para as viagens longas ou em estradas mal conservadas, laçar as bases das estruturas de modo a “enforçar” ou confinar toda a carga. Como medidas adicionais de segurança, podem-se utilizar cunhas suplementares e grampos. Recomenda-se, ainda, o reaperto dos cabos a cada 50 km.

10.3.3. Devido à impossibilidade de transporte rodoviário de estruturas com comprimento acima de 29 metros, essas deverão ser fabricadas em 2, 3 ou mais elementos para execução de emendas no local de sua instalação.

10.4 EXECUÇÃO DAS EMENDAS.

10.4.1. As estruturas que terão emendas por trespasses das barras da armadura serão executadas através de barras de espera com 1,50 a 2,00 metros de comprimento conforme o caso, com concretagem a ser realizada no campo. Na impossibilidade de se fazerem todas as emendas das barras da armadura por trespasses, poderá ser feita emenda por soldagem, utilizando-se luva metálica, levando-se em consideração as normas vigentes.

10.4.2 No local de montagem as seções serão descarregadas, alinhadas e niveladas, intercalando-se as barras de aço de espera a fim de manter-se o mesmo comprimento total da estrutura.

10.4.3. Após intercalar as barras, são aplicados os estribos previstos no projeto e fôrmas metálicas que possibilitarão o preenchimento, através de concretagem, da emenda da estrutura.

10.4.4. As fôrmas das emendas, para as estruturas com seção duplo “T” possuem, abas e alma com espessura maior que a seção típica, para reforço estrutural da mesma. Já para as estruturas com seção retangular vazada a fretagem nesta seção é realizada pela fôrma inteira com dimensões menores que as usuais da estrutura a fim de se obter uma maior espessura e rigidez na mesma.

10.4.5. As características do concreto das emendas são:

- Produção com os mesmos componentes usados na fábrica para adquirir uma coloração próxima às das seções anteriormente fabricadas;
- Resistência (fck) igual ou superior às das peças a serem emendadas, com valor mínimo de 30 MPa , que deverá ser alcançado mais rapidamente para possibilitar um manuseio (içamento) o mais rápido possível (7 dias ou menos).

10.4.6. É necessário que no local das descargas (emendas/locação das estruturas), sejam previstos espaços para acesso de máquinas e equipamentos e que esses possam permanecer até 7 dias sem prejudicar o tráfego ou acesso de veículos ou pessoas.

10.5 IÇAMENTO (MONTAGEM)

10.5.1. Na implantação do poste (estrutura) de seção circular,- é quase sempre utilizado o cabo de aço que, circundando-o com uma volta e meia, segura a mesma de maneira firme, evitando que escorregue.

10.5.2. O ponto de colocação do cabo deve ser acima do ponto do centro de gravidade. Este procedimento permite um desequilíbrio que fará com que o içamento vertical não crie tensões ou esforços além daqueles para os quais a estrutura foi dimensionada. Nunca se deve posicionar o cabo próximo ao topo, pois tal procedimento poderá danificar a estrutura.

10.5.3. Manter a base da estrutura apoiada no solo até formar um ângulo superior a 45°, somente após a base deverá sair do terreno.

10.5.4. As considerações feitas anteriormente são válidas para todas as estruturas. Em estruturas especiais, recomenda-se seguir as instruções de projeto.

10.5.5. A utilização de equipamentos bem dimensionados é fundamental, devendo-se proteger abas e cantos vivos com cantoneiras ou madeiras para garantir a integridade dos produtos.

10.5.6. As estruturas com seção tipo Duplo “T” deverão ser içadas com uma viga “I” metálica com 2,0 ou mais metros acoplada ao poste em furos, de forma a proporcionar o içamento por 2 pontos afastados, reduzindo a concentração de esforços (momento fletor), aliviando também a abertura de fissuras, já que as estruturas possuem cargas nominais relativamente baixas em relação ao seu peso e altura; nas estruturas longas e/ou com cargas nominais reduzidas, serão introduzidos estais nas regiões próximas ao topo do poste que serão conectados ao guindaste, estais estes que aliviarão as deformações excessivas que porventura iriam ocorrer quando do início do levantamento das estruturas.

- As estruturas em seção retangular vazada serão içadas por um único ponto, acima do centro de gravidade para possibilitar sua implantação através do desequilíbrio vertical de içamento, já que para estas estruturas, suas cargas nominais são bem superiores aos esforços provenientes de manuseio e içamento das mesmas.

10.5.7. As estruturas poderão ser içadas já com os anéis chumbados nas estruturas para facilitar a montagem das mesmas.

10.5.8. Para içamento das estruturas será necessária a utilização de um guindaste com capacidade de, no mínimo, três vezes o peso das mesmas (coeficiente de segurança dos cabos) e comprimento de lança de, no mínimo, 80% do comprimento da mesma, no ponto de pega. Deve-se prever ainda possíveis acréscimos de carga (até 50%) provenientes de esforços dinâmicos durante o manuseio.

10.5.9. Deverá ser posicionado o guindaste ao lado da caixa de fundação, de tal forma que, quando elevar a estrutura, esta fique já em posição de ser encaixada verticalmente na fundação, evitando ao máximo a movimentação e inclinação da lança, de modo a não criar esforços outros além do peso próprio da estrutura.

10.5.10. O guindaste para içamento da estrutura deverá estar adequadamente patolado para evitar possíveis recalques quando do levantamento;

10.5.11. Os dispositivos de levantamento, para manuseio e montagem, em contato com a superfície do elemento ou ancorados no concreto devem ser projetados para uma solicitação de cálculo, no mínimo, igual a três vezes a solicitação obtida para o peso próprio da estrutura (NBR –9062).

10.6 ALINHAMENTO E PRUMO

10.6.1. Para garantir o alinhamento da estrutura com as demais e a sua verticalidade, deverá ser utilizado o guindaste. A verticalidade deve ser verificada com auxílio de teodolito ou do fio de prumo, compensando o crescimento do poste (variação da seção do poste) em duas visadas a noventa graus.

10.6.2. O alinhamento entre as estruturas é garantido pela locação dos postes, de acordo com o projeto e com auxílio de aparelhos topográficos.