ANEXO XV

Procedimentos, critérios e padrões para elaboração de Projetos Estruturais em contratações da Polícia Federal

Sumário

1. RESUMO 4
2. OBJETIVO 4
3. DEFINIÇÕES 4
3.1. Estrutura de Edificação 4
3.2. Ações 4
3.3. Carregamentos 5
3.4. Materiais 5
3.5. Estados Limites 6
4. ETAPAS DE PROJETO 7
4.1. Estudo Preliminar 7
4.2. Projeto Básico 7
4.3. Projeto Executivo 8
5. ELABORAÇÃO DE PROJETO 8
5.1. Normas Gerais Aplicáveis 8
5.2. Investigações Geológicas e Geotécnicas 8
5.3. Serviços Correlatos 9
5.4. Estudo Preliminar 10
5.5. Projeto Básico 10
5.6. Projeto Executivo 10
5.7. Critérios de Cálculo 10
5.7.1. Fundações e Infra-estrutura 11
5.7.2. Estrutura 12
5.7.3. Detalhes Especiais 16
5.7.4. Materiais de Construção 16
5.7.5. Relação entre Altura e Vão da Estrutura 16
5.7.6. Deflexão e Contra-Flecha 17
6. FORMA DE APRESENTAÇÃO 18
6.1. Estudo Preliminar 19
6.1.1. Desenhos 19
6.1.2. Memorial Descritivo 19
6.2. Projeto Básico 19
6.2.1. Relatório de Estudo Geotécnico de Fundações 19
6.2.2. Memorial de Cálculo 19

6.2.2.1. Fundações 19
6.2.2.2. Infra-estrutura 20
6.2.2.3. Estrutura 20
6.2.3. Desenhos 20
6.2.4. Detalhes complementares 20
6.3. Projeto Executivo 21
6.3.1. Relatório de Estudo Geotécnico de Fundações 21
6.3.2. Memória de Cálculo 21
6.3.3. Desenho 22
6.3.4. Detalhes Complementares 24
6.3.5. Planilhas de Quantidade e Orçamento 24
6.3.6. Projetos com Materiais Diferentes 25
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 26

1. RESUMO

Esta Instrução de Projeto apresenta os procedimentos, critérios e padrões a serem adotados como os mínimos recomendáveis para a elaboração de projeto de estrutura de edificação para a Polícia Federal.

2. OBJETIVO

Padronizar os procedimentos a serem adotados para elaboração de projeto de estrutura de edificação no âmbito da PF, tais como: edifício administrativo, muros de fechamento, posto policial etc.

Os materiais constituintes abordados nesta instrução de projeto são do tipo: concreto, aço, bloco estrutural e madeira.

3. DEFINIÇÕES

Para efeitos desta instrução de projeto, são adotadas as seguintes definições:

3.1. Estrutura de Edificação

Estrutura construída destinada a abrigar e proteger pessoas, animais, equipamentos e materiais. São adotados os seguintes termos para classificação das etapas estruturais:

- fundação: direta como sapata corrida ou sapata isolada, radier e tubulão; profunda como broca, estaca tipo Strauss, estaca pré-fabricada, estaca hélice contínua, estaca tipo raiz, estaca metálica etc.;
- infra-estrutura: viga baldrame e bloco;
- estrutura: toda a estrutura acima do solo, como pilar, viga, laje, escada e caixa d'água.

3.2. Ações

- ações: causas que provocam esforços ou deformações nas estruturas;
- ações permanentes: ações que ocorrem em magnitude constante ou com pequena variabilidade, durante toda a vida da construção;
- ações variáveis: ações que ocorrem com magnitudes diferentes e apresentam variabilidade significativa em torno de sua média, durante a vida da construção;
- ações excepcionais: ações excepcionais são as que têm duração extremamente curta e muito baixa probabilidade de ocorrência durante a vida da construção, mas que devem ser consideradas

em determinado projetos estruturais;

- reação: resposta ou resistência a uma ação.

3.3. Carregamentos

- carregamento: força que atua na estrutura ou em um elemento estrutural;
- carregamento permanente: carregamento de magnitude e posição constantes que atua de forma permanente, incluindo o peso próprio;
- peso próprio: parte do carregamento permanente gerado pela massa do elemento estrutural considerado;

carga acidental: sistema de cargas representativas dos valores característicos dos carregamentos indicados na NBR 6120 a que a estrutura está sujeita em serviço;

- carregamento dinâmico: parte do carregamento variável resultado de movimento;
- carregamento de impacto: carregamento variável cujo efeito é acrescido devido a sua aplicação imediata;
- carregamento de vento: carregamento devido ao vento.

3.4. Materiais

- bloco estrutural: bloco de concreto, bloco cerâmico, bloco sílico-calcário, bloco de concreto celular autoclavado, tijolo de barro etc. O bloco estrutural pode ser vazado, perfurado ou maciço;
- armadura ativa: constituída por barras, fios isolados ou cordoalhas, destinada à produção de forças de protensão, isto é, na qual se aplica um pré-alongamento inicial;
- armadura passiva: qualquer armadura que não seja usada para produzir forças de protensão, isto é, que não seja previamente alongada;
- concreto estrutural: termo a que se refere ao espectro completo das aplicações do concreto como material estrutural;
- elementos de concreto simples estrutural: elementos estruturais elaborados com concreto que não possui qualquer tipo de armadura, ou que a possui em quantidade inferior ao mínimo exigido para o concreto armado;
- elementos de concreto armado: elementos estruturais cujo comportamento estrutural depende da aderência entre concreto e armadura, e aos quais não se aplicam alongamentos iniciais das armaduras antes da materialização dessa aderência;

- elementos de concreto protendido: elementos estruturais que possuem pelo menos uma parte da armadura com tensões previamente aplicadas, denominada armadura de protensão ou armadura ativa;
- elementos de aço: elementos estruturais que apresentam como estrutura principal perfis metálicos: pilares, vigas, chapas de piso etc. Esses compõem o esqueleto da obra e podem ser associados ao concreto, como as vigas mistas onde a laje pode trabalhar ou não em conjunto com os perfis metálicos;
- elementos de madeira: aqueles que apresentam como estrutura principal perfis de madeira: pilares, vigas, chapas compensadas ou maciças etc., que compõem o esqueleto da obra e que podem ser associados a outros materiais.

3.5. Estados Limites

- estado limite último – ELU: estado limite relacionado ao colapso ou a qualquer outra forma de ruína estrutural que determine a paralisação do uso da estrutura;
- estado limite de formação de fissuras – ELS-F: estado em que se inicia a formação de fissuras. Admite-se que esse estado limite é atingido quando a tensão de tração máxima na seção transversal for igual a $f_{ct,f}$. Ver itens 13.4.2 e 17.3.3 da NBR 6118;
- estado limite de abertura das fissuras – ELS-W: estado em que as fissuras se apresentam com aberturas iguais às máximas especificadas no item 13.4.2 da NBR 6118. Ver item 17.3.3 da NBR 6118;
- estado limite de deformações excessivas – ELS-DEF: estado em que as deformações atingem os limites estabelecidos para a utilização normal, dados no item 13.3 da NBR 6118. Ver item 17.3.2 da NBR 6118;
- estado limite de descompressão – ELS-D: estado no qual um ou mais pontos da seção transversal apresenta tensão normal nula, não havendo tração no restante da seção. Verificação usual no caso do concreto protendido. Ver item 13.4.2 da NBR 6118;
- estado limite de descompressão parcial – ELS-DP: estado no qual se garante a compressão na seção transversal, especificamente na região onde existem armaduras ativas. Essa região deve estender-se até uma distância ap da face mais próxima da cordoalha ou da bainha de protensão. Ver Figura 1 a seguir e Tabela 13.3 da NBR 6118;

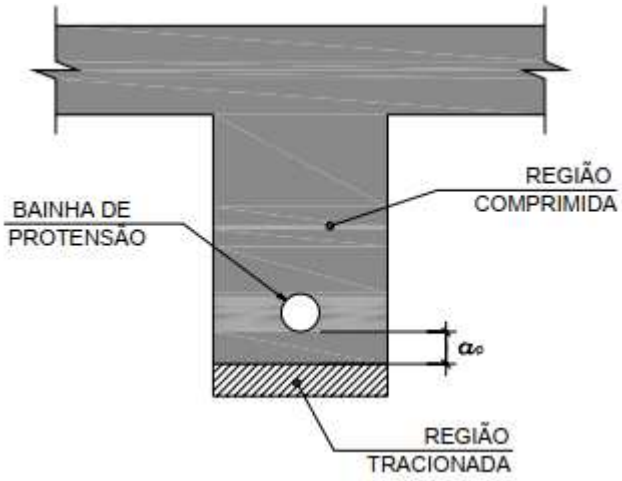


***Figura 1**: Seção Transversal*

- estado limite de compressão excessiva – ELS-CE: estado em que as tensões de compressão atingem o limite convencional estabelecido. Usual no caso do concreto protendido na ocasião da aplicação da protensão. Ver item 17.2.4.3.2.a da NBR 6118;
- estado limite de vibrações excessivas – ELS-VE: estado em que as vibrações atingem os limites estabelecidos para a utilização normal da construção.

4. ETAPAS DE PROJETO

O projeto de estrutura de edificação deve ser elaborado em três etapas descritas a seguir.

4.1. Estudo Preliminar

Na etapa de estudo preliminar devem ser efetuadas coletas de dados básicos existentes visando a elaboração do estudo, a partir de elementos, tais como: levantamento planialtimétrico, sondagens em áreas próximas, projeto preliminar de arquitetura etc. A partir destes elementos, deve-se propor solução estrutural, para levantamento de custos. Os quantitativos devem ser obtidos por metro quadrado de construção.

4.2. Projeto Básico

Nesta etapa do projeto deve ser analisado o sistema estrutural definido no estudo preliminar, bem como proposta alternativa baseada em novos dados disponíveis, tais como: levantamento planialtimétrico, sondagens, projeto básico de arquitetura e projeto básico de instalações.

Assim, deve ser projetada estrutura esteticamente compatível com o projeto de arquitetura.

O projeto básico de estrutura de edificação deve ser constituído pela escolha da solução que

melhor atenda aos critérios técnicos e econômicos, e aos requisitos do usuário.

Deve ser realizado o pré-dimensionamento da alternativa proposta, definindo as seções e elementos de relevância da estrutura, contendo também as verificações de resistência e o quantitativo de materiais da obra e consequentemente seu orçamento.

Nesta etapa a quantificação deve ser realizada através da elaboração dos desenhos de forma de concreto ou de alvenaria estrutural ou dos desenhos básicos unifilares de aço ou madeira.

4.3. Projeto Executivo

Nesta etapa as atividades envolvidas incluem o detalhamento da solução apresentada no projeto básico considerando os novos dados disponíveis de topografia, de geotecnia, projetos de arquitetura e instalações.

O projeto executivo é constituído pelos desenhos contendo a implantação da obra, desenhos de formas, plantas e cortes, armações das peças estruturais de concreto ou alvenaria estrutural ou os desenhos executivos unifilares de aço ou madeira. Também deve ser apresentado o memorial de cálculo justificativo das fundações e estruturas, cronograma para implantação da obra, planilhas de quantitativos e orçamento para execução da obra.

5. ELABORAÇÃO DE PROJETO

O projeto de estrutura de edificação deve ser elaborado segundo os critérios apresentados a seguir.

5.1. Normas Gerais Aplicáveis

A elaboração do estudo preliminar e dos projetos básico e executivo de estrutura de edificação devem ser desenvolvidos de acordo com as normas brasileiras em vigor, citadas no item **Erro! Fonte de referência não encontrada.** –REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Caso alguma norma necessária ao desenvolvimento do projeto não conste no referido item, a projetista deve incluí-la nos estudos e projetos.

5.2. Investigações Geológicas e Geotécnicas

As investigações geológico-geotécnicas devem ser realizadas em função das necessidades de detalhamento de cada etapa do projeto, relacionadas às etapas de estudo preliminar, projeto básico e projeto executivo.

Os estudos geológicos e geotécnicos devem ser executados de acordo com a Instrução de Projeto de Estudos Geológicos e com a Instrução de Projeto de Estudos Geotécnicos.

Na etapa de estudo preliminar pode eventualmente ser necessária alguma investigação geológico-geotécnica, como sondagens. Nesta etapa devem ser analisados os documentos disponíveis como sondagens existentes na área de influência da obra, além de vistoria de campo.

Na etapa de projeto básico, devem ser realizadas investigações geológico-geotécnicas através de sondagens do tipo a percussão ou mista, sendo no mínimo, a quantidade prevista pela norma NBR 8036 que está relacionada com a área da edificação.

Na etapa de projeto executivo, as investigações poderão ser complementadas atendendo a necessidade da obra a ser detalhada em função do tipo, do porte e da importância, ou em função da alteração da posição da implantação da obra. Em adição, poderão ser executados ensaios de compressão triaxial com ou sem medição de pressão neutra, com número mínimo de quatro corpos de prova em amostras representativas dos solos de fundação, avaliando o coeficiente de reação horizontal do solo e de seu diagrama de distribuição assim como o coeficiente de reação vertical da base de cada apoio.

As quantidades de sondagens devem ser, no mínimo, de uma para cada 200 m2 de área da projeção em planta do edifício, até 1200 m2 de área. Entre 1200 m2 e 2400 m2 deve-se fazer uma sondagem para cada 400 m2 que excederem a 1200 m2. Acima de 2400 m2 o número de sondagens deve ser fixado de acordo com o plano particular da construção. Em quaisquer circunstâncias o número mínimo de sondagens deve ser de três para área da projeção em planta do edifício até 200 m2.

Nos casos em que não houver ainda disposição em planta do edifício, como no estudo preliminar, o número de sondagens deve ser fixado de forma que a distância máxima entre elas seja de 100 m, com um mínimo de três sondagens.

O critério de paralisação da sondagem a percussão deve ser quando a resistência à penetração atingir cinco valores consecutivos de SPT – Standart Penetration Test superiores a 45 golpes, ou 10 valores consecutivos de SPT superiores a 30 golpes. Caso seja encontrado material impenetrável deve ser realizada sondagem rotativa com embutimento mínimo de pelo menos 3 m em camada de rocha sã.

A execução das investigações geológicas-geotécnicas, somente será liberada a sua execução após a aprovação da fiscalização do plano e da programação dos serviços, tais como: quantidade, locação de sondagens etc.

5.3. Serviços Correlatos

Para a elaboração do projeto de estruturas de edificação é necessário o inter-relacionamento com

os projetos de arquitetura e sistemas de instalações: elétrica, hidráulica, arcondicionado, lógica, comunicação etc.

5.4. Estudo Preliminar

O estudo preliminar é constituído dos estudos necessários à determinação do sistema construtivo da obra e sua suficiência quanto às características arquitetônicas, locais e de funcionalidade.

No esquema geral da solução proposta, devem constar as dimensões principais, indicando a locação sobre os dados disponíveis na etapa de Estudo Preliminar e o tipo provável de fundação e respectiva profundidade estimada.

Deve ser desenvolvido estudo contemplando os aspectos técnicos e econômicos, de modo a propor solução de menor custo e adequada para a edificação.

5.5. Projeto Básico

O projeto básico deve ser desenvolvido utilizando-se a solução adotada no Estudo Preliminar, bem como nova alternativa baseada em novos dados mais precisos, tais como: topografia, sondagens, projeto básico de arquitetura e projeto básico de instalações.

O projeto constará de desenho de formas, com os pré-dimensionamentos da estrutura proposta definindo as seções e elementos de relevância da estrutura, contendo as verificações de resistência e o quantitativo de materiais da obra. Desta forma será possível efetuar o orçamento da obra. Nesta etapa a quantificação deve ser realizada através da elaboração dos desenhos de forma.

5.6. Projeto Executivo

Nesta etapa as atividades envolvidas incluem o detalhamento da solução apresentada no projeto básico considerando, os novos dados disponíveis de topografia, de geotecnia, projetos de arquitetura e instalações.

O projeto executivo é constituído pelos desenhos contendo a implantação da obra, desenhos de formas plantas e cortes, armações das peças estruturais de concreto ou alvenaria estrutural ou os desenhos executivos unifilares de aço ou madeira. Também deve ser apresentado o memorial de cálculo justificativo das fundações e estruturas, cronograma para implantação da obra, planilhas de quantitativos e orçamento para execução da obra.

5.7. Critérios de Cálculo

O memorial de cálculo deve ser suficientemente desenvolvido, onde figurem as considerações, verificações, hipóteses e cálculos.

5.7.1. Fundações e Infra-estrutura

Considera-se neste item, para edificações, as fundações e as peças enterradas como blocos sobre estacas, vigas baldrames, sapatas isoladas, sapatas corridas, cortinas etc.

a) ação da carga permanente: estrutura, infra-estrutura, esquema das cargas e reações de apoio;

b) ação da carga acidental: reações de apoio máximas e mínimas;

c) cálculo das combinações das reações verticais: reações máximas e reações mínimas;

d) forças horizontais longitudinais: vento, temperatura, retração, empuxo de terra e protensão;

e) fundação sobre estacas:

   a. avaliar as cargas atuantes em cada estaca do conjunto sob o efeito das cargas normais máximas e mínimas e momentos concomitantes;

   b. não deve-se considerar estacas como bi-articuladas;

   c. considerar a influência do solo no cálculo dos esforços;

   d. o esforço horizontal máximo na cabeça da estaca vertical deve ser limitado a 5% de sua capacidade máxima de compressão. Caso esses valores sejam excedidos, deve-se utilizar estacas inclinadas para aumento da capacidade de absorção desses esforços;

   e. deve-se efetuar o cálculo dos comprimentos das estacas através de processos consagrados como Aoki-Veloso ou Decourt-Quaresma, sendo o comprimento mínimo igual a 7 m;

   f. efetuar o dimensionamento dos blocos nas direções longitudinal e transversal;

   g. analisar efeito de punção para a estaca mais solicitada e para o pilar, verificando as tensões de compressão nas bielas;

   h. para o dimensionamento estrutural da estaca deve-se verificar o item 7.8 da NBR 6122, considerando as cargas admissíveis descritas;

   i. considerar a excentricidade de aplicação de cargas conforme NBR 6118;

   j. para estacas metálicas, além das recomendações descritas anteriormente, prever encamisamento do perfil com concreto no mínimo até 1,5 m abaixo da cota inferior do bloco e 1 m abaixo do nível d'água mínimo;

   k. no dimensionamento do perfil, considerar apenas a área útil de aço, descontandose a área

de sacrifício para corrosão. Deve adotar perfis usuais no mercado, visando maior facilidade de obtenção.

f) fundação sobre tubulões:
    a. dimensionar a compressão;
    b. considerar seção plena no dimensionamento a flexo-compressão;
    c. considerar no dimensionamento base alargada, verificando as tensões no solo;
    d. dimensionar o bloco de transição, no caso de mais de um tubulão por apoio.

g) fundação direta:
    a. verificar as tensões no solo;
    b. a tensão de borda poderá ser até 30% maior que a tensão média, sendo esta obrigatoriamente menor que a tensão máxima admissível;
    c. considerar o dimensionamento das sapatas no sentido longitudinal e transversal e o efeito de punção.

h) considerar dimensionamento da cortina, por exemplo em construção de subsolos;

i) considerar dimensionamento das vigas baldrames, sapatas etc.;

j) os elementos estruturais pertencentes a esta categoria devem possuir fck ≥ 25 MPa.

5.7.2. Estrutura

Como critério geral de agressividade ambiental deve ser adotado classe tipo II, moderada, ou outro mais adequado, levando ao emprego de elementos estruturais de concreto armado com fck ≥ 25 MPa e a elementos estruturais de concreto protendido com fck ≥ 30 MPa, com fator água e cimento, em massa, não inferiores a 0,60 e 0,55 respectivamente. Para o caso de obras executadas em zonas com maior agressividade, devem ser modificadas as considerações anteriores para atender a NBR 6118. Os aços estruturais devem atender prescrições contidas na NBR 8800.

As madeiras utilizadas devem atender prescrições contidas na NBR 7190(6) e sofrer os ensaios descritos na MB-26(18). As alvenarias estruturais que são compostas por blocos industrializados e argamassa de assentamento, podendo ainda conter armadura envolta em concreto ou argamassa no plano horizontal e vertical, devem apresentar blocos estruturais de concreto, cerâmico ou sílico-calcário com resistência mínima de fbk ≥ 4 MPa.

a) dimensionamento dos pilares isolados ou em pórtico de concreto ou aço ou madeira ou paredes de alvenaria estrutural:

a. obra carregada com a reação máxima e esforços horizontais concomitantes;

b. obra carregada com a reação mínima e esforços horizontais e verificação da flambagem;

c. obra descarregada e verificação a força normal e esforços horizontais;

d. o dimensionamento dos pilares de concreto, que devem possuir índice de esbeltez necessariamente menor que 90, deve levar em conta a não linearidade física e os efeitos de segunda ordem de acordo com o item 15.3 da NBR 6118; em casos excepcionais, a critério da fiscalização, pode-se admitir pilares com índice de esbeltez maior que 90, porém, sempre inferior a 140;

e. o dimensionamento de pilares metálicos devem ser observadas as prescrições contidas na NBR 8800(5);

f. o dimensionamento de pilares de madeira devem ser previstos ensaios da madeira utilizada de acordo com MB-26 para verificação das tensões admissíveis de compressão paralelas e perpendiculares às fibras.

b) concreto armado:

a. cálculo dos esforços e dimensionamento de todas as vigas constando o cálculo dos valores de momentos fletores e forças cortantes, apresentados sob a forma de quadros-resumo, cálculo à flexão e cisalhamento, isto é, verificação das tensões de cisalhamento e determinação da armadura necessária, verificação da fissuração e verificação do efeito da torção de acordo com os itens 7.6, 9.4, 23, 18.3.4 da NBR 6118 respectivamente. Para combater as fissuras provenientes da retração do concreto e outras ações secundárias, as vigas principais devem ser providas de “armadura de pele” calculada de acordo com os itens 17.3.5.2.3 e 18.3.5 da NBR 6118. As almas das vigas devem possuir espessuras mínimas de 15 cm;

b. cálculo dos esforços e dimensionamento de todas as lajes, dimensionamento a flexão e verificação do cisalhamento. A espessura mínima da laje deve ser de 8 cm.

c) concreto protendido:

a. cálculo dos esforços e dimensionamento de todas as vigas constando o cálculo dos valores de momentos fletores e forças cortantes, apresentados sob a forma de quadros-resumo, cálculo à flexão e cisalhamento, isto é, verificação das tensões de cisalhamento e determinação da armadura necessária, verificação da fissuração e verificação do efeito da torção de acordo com os itens 7.6, 9.4, 23, 18.3.4 da NBR 6118 respectivamente. Para combater as fissuras provenientes da retração do concreto e outras ações secundárias, as vigas principais devem ser providas de “armadura de pele” calculada de acordo com os itens 17.3.5.2.3 e 18.3.5 da NBR 6118;

b. efeito de protensão de um cabo para as diferentes etapas de protensão;

c. considerações gerais sobre as tensões admissíveis limites;

d. determinação do número de cabos, ou seja, determinação do desenvolvimento dos cabos, traçado dos diagramas de cobertura, perdas de protensão imediatas, perdas de protensão diferidas, verificação das tensões normais para os vários casos de carga, cálculo da armadura suplementar, verificação da fissuração e verificação à ruptura;

e. cálculo do cisalhamento, isto é, componentes verticais de protensão, traçado dos diagramas de cobertura, determinação das tensões de cisalhamento e cálculo da armadura de cisalhamento;

f. cálculo das fretagens e cintamentos;

g. seqüência de protensão;

h. cálculo dos alongamentos dos cabos;

i. no caso de viga contínua, cálculo do efeito dos hiperestáticos de protensão;

j. cálculo dos esforços e dimensionamento de todas as lajes, dimensionamento a flexão e verificação do cisalhamento. A espessura mínima da laje deve ser de 20 cm;

k. os elementos em concreto armado devem obedecer às indicações do item correspondente.

d) concreto pré-moldado:

a. aplicação, no que couber, das prescrições dos subitens “b” e “c” do item 5.7.2 da presente instrução de projeto;

b. localização e dimensionamento de grampos para transporte e posicionamento das vigas;

c. indicação do processo de lançamento das peças estruturais: pilares, vigas, lajes, escadas etc.

e) concreto pré-fabricado:

a. aplicação, no que couber, das prescrições dos subitens “b” e “c” do item 5.7.2 da presente instrução de projeto;

b. apresentação de cálculos de dimensionamento e verificação de capacidade de carga e estabilidade, no que couber, conforme prescrições dos itens anteriores;

c. apresentação de indicações e detalhes de lançamento e construção, no que couber,

d. conforme prescrições dos itens anteriores.

f) vigas metálicas e mistas:

a. aplicação, no que couber, das prescrições dos subitens “b” e “c” do item 5.7.2 da presente

instrução de projeto;

b. adoção de coeficientes de majoração das ações para análise no ELU de 1,35 para cargas permanentes e 1,5 para cargas acidentais;

c. verificação no estado limite último dos seguintes elementos estruturais: vigas compostas, vigas metálicas durante a construção, sistemas de contraventamento, enrijecedores das almas das vigas, emendas constituídas por solda ou por parafusos, conectores submetidos ao cisalhamento longitudinal e laje;

d. verificação do estado limite de utilização dos seguintes elementos estruturais: vigas principais, emendas constituídas por solda ou parafusos, conectores submetidos ao cisalhamento longitudinal e lajes.

e. Como critério geral para o cálculo e o dimensionamento de estruturas compostas por vigas metálicas e mistas, devem ser apresentados:

f. projeto detalhado;

g. verificação dos máximos esforços solicitantes através de análise global;

h. adoção de modelos computacionais para maior análise das rigidezes dos elementos estruturais e conseqüente determinação dos esforços solicitantes;

i. determinação dos parâmetros para a análise global;

j. análise e determinação dos carregamentos adotados, incluindo: máximo momento, máxima força cortante no apoio, máximas e mínimas reações nos aparelhos de apoio e momentos transversais nas lajes;

k. onde houver variação de seção ao longo dos vãos, determinar os momentos e cortantes máximos;

l. projeto das vigas principais;

m. verificações das tensões extremas das vigas;

n. verificação das vigas metálicas sem a consideração das lajes, verificando a existência de adequada capacidade de suporte para o caso do concreto não endurecido;

o. verificação do cisalhamento nas almas e da necessidade de reforços;

p. cálculo e detalhamento dos conectores para transferência de cisalhamento entre vigas metálicas e lajes de concreto;

q. verificação da necessidade e cálculo dos contraventamentos permanentes e temporários;

r. verificação de enrijecedores de alma das vigas.

g) alvenaria estrutural: cálculo dos esforços e dimensionamento de todas as paredes estruturais e de contraventamento constando o cálculo dos valores de forças normais, momentos fletores e forças cortantes, apresentados sob a forma de quadros-resumo; cálculo a flexo-compressão, flexão e cisalhamento, isto é, verificação das tensões de cisalhamento e determinação das armaduras necessárias;

h) madeira:

   a. os perfis devem sofrer ensaios da madeira utilizada de acordo com NBR 7190 da ABNT para verificação do peso específico, módulo de elasticidade e das tensões admissíveis de flexão, tração e cisalhamento;

   b. cálculo dos esforços e dimensionamento de todas as vigas constando o cálculo dos valores de forças normais, momentos fletores e forças cortantes, apresentados sob a forma de quadros-resumo e verificação das tensões normais admissíveis de compressão e tração, de flexão e de cisalhamento.

O memorial de cálculo justificativo, referente as edificações com tipos estruturais especiais, como arcos, pórticos etc., deve conter os elementos que demonstrem claramente o dimensionamento de todas as peças estruturais de que são constituídas, inclusive as verificações necessárias, nas hipóteses de carregamento mais desfavoráveis.

Deve ser dada especial atenção para os efeitos da fluência na distribuição dos efeitos da retração, na distribuição das perdas de protensão e nas forças seccionais.

5.7.3. Detalhes Especiais

Detalhes especiais não previstos nas normas e que possam tornar-se necessários poderão obedecer a outras normas existentes, desde que autorizados pela fiscalização.

No caso de aplicação de normas estrangeiras, o memorial deve ser acompanhado da citação e tradução da disposição aplicada.

5.7.4. Materiais de Construção

Os materiais de construção previstos no projeto devem obedecer às disposições das Normas Brasileiras.

5.7.5. Relação entre Altura e Vão da Estrutura

Em razão das dificuldades de se estabelecer com precisão relações gerais para altura e vão, em

cada caso deve ser analisados os seguintes fatores:

- a natureza e a magnitude das cargas;
- as características de amortecimento das vibrações da seção adotada;
- a forma e as variações da seção;
- o módulo de elasticidade do concreto ou do aço;
- o comprimento do vão;
- o grau de continuidade;
- as diferenças de temperatura;
- o coeficiente de confiança que se pode atribuir aos controles de produção e construção.

Se consideradas como critério determinante à deflexão, as possíveis contra-flechas e a vibração para uma determinada estrutura, não há necessidade de estabelecer-se qualquer outra relação.

Entretanto, as relações que se seguem, aplicáveis às estruturas simplesmente apoiadas, com vigas de momento de inércia constante, poderão ser usadas como diretrizes orientadoras na construção da estrutura.

Para outros casos, na determinação da relação altura de estrutura e vão, devem ser considerados outros fatores, tais como: os efeitos da viga contínua, a variação da inércia, curvatura e o número de vigas utilizadas. Caberá à projetista, no entanto, determinar a altura real de cada uma delas.

- concreto protendido: vigas em concreto protendido nas edificações devem ter uma relação de 1:17 nos pisos e 1:20 nas vigas nas coberturas;
- concreto armado: relação deve ser da ordem de 1:10 do vão para vigas isostáticas e de 1:12 nas vigas contínuas;
- estruturas de aço: para as vigas de aço sem solidarização com a laje, a relação deve ser igual ou maior que 1:20. Nos casos de estruturas mistas de vigas de aço e laje de concreto trabalhando solidariamente, a relação ideal é igual ou maior que 1:22. No caso de treliças, a relação mínima deve ser de 1:20;
- estruturas de madeira: para as vigas e treliças de madeira a relação altura e vão da estrutura deve ser analisada pelo projetista em função dos tipos de madeira adotada.

5.7.6. Deflexão e Contra-Flecha

Contra-flecha é definida como sendo a curvatura na direção contrária à gravidade com a qual se constrói a estrutura para contrapor a deflexão produzida pelas cargas permanentes.

Nas vigas de aço, a contra-flecha poderá ser acrescida ao elemento na ocasião da fabricação.

Nas vigas protendidas, a contra-flecha é produzida pela força de protensão. Para o caso de vigas protendidas pré-fabricadas ou pré-moldadas, recomenda-se um limite de L/250 para a contra-flecha inicial, definindo-se L como o vão da viga.

A deflexão ou contra-flecha residual é a soma das deformações devidas à protensão e às cargas permanentes e móveis. A deflexão ou contra-flecha residual continuará sofrendo alterações devido à deformação lenta, perda de protensão e variação do módulo de elasticidade do concreto.

Se for necessária uma contra-flecha inicial, pode-se obtê-la com curvatura nas formas. Em geral, é recomendável uma pequena contra-flecha sob carga móvel, por razões estéticas. Considerando-se que deflexão e contra-flechas calculadas são aproximadas, dever-se-á dispensar atenção especial à aparência arquitetônica dos elementos visíveis da estrutura.

Os valores das flechas em estruturas de concreto não podem ser previstos com um alto grau de precisão, uma vez que há vários fatores não lineares envolvidos nesses cálculos. Entre outros fatores, sabe-se que o concreto não possui uma curva tensão-deformação linear e que as características da curva carregamento-deformação de vigas de concreto armado e protendido, em geral, também não são lineares devido à rápida mudança de rigidez das vigas assim que o concreto começa a fissurar. Desta forma, para o cálculo das deformações imediatas e diferidas no tempo em estruturas de concreto, deve-se considerar a rigidez equivalente, de acordo com o item 17.3.2 da NBR 6118.

6. FORMA DE APRESENTAÇÃO

A apresentação dos documentos técnicos do tipo memorial, relatórios e outros em formato ABNT A4.

Os desenhos técnicos devem ser apresentados e elaborados conforme ABNT. As escalas de desenho devem ser:

- série normal – 1:200, 1:100, 1:75, 1:50, 1:25, 1:20;
- série especial – 1:10, 1:5, 1:2, 1:1.

A série especial destina-se à representação de detalhes. Deve ser dada preferência, na série normal, às escalas 1:200, 1:100, 1:75 e 1:50, considerada a compatibilidade com as dimensões da folha dos desenhos.

A codificação dos documentos técnicos e desenhos devem seguir as instruções contidas no documento Diretrizes Básicas para Projetos em BIM.

6.1. Estudo Preliminar

6.1.1. Desenhos

Devem ser apresentados os desenhos unifilares dos pavimentos tipo, indicando as dimensões das peças estruturais que vierem a condicionar o projeto preliminar de arquitetura.

6.1.2. Memorial Descritivo

Devem constar claramente a justificativas técnicas e econômicas da solução proposta, com no mínimo os seguintes elementos: tipo estrutural proposto, métodos construtivos, materiais previstos e estimativa de custo por metro quadrado de construção.

6.2. Projeto Básico

6.2.1. Relatório de Estudo Geotécnico de Fundações

Deve ser apresentado relatório geotécnico para a definição de parâmetros geotécnicos e das fundações da edificação.

6.2.2. Memorial de Cálculo

Memorial de cálculo deve descrever as características gerais da obra assim como justificar as soluções desenvolvidas nesta etapa do projeto, destacando as seguintes verificações e pré-dimensionamentos efetuados em número reduzido de peças estruturais e apresentados sucintamente, porém suficientes para se avaliar da suficiência do projeto estrutural para cada uma das alternativas.

6.2.2.1. Fundações

a) ação da carga permanente;

b) ação da carga acidental: reações máximas e mínimas;

c) forças horizontais: vento, temperatura, retração, empuxo de terra e protensão;

d) fundação direta: verificação das tensões no terreno junto à base e pré-

e) dimensionamento das sapatas corridas, sapatas isoladas e radier;

f) verificação do estaqueamento: cargas máxima e mínima nas estacas;

g) verificação do tubulão: verificação à flexão composta, pré-dimensionamento, verificação do pilar e

verificação das tensões no terreno junto à base.

6.2.2.2. Infra-estrutura

a) pré-dimensionamento das vigas baldrames;

b) pré-dimensionamento dos blocos sobre estacas.

6.2.2.3. Estrutura

a) concreto armado: pré-dimensionamento dos pilares, das vigas principais, e das lajes nas seções mais solicitadas de cada pavimento diferenciado da obra;

b) concreto protendido: determinação do número de cabos para as seções mais solicitadas das vigas ou lajes e verificação das tensões normais de bordo nas seções mais solicitadas das vigas ou lajes protendidas;

c) aço: pré-dimensionamento de pilares e das vigas principais ou das treliças, sistemas de contraventamentos horizontais e verticais e lajes;

d) alvenaria estrutural: pré-dimensionamento das paredes estruturais com determinação da resistência dos blocos e indicação dos preenchimentos com aço envolto em concreto nos furos verticais e nas canaletas horizontais;

e) madeira: pré-dimensionamento de pilares e das vigas principais ou das treliças.

6.2.3. Desenhos

O projeto básico deve constar de detalhes gerais da obra, apresentando folha de desenho com todas as dimensões perfeitamente indicadas.

Devem ser apresentados os seguintes desenhos:

- implantação e formas de todos os pavimentos, incluindo dimensões principais, locações e níveis;
- formas da alvenaria estrutural demonstrada em planta e elevação típica das paredes;
- desenhos unifilares de estrutura metálica;
- desenhos unifilares de estrutura de madeira.

O projeto básico deve ser harmonizado com os projetos de arquitetura e instalações gerais.

6.2.4. Detalhes complementares

Devem ser elaboradas planilhas de quantidades e orçamentos de serviços e materiais previstos para a execução da obra, devendo ser respeitada, sempre que possível à discriminação e as especificações constantes da Tabela de Preços Unitários – SINAPI. SINAPI a ser utilizada deve ser a última publicada anterior à entrega do documento final à PF.

Os serviços previstos que não se enquadrarem naqueles discriminados na SINAPI devem ser perfeitamente definidos e descritos e, caso necessário, elaborado Especificação de Serviço que deve acompanhar o projeto.

Também deve ser apresentado cronograma estimativo para execução da obra.

6.3. Projeto Executivo

É o conjunto das folhas de desenho, memorial de cálculo, quantitativo e orçamento perfeitamente definido e completo, que tornam possível a perfeita execução da obra.

6.3.1. Relatório de Estudo Geotécnico de Fundações

Caso sejam realizadas sondagens complementares aos realizados no projeto básico, deve ser emitido novo relatório geotécnico para a definição de parâmetros geotécnicos das fundações.

6.3.2. Memória de Cálculo

A memória de cálculo deve ser organizada em infra-estrutura e estrutura.

a) devem, obrigatoriamente, conter todas as indicações necessárias à boa e fácil compreensão e acompanhamento da seqüência e operações de cálculo. Assim, devem possuir a seguinte orientação:

- referir-se, expressamente, às fórmulas ou tabelas aplicadas;
- referir-se as condições e valores numéricos admitidos como, por exemplo, a resistência característica;
- indicar as fontes bibliográficas relativas a qualquer processo de cálculo ou dimensionamento adotado;
- referir-se, explicitamente, a todas as hipóteses admitidas, incluindo as propriedades dos materiais;
- conter a dedução de expressões ou fórmulas empregadas, se originais;
- definir os elementos ou símbolos utilizados;

- indicar a seqüência dos cálculos numéricos na aplicação das fórmulas, sem omitir valores intermediários;
- apresentar croquis elucidativos, quando indispensáveis ou convenientes, para maior clareza do significado dos símbolos ou da entrega de memoriais em rascunhos.

As tentativas de cálculo, posteriormente abandonadas, não devem constar no memorial.

b) os cálculos processados por computadores devem vir acompanhados dos documentos justificativos, a seguir discriminados:

- no caso de programas computacionais usualmente comercializados no mercado nacional: identificação do programa computacional utilizado; descrição sucinta e indicação do modo de aplicação do programa computacional, definindo os módulos utilizados, as hipóteses de cálculo ou simplificações adotadas, dados de entrada, carregamento e resultados obtidos;
- no caso de programas computacionais de uso particular e exclusivo do projetista: identificação e descrição do programa computacional utilizado, com indicação da formulação teórica, hipóteses de cálculo ou simplificações adotadas, dados de entrada, carregamento e resultados obtidos.

c) apresentação de memorial, obrigatoriamente constituído dos seguintes elementos:

- esquema estrutural, com definição das seções transversais, nós, barras, propriedades dos materiais etc.;
- inserção das folhas de resultados do processamento realizado;
- quadros-resumo, com indicação das combinações de esforços adotadas, características dos materiais utilizados, dados de entrada e resultados do processamento realizado, seções, esforços e tensões de dimensionamento, acompanhados dos diagramas de envoltórias pertinentes.

6.3.3. Desenho

A folha de desenho de formas e armações de concreto e alvenaria estrutural, unifilar de metálica e de estrutura de madeira deve conter os seguintes elementos:

a) plantas de formas de todos os níveis de pavimentos da edificação incluindo a dimensão final de todas as peças estruturais: pilares, vigas, lajes etc., cortes necessários ao entendimento completo das plantas de forma e detalhes dos pontos críticos da estrutura;

b) quadro-resumo indicando as resistências características adotadas para o concreto (f_{ck}) e aço (f_{yk}) empregados ou de qualquer outro material utilizado, bem como o comprimento e o tipo de estacas

previstas, taxa no solo de fundação, unidades de medida e trem-tipo adotado;

c) c) desenhos de armações contendo:

- detalhamento, em escala apropriada, de todas as peças do esquema estrutural;
- especificação do tipo de aço;
- tabela e resumo de armação por folha de desenho.

d) as folhas de desenhos de armação que contenham aços especiais devem indicar as características geométricas do dobramento e dos ganchos das barras das diferentes bitolas;

e) os desenhos de armação protendida devem apresentar a elevação dos cabos; tabela e resumo da armadura e cabos e cordoalhas, por bitola, extensão e peso, sem computar qualquer perda de peso ou comprimento;

f) os desenhos de alvenaria estrutural devem contemplar:

- elevação de todas as paredes;
- plantas com apresentação em duas fiadas demonstrando a defasagem dos blocos, ou seja, as juntas travadas.

g) detalhes de escoamento das águas pluviais;

h) detalhes da colocação de postes de iluminação;

i) os desenhos de estrutura de madeira devem contemplar além da designação de todas as peças estruturais de madeira, planta de montagem com todos os detalhes de encaixes e ligações;

j) os desenhos unifilares de estrutura metálica devem apresentar o refinamento do projeto unifilar básico, assim como, demonstrar todos os detalhes críticos de ligações.

No caso da estrutura constituída por aço, os desenhos de fabricação da estrutura metálica devem ser preferencialmente elaborados pela fabricante da estrutura metálica e devem conter:

a) todo o detalhamento necessário que permita uma completa e perfeita fabricação da estrutura, indicando todos os componentes, as dimensões, a disposição e o nervuramento, assim como a quantidade e diâmetro de parafusos;

b) soldas e peças soltas a serem conectadas durante a montagem; as indicações de solda devem estar de acordo com a padronização da American Welding Society – AWS;

c) detalhe das chapas de base com indicação da espessura de todas as chapas, soldas e chumbadores;

d) detalhe das conexões não padronizadas com espessura de todas as chapas, soldas e parafusos;

e) informações necessárias à perfeita e completa montagem das estruturas, tais como plantas,

elevações e cortes, indicando as posições relativas de todas as peças, a partir das linhas de centro da coluna e níveis de pisos;

f) orientações das faces das colunas norte ou leste e também das vigas, soldas de obra etc.

Complementando os subitens “a” a “f”, devem ser preparadas as listas de material contendo número do item, quantidades de peças, designação, marca de montagem e posição, número de desenho onde detalhado, massa da peça e dimensões gerais. Também devem ser elaboradas listas de parafusos contendo: número do item, quantidade de parafusos, descrição e tipo da conexão, tipo e dimensões das arruelas, especificação dos parafusos, diâmetro, comprimento total e aperto dos parafusos.

6.3.4. Detalhes Complementares

O projeto do cimbramento, com todos os seus detalhes executivos e o correspondente memorial de cálculo, deve acompanhar o projeto executivo da obra, quando solicitado pela PF. A critério do fiscalização, deve ser apresentado o esquema do descimbramento.

No caso de utilização de vigas pré-moldadas, deve ser apresentado o processo de transporte, com os detalhes da movimentação horizontal, tanto longitudinal e transversal, e vertical. O dimensionamento da infra-estrutura levará em conta a seqüência de colocação dos elementos pré-moldados e as suas disposições, temporária e definitiva, sobre os pilares.

O plano ou programa de protensão deve acompanhar o memorial de cálculo, com as indicações relativas às operações de protensão das peças, incluindo as pressões previstas, alongamentos teóricos etc., com base nas características do aço utilizado na confecção dos cabos.

O projeto executivo deve vir acompanhado do método construtivo.

6.3.5. Planilhas de Quantidade e Orçamento

Na elaboração das planilhas de quantidades e orçamentos de serviços e materiais previstos para a execução da obra, dever-se-á respeitar, sempre que possível a discriminação e as especificações constantes na Tabela SINAPI e modelos fornecidos pela PF. A SINAPI a ser utilizada deve ser a última publicada anterior à entrega do documento final à PF.

Sempre que houver necessidade de complementação das especificações técnicas de determinado item do SINAPI, esta deve ser feita de modo a melhor comprrensão do material ou equipamento que se pretende utilizar em determinado local.

Os serviços previstos que não se enquadrarem naqueles discriminados na SINAPI ou modelo fornecido pela PF, devem ser perfeitamente definidos e descritos e, caso necessário, elaborado Especificação de Serviço que deve acompanhar o projeto.

Também deve ser indicado o cronograma estimado para a execução da obra.

Deve ser apresentada planilha, com o memorial de quantificação, elaborada de forma de fácil entendimento para posterior verificação das quantidades previstas para a obra. As quantidades devem ser indicadas por tipo de intervenção e atividades de serviços previstos na SINAPI, segmentando por elementos de obra tais como: lajes, vigas, pilares, bloco, estaca, tubulão etc., indicando comprimento, largura, altura, área, volume etc.

Resumidament, o conjunto de documentos a ser entregue, pela contratada, em pasta de trabalho única do excell e em pdfs são os seguintes documentos:

- Planilha orçamentária sintética;
- Planilha orçamentária resumida;
- Planilha orçamentária analítica;
- Cronograma físico-financeiro;
- Curva ABC de Serviços;
- Curva ABC de Insumos;
- Comparativo entre os regimes de desoneração tributária;
- Composição de custos unitários;
- Mapa de cotações de mercado e comprovações;
- Demonstrativo de calculo e justificativas para os BDIs;
- Memória de cálculo das quantidades do orçamento;
- Memória de calculos de eventuais mobilizações e desmobilizações e deslocamento considerados no orçamento, caso aplicável;
- Caderno de Encargos e especificações técnicas, conforme modelo a ser fornecido pela PF.

6.3.6. Projetos com Materiais Diferentes

A utilização no projeto de qualquer tipo de material não especificado pelas normas brasileiras somente será admitida mediante autorização prévia e expressa da fiscalização.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Projeto de Estrutura de Edificação, Departamento de Estradas e Rodagem.
2. NBR 6120. Cargas para o cálculo de estruturas de edificações.
3. NBR 6118. Projeto de estruturas de concreto.
4. NBR 8036. Programação de sondagens de simples reconhecimento do solos para fundações.
5. NBR 6122. Projeto e execução de fundações.
6. NBR 8800. Projeto e execução de estruturas de aço de edifícios (Método dos Estados Limites).
7. NBR 7190. Projeto de estruturas de madeira.
8. NBR 6123. Forças devidas ao vento em edificações.
9. NBR 7480. Barras e fios de aço destinados a armaduras para concreto armado.
10. NBR 7481. Telas de aço soldadas para armadura de concreto.
11. NBR 7482. Fios de aço para concreto protendido.
12. NBR 7483. Cordoalhas de aço para concreto protendido – Procedimento.
13. NBR 8681. Ações e segurança nas estruturas – Procedimento.
14. NBR 10837. Cálculo de alvenaria estrutural de blocos vazados de concreto.
15. NBR 14322. Paredes de alvenaria estrutural – Verificação da resistência a flexão simples ou a flexo-compressão.
16. NBR 8949. Paredes de alvenaria estrutural – ensaio a compressão simples.
17. NBR 14321. Paredes de alvenaria estrutural – Determinação da resistência ao cisalhamento.
18. NBR 8798. Execução e controle de obras em alvenaria estrutural de blocos vazados de concreto.
19. NBR 7190. Projeto de estruturas de madeira.