



Prefeitura Municipal de Belo Horizonte – PMBH

Secretaria Municipal de Obras e Infraestrutura – SMOBI

Superintendência de Desenvolvimento da Capital – SUDECAP

Diretoria de Planejamento e Controle de Empreendimentos – DPLC-SD

Departamento de Informações e Procedimentos Técnicos – DPIT-SD

Gerência de Normas e Padrões Técnicos – GENPA-SD

PROCEDIMENTOS DE PROJETOS SUDECAP

CAPÍTULO 14 FUNDAÇÃO

PUBLICAÇÃO: 09/09/2022

REVISÃO: 21/08/2023

SUMÁRIO

14 FUNDAÇÃO	14-2
14.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS	14-2
14.2 CONDIÇÕES ESPECÍFICAS	14-2
14.3 DOCUMENTAÇÃO TÉCNICA DO PROJETO	14-7
14.4 NORMAS E PRÁTICAS COMPLEMENTARES	14-13
REFERÊNCIAS	14-14

Este documento faz parte dos Procedimentos de Projetos SUDECAP disponíveis no Portal PBH.

São reservados à Prefeitura Municipal de Belo Horizonte todos os direitos autorais. Desde que o documento seja referenciado, é permitida a reprodução do seu conteúdo. A violação dos direitos autorais sujeita os responsáveis às sanções cíveis, administrativas e criminais previstas da legislação.

14 FUNDAÇÃO

14.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

A estrutura de um empreendimento, tanto de edificação quanto de infraestrutura urbana, é o que o sustenta, sendo composto por vários elementos, por exemplo: lajes, vigas, pilares, tirantes, treliças, arcos. O objetivo da estrutura é viabilizar a construção e a estabilidade do empreendimento ao tornar-se o caminho percorrido pelas forças que atuam sobre ele para chegarem ao solo, sendo imprescindível atender aos requisitos de segurança, durabilidade, estética, funcionalidade, etc. determinados nas normas técnicas (REBELLO, 2000). Com base neste conceito, é adotada a seguinte divisão do projeto estrutural nos Procedimentos de Projetos SUDECAP em função dos fluxos de trabalho:

- Projeto de Contenção – Capítulo 13;
- Projeto de Fundação – Capítulo 14;
- Projeto de Superestrutura, subdividido em:
 - Estrutura de Concreto – Capítulo 15;
 - Estrutura de Aço – Capítulo 16;
 - Alvenaria Estrutural – Capítulo 17.

A definição do sistema estrutural a ser executado na obra deve ser feita em conjunto entre a CONTRATADA e a FISCALIZAÇÃO levando-se em consideração aspectos técnicos, logísticos e legais, por exemplo:

- Execução: influência no prazo do empreendimento (moldagem e execução da estrutura *in loco*, montagem de estruturas pré-fabricadas, sistema misto);
- Materiais disponíveis: combinação de diversos materiais (cimento, areia, água, aço, etc.) ou número mínimo de materiais (aço, madeira, etc.);
- Mão de obra: quantidade e qualificação dos operários para a execução da estrutura;
- Peso: influência no tipo e na quantidade de elementos da fundação;
- Desempenho térmico dos materiais: influência no conforto térmico do empreendimento;
- Requisitos de segurança: influência das características dos materiais (resistência aos esforços em função da altura ou dos vãos);
- Custo global das soluções em função da disponibilidade dos materiais próximos da obra, da disponibilidade e qualidade da mão de obra, da disponibilidade do espaço para armazenamento dos materiais, do gerenciamento dos resíduos, dos tipos e forma de aquisição dos equipamentos necessários, etc.

Neste capítulo, são abordadas as diretrizes para elaboração e apresentação dos projetos de fundação. O projeto de fundação deve ser elaborado simultaneamente com todos os demais projetos do empreendimento para que todas as soluções propostas estejam compatibilizadas. Para elaborar o projeto de fundação, o(s) RESPONSÁVEL(IS) TÉCNICO(S) deve(m) apoiar-se nas informações pertinentes produzidas no LEVANTAMENTO DE INFORMAÇÕES PRELIMINARES, no LEVANTAMENTO DE DADOS e no ESTUDO PRELIMINAR, como:

- Resultados das investigações geológico-geotécnicas;
- Levantamentos topográficos;
- Prospecções e levantamentos realizados para verificar as condições de segurança dos elementos estruturais existentes no empreendimento e das construções existentes na área de influência da obra;
- Implantação do empreendimento, como terraplenagem, contenções da área a edificar, etc.;
- Projeto de superestrutura do empreendimento.

Conforme definido na legislação e nas normas técnicas vigentes, antes da fase de construção, preferencialmente durante as ETAPAS DE PROJETOS, o projeto de fundação deve ser objeto de Avaliação da Conformidade do Projeto Estrutural, a ser realizada por profissional habilitado, independente e diferente do RESPONSÁVEL TÉCNICO do projeto. A descrição desse serviço está contida no Apêndice IV.

14.2 CONDIÇÕES ESPECÍFICAS

Nos tópicos seguintes, são apresentadas algumas diretrizes de concepção do projeto de fundação, que devem ser avaliadas pelo RESPONSÁVEL TÉCNICO e entendidas como balizadoras e não restritivas e/ou exclusivas, sendo primordial o conhecimento e o atendimento aos demais princípios técnicos e científicos aplicáveis.

14.2.1 Concepção

As soluções do projeto de fundação devem ser propostas compatibilizadas com as soluções dos demais projetos do empreendimento, como arquitetura, urbanismo, estrutura, terraplenagem, geométrico, das instalações elétricas e eletrônicas, hidrossanitárias e mecânicas, etc., em todas as ETAPAS DE PROJETO, para que todos os detalhes que interferem com os sistemas sejam elaborados em conjunto, de forma a estarem perfeitamente harmonizados entre si e visando:

- Fornecer os subsídios necessários para que as alternativas de partido arquitetônico não venham a ser inviabilizadas técnica, econômica ou esteticamente por fatores estruturais;
- Fornecer o posicionamento e dimensões das peças estruturais que vierem a servir de condicionante na definição dos projetos de arquitetura e/ou urbanismo do empreendimento;
- Fornecer as informações necessárias para a elaboração do Plano de Execução da Obra (PEO) – Apêndice III –, como os equipamentos a serem empregados na execução da fundação e as condições de acessibilidade desses equipamentos no local da obra;
- Conhecer todas as instalações e utilidades a serem implantadas no empreendimento, que sejam condicionantes na escolha e dimensionamento do sistema estrutural;
- Retirar os subsídios para o cálculo definitivo das ações atuantes no empreendimento a partir da análise do projeto como um todo – desenhos e especificações;
- Manter a estabilidade dos taludes da área de influência da obra do empreendimento quando houver escavações necessárias à execução das fundações, bem como as que se destinam às obras permanentes.

Na concepção do projeto de fundação, o RESPONSÁVEL TÉCNICO deve escolher esquemas estruturais que conduzam aos melhores resultados tanto do ponto de vista técnico quanto econômico e funcional, adequando-os às condições da obra. Nesse sentido, é imprescindível atender aos critérios usuais das Teorias da Mecânica dos Solos e a todos os requisitos estabelecidos nas normas técnicas vigentes, conforme o caso, por exemplo:

- Classe de agressividade ambiental;
- Nível de controle tecnológico;
- Tipo de ambiente e grau de agressividade;
- Vida útil do projeto;
- Classe de resistência do concreto;
- Estanqueidade e/ou drenagem dos elementos em relação à água de chuva e de limpeza;
- Acesso para inspeção e manutenção;
- Especificação dos cobrimentos das peças estruturais;
- Revestimentos adotados;
- Características dos materiais:
 - Resistência característica à compressão;
 - Módulo de deformação tangente inicial;
 - Relação água/cimento do concreto.
- Ações a serem aplicadas na estrutura:
 - Cargas permanentes;
 - Cargas variáveis/acidentais (pessoas, mobiliário, veículos, materiais diversos, etc.);
 - Cargas excepcionais;
 - Ações devidas ao vento;
 - Imperfeições globais;
 - Variações volumétricas (retração, variação térmica, etc.);
 - Empuxos de terra e água atuantes e ações de subpressão;
 - Recalques diferenciais;
 - Variações de pressões decorrentes da execução de aterros, reaterros, escavações e variações do nível d'água;
 - Ações dinâmicas de equipamentos;
 - Ações decorrentes da execução da obra (tráfego de caminhão betoneira, rolo compressor, guindaste, etc.);
 - Ações excepcionais;
 - Ações provenientes de estruturas complementares.
- Trabalho das peças em regime de serviço e com segurança adequada ao estado de ruína;
- Interação entre a superestrutura e a fundação;

- Em função das cargas aplicadas, tipo de fundação, comprimento e características geotécnicas do solo de fundação, devem ser determinados os recalques totais, diferenciais e distorções angulares, e comparados com os admissíveis fornecidos pelo projeto da superestrutura.

O(s) RESPONSÁVEL(IS) TÉCNICO(S) deve(m) ter atenção especial às soluções propostas do projeto de fundação quando diagnosticada a presença de lençol freático elevado em sondagem, sendo imprescindível:

- Levantar em consideração a interferência do nível d'água (N.A.) na implantação do empreendimento. Nos casos em que for necessário o rebaixamento do N.A. para a realização dos serviços de escavação relacionados à execução da fundação, deve ser realizado um estudo referente aos impactos que podem ocorrer no entorno da obra para definir a melhor técnica para a execução deste rebaixamento, bem como deve-se obter as respectivas licenças nos órgãos competentes;
- Considerar a necessidade de instalação de piezômetro, em pelo menos um furo, para monitorar, *a posteriori*, o N.A. e possibilitar a sua confirmação durante a execução da obra.

14.2.1.1 Fundações Rasas

Conforme definido na NBR 6122, a grandeza fundamental para o projeto de fundações rasas é a tensão admissível, devendo o(s) RESPONSÁVEL(IS) TÉCNICO(S) considerar(em) os seguintes fatores para a sua determinação:

Profundidade da fundação;

Dimensões e forma dos elementos de fundação;

Influência do lençol d'água;

Eventual alteração das características do solo (expansivos, colapsíveis, etc.) devido a agentes externos (encharcamento, contaminação, agressividade, etc.);

Alívio de tensões;

Características ou peculiaridades da obra;

Sobrecargas externas;

Inclinação da carga;

Inclinação do terreno;

Estratigrafia do terreno;

Recalques. (ABNT, 2019, p. 22).

O(s) RESPONSÁVEL(IS) TÉCNICO(S) deve(m) considerar também as situações particulares em função das características do solo da área do empreendimento:

- Deve ser realizado criterioso estudo com base nas informações coletadas por meio das investigações geotécnicas, compreendendo o cálculo da capacidade de carga e a análise da repercussão dos recalques sobre o comportamento da estrutura quando houver proposta de fundação direta sobre solos arenosos fofos, solos argilosos moles, solos siltosos fofos e aterros executados sem controle de compactação;
- No caso de solos expansivos, a tensão admissível deve levar em conta a pressão de expansão;
- No caso de solos colapsíveis, devem ser considerados os recalques provenientes de modificações que possam ocorrer no terreno por efeito de saturação;
- Em qualquer fundação sobre rocha, a fixação da tensão admissível deve levar em conta a continuidade da rocha, sua inclinação e a influência da atitude da rocha sobre sua estabilidade.

O dimensionamento geométrico das fundações rasas deve ser feito em função das cargas, respeitando as seguintes determinações da NBR 6122:

- Em planta, as sapatas isoladas ou os blocos devem ter, pelo menos, 60 (sessenta) centímetros;
- Nas divisas com terrenos vizinhos, salvo quando a fundação for assente sobre rocha, a profundidade de apoio não pode ser inferior a 1,5 m (um metro e cinquenta centímetros). Em casos de obras cujas sapatas ou blocos tenham, em sua maioria, dimensões inferiores a 1 (um) metro, essa profundidade mínima pode ser reduzida;
- Todas as partes da fundação em contato com o solo (sapatas, vigas de equilíbrio, etc.) devem ser concretadas sobre um lastro de concreto não estrutural com no mínimo 5 (cinco) centímetros de

espessura. No caso de rocha, esse lastro deve servir para regularização.

14.2.1.2 Fundações Profundas

A grandeza fundamental para o projeto de fundação profunda, conforme definido na NBR 6122, é:

- No caso de estaca:
 - Carga admissível, se o projeto for feito considerando fator de segurança global e valores característicos;
 - Força resistente de cálculo, quando o projeto for feito considerando coeficientes de ponderação e valores de cálculo.
- No caso de tubulão, a tensão admissível ou a tensão resistente de cálculo.

Para o cálculo dessas grandezas fundamentais, o(s) RESPONSÁVEL(IS) TÉCNICO(S) deve(m) considerar os fatores listados a seguir e, quando necessário, o “efeito de grupo” e o acréscimo de carga induzido por “atrito negativo”:

Características geomecânicas do subsolo;

Profundidade da ponta ou base da fundação;

Dimensões e forma dos elementos de fundação;

Posição do nível d'água;

Eventual alteração das características dos solos (expansivos, colapsíveis etc.) devido a agentes externos (encharcamento, contaminação, agressividade etc.);

Alívio de tensões;

Eventual ocorrência de solicitações adicionais como atrito negativo e esforços horizontais devidos a carregamentos assimétricos;

Características ou peculiaridades da obra;

Sobrecargas externas;

Inclinação da carga;

Inclinação do terreno;

Estratigrafia do terreno;

Recalques. (ABNT, 2019, p. 26).

Para a definição do tipo e das especificações da fundação profunda a ser executada, o(s) RESPONSÁVEL(IS) TÉCNICO(S) deve(m):

- Estabelecer os espaçamentos entre os centros de estacas vizinhas e centros de tubulões adjacentes, bem como o recalque estimado, embasado(s) por bibliografia consagrada;
- Verificar a segurança à ruptura e determinar as deformações horizontais, comparando-as com as admissíveis quando as estacas ou os tubulões estiverem sujeitos(as) a esforços horizontais ou momentos fletores;
- Estimar as negas previstas, indicando os parâmetros considerados no dimensionamento para a definição da energia de cravação, tais como peso do martelo, altura de queda, eficiência do equipamento, perdas e a teoria de cálculo empregada, no caso de estacas cravadas;
- Especificar o tratamento para as estacas cravadas submetidas a ambiente de meio agressivo;
- Indicar, quando necessário, o emprego de encamisamento do fuste ou do dispositivo, visando impedir o desmoronamento ou o estrangulamento da seção por deformação da parede do furo, no caso de fundações profundas escavadas (inclusive tubulões);
- Considerar que a carga admissível do ponto de vista geotécnico é diferente da carga admissível do ponto de vista estrutural. Dessa forma, o projeto deve contemplar a carga geotécnica, que prevê a interação com o solo, e nunca a carga nominal das estacas (resistida pelo elemento estrutural).

14.2.2 Materiais e Técnicas Construtivas

A racionalização dos processos construtivos deve ser levada em consideração objetivando a redução dos prazos e custos da obra, bem como a possibilidade de aumento da qualidade da construção. Assim, deve-se analisar as especificações do Caderno de Encargos SUDECAP para utilização de materiais e esquemas de execução e verificar a possibilidade de adoção de materiais, processos e elementos padronizados e industrializados no projeto do empreendimento e seus elementos, bem como:

- Propor técnicas construtivas adequadas à indústria, aos materiais e à mão de obra locais;
- Propor soluções compatíveis com a disponibilidade financeira da CONTRATANTE;
- Propor, quando necessário, sistema de impermeabilização para os elementos e componentes do empreendimento;
- Priorizar soluções que contribuam para a redução e racionalização do consumo de materiais, bem como para a minimização do desperdício e da geração de resíduos, como modulação, padronização e flexibilidade dos componentes;
- Analisar o ciclo de vida, a energia incorporada, a operação e a manutenção dos materiais, componentes e sistemas construtivos;
- Priorizar a utilização de materiais atóxicos e sem compostos orgânicos voláteis (COV), recicláveis ou reciclados;
- Especificar madeiras e outros materiais certificados;
- Especificar materiais de fácil execução, conservação e manutenção e que atendam aos parâmetros de desempenho, por exemplo:
 - Resistência mecânica;
 - Resistência a agentes naturais, químicos, físicos e biológicos;
 - Resistência ao fogo;
 - Estanqueidade a chuva, vento, insolação e agentes agressivos;
 - Saúde, higiene e qualidade do ar;
 - Conforto térmico, acústico e lumínico;
 - Durabilidade;
 - Sustentabilidade;
 - Impacto ambiental.
- Definir revestimentos que apresentem resultados estéticos, tanto externa quanto internamente, compatíveis com os objetivos e a representatividade dos espaços urbanos e das edificações, priorizando soluções de materiais permeáveis nas áreas pavimentadas (vias, calçadas, sarjetas, estacionamentos, etc.);
- Especificar acabamentos e arremates que permitam acomodações para as diferenças de dilatação de materiais diferentes que não podem ser ligados diretamente;
- Prever espaços suficientes para a entrada de vibrador, de forma a assegurar concretagem eficiente entre as armaduras longitudinais e evitar concentrações de barras de armadura, especialmente em regiões de emendas por traspasse.

14.2.3 Ensaios

A fim de garantir que a execução da estrutura atenda à segurança definida nos projetos, devem ser realizados ensaios, preferencialmente, não destrutivos nos elementos da fundação durante a execução da obra. A seguir são apresentados ensaios mínimos aplicáveis às fundações, os quais devem ser indicados e podem ser complementados com outros prescritos em normas técnicas que o RESPONSÁVEL TÉCNICO considerar pertinentes, em função da especificidade da estrutura considerada:

- Prova de carga estática em fundação direta:
 - Consiste na aplicação de esforços estáticos axiais de compressão com o objetivo de traçar a curva tensão-descolamento e de estimar os parâmetros de deformabilidade e de resistência do solo em análise;
 - Deve ser realizado conforme a NBR 6489:2019;
 - Amostragem: conforme definição do RESPONSÁVEL TÉCNICO.
- Prova de carga estática em fundação profunda:
 - Consiste na aplicação de esforços (tração, compressão ou flexocompressão, nas direções vertical, horizontal ou inclinada) à fundação profunda;

- Deve ser realizado conforme a NBR 16903:2020;
- Amostragem: no mínimo, 1% (um por cento) das estacas.
- Ensaio de carregamento dinâmico (estacas):
 - Aplicável aos elementos de fundações profundas a fim de avaliar as cargas mobilizadas na interface solo-estaca, a eficiência do sistema de impacto, as tensões de compressão e de tração ao longo da estaca, a integridade estrutural e as características dinâmicas do sistema solo-estaca;
 - Deve ser realizado conforme a NBR 13208:2007;
 - Amostragem: pelo menos, 5% (cinco por cento) da quantidade de estacas da obra e, no mínimo, 3 (três) ensaios.

O RESPONSÁVEL TÉCNICO deve indicar quais os elementos devem ser ensaiados e as cargas desejáveis, considerando sua execução, de preferência, nos trechos mais desfavoráveis do terreno e avaliando a necessidade de monitoramento das obras com instrumentação para avaliação do desempenho.

Observações:

- **O RESPONSÁVEL TÉCNICO deve indicar todos os ensaios nos documentos do projeto e inclui-los na Planilha de Serviços e Quantitativos para que eles sejam feitos de forma independente dos efetuados pelo(s) fornecedor(es);**
- **Devem ser indicados, ainda, os demais ensaios mínimos previstos em função do material da fundação que estão enumerados nos capítulos referentes aos projetos da superestrutura do empreendimento, bem como as investigações geológico-geotécnicas listadas no capítulo Geotecnia.**

14.3 DOCUMENTAÇÃO TÉCNICA DO PROJETO

O projeto de fundação deve ser elaborado em três ETAPAS DE PROJETO sucessivas: Anteprojeto, Projeto Básico e Projeto Executivo. O desenvolvimento consecutivo destas etapas tem como ponto de partida o escopo contido no PINE e confirmado ou definido no Relatório de Conhecimento do Empreendimento e o Estudo Preliminar do empreendimento, que deve apresentar as características de todos os espaços necessários à realização das atividades previstas para o empreendimento.

Nos tópicos seguintes, estão listados os documentos técnicos específicos do projeto de fundação que devem ser apresentados em cada ETAPA DE PROJETO, com seus respectivos conteúdos, em complementação aos documentos gerais do projeto do empreendimento, como o Memorial Descritivo, a Planilha de Serviços e Quantitativos, o Plano de Execução da Obra, etc. Dependendo das especificidades do empreendimento, conforme avaliação do RESPONSÁVEL TÉCNICO e/ou da FISCALIZAÇÃO, podem ser necessárias informações e/ou representações além das listadas.

Todos os desenhos técnicos do projeto de fundação devem conter, ou junto ao desenho ou no formato:

- Escala(s) utilizada(s);
- Unidade(s) de medida(s) adotada(s);
- Uma única referência de nível (RN) para todo o projeto em função do Levantamento Topográfico, podendo ser a cota real a partir das curvas de nível (por exemplo: +815,75) ou uma cota definida a partir das dimensões dos elementos construídos (por exemplo: +0,00);
- Legendas da representação diferenciada dos elementos do projeto, por exemplo:
 - Os elementos existentes, a serem ampliados e/ou reformados;
 - Os elementos a serem demolidos, que devem ser representados com linha tracejada nas plantas de demolição;
 - As edificações existentes, que devem ser representadas na planta geral de implantação com o contorno em traço contínuo e com o interior com hachura em traço contínuo a 45°;
 - Os materiais de acabamento;
 - Os pilares que nascem, continuam e morrem.
- Designação das peças estruturais (baseada na NBR 7191):
 - Lajes: L;
 - Vigas: V;
 - Pilares: P;
 - Tirantes: T;

- Diagonais: D;
- Sapatas: S;
- Blocos: B;
- Paredes: PAR;
- Contenção: CONT;
- Muro: MUR;
- A numeração dos elementos estruturais deve ser feita, em planta, de forma sequencial a partir do canto superior esquerdo do formato, da esquerda para a direita e de cima para baixo; os pilares que nascem em diferentes pavimentos devem ser numerados em sequência, considerando a projeção de todos os pavimentos.

14.3.1 Anteprojeto

O Anteprojeto da fundação deve conter os seguintes documentos técnicos específicos, com seus conteúdos e sua forma de apresentação:

- Planta de locação:
 - Indicar as cargas nas fundações;
 - Indicar os eixos da(s) estrutura(s), as cotas e os ângulos formados entre esses eixos;
 - Indicar a localização dos furos de sondagem SPT;
 - Indicar as cotas de nível necessárias à locação da fundação, como a cota de assentamento das fundações rasas e a cota de arrasamento e o comprimento estimado das fundações profundas;
 - Indicar a projeção do perímetro da edificação ou estrado da passarela, ponte, viaduto, etc.;
 - Indicar e nomear os diversos edifícios ou blocos existentes, a construir e as áreas *non aedificandi*;
 - Caracterizar os elementos naturais e indicar as interferências das intervenções propostas com esses elementos: lençol freático superficial, espécies arbóreas protegidas por lei, maciços em situações de instabilidade e demais elementos significativos;
 - Caracterizar os elementos do projeto e existentes com os quais possa haver interferência: muros de divisa, muretas, cercas, guarda-corpos, peitoris, corrimãos, soleiras, equipamentos das instalações elétricas e eletrônicas, hidrossanitárias, mecânicas, de drenagem, como canaletas, caixas de passagem e de inspeção, poços de visita, padrões de entrada de energia e de água, redes enterradas e demais elementos significativos;
 - Indicar e cotar, quando aplicável, os limites externos do(s) terreno(s), do(s) CP(s) e da(s) edificação(ões): projeção da(s) cobertura(s), recuos e afastamentos, áreas permeáveis e impermeáveis;
 - Indicar e cotar os marcos topográficos e os níveis principais;
 - Indicar as marcações dos cortes na estrutura;
 - Indicar os detalhes e representá-los, em escalas ampliadas, quando necessário;
 - Apresentar em escala mínima 1:50 ou a critério da FISCALIZAÇÃO.
- Desenhos de formas:
 - Caracterizar a geometria dos elementos estruturais;
 - Indicar as cotas de todas as dimensões necessárias à execução da estrutura;
 - Indicar a designação e o número de todos os elementos estruturais;
 - Indicar o corte transversal dos elementos estruturais;
 - Indicar as marcações dos cortes na estrutura;
 - Indicar as aberturas e os rebaixos existentes no radier, quando for o caso;
 - Indicar o sistema de impermeabilização dos elementos estruturais, quando aplicável;
 - Indicar as juntas de dilatação e de concretagem, quando aplicável;
 - Indicar, no mínimo, os cortes longitudinais e transversais preferencialmente nas mesmas posições dos cortes do projeto de arquitetura;
 - Indicar o tipo e a quantidade dos materiais utilizados na estrutura (por exemplo: volume de concreto por classe de resistência e área de forma, etc.);
 - Representar os elementos do projeto em Plantas, Cortes e Elevações;
 - Indicar os detalhes e representá-los, em escalas ampliadas, quando necessário;
 - Apresentar em escala mínima 1:50 ou a critério da FISCALIZAÇÃO.

14.3.2 Projeto Básico

O Projeto Básico da fundação deve apresentar os seguintes documentos técnicos específicos, com seus conteúdos e sua forma de apresentação:

- Planta de locação:
 - Indicar as cargas nas fundações;
 - Indicar os eixos da(s) estrutura(s), as cotas e os ângulos formados entre esses eixos e amarrar os eixos a pelo menos dois pontos georreferenciados;
 - Indicar a localização dos furos de sondagem SPT;
 - Indicar as cotas de nível necessárias à locação da fundação, como a cota de assentamento das fundações rasas e a cota de arrasamento e o comprimento estimado das fundações profundas;
 - Indicar a projeção do perímetro da edificação ou estrado da passarela, ponte, viaduto, etc.;
 - Indicar e nomear os diversos edifícios ou blocos existentes, a construir e as áreas *non aedificandi*;
 - Caracterizar os elementos naturais e indicar as interferências das intervenções propostas com esses elementos: lençol freático superficial, espécies arbóreas protegidas por lei, maciços em situações de instabilidade e demais elementos significativos;
 - Caracterizar os elementos do projeto e existentes com os quais possa haver interferência: muros de divisa, muretas, cercas, guarda-corpos, peitoris, corrimãos, soleiras, equipamentos das instalações elétricas e eletrônicas, hidrossanitárias, mecânicas, de drenagem, como canaletas, caixas de passagem e de inspeção, poços de visita, padrões de entrada de energia e de água, redes enterradas e demais elementos significativos;
 - Indicar e cotar, quando aplicável, os limites externos do(s) terreno(s), do(s) CP(s) e da(s) edificação(ões): projeção da(s) cobertura(s), recuos e afastamentos, áreas permeáveis e impermeáveis;
 - Indicar e cotar os marcos topográficos e os níveis principais;
 - Indicar as marcações dos cortes na estrutura;
 - Indicar os detalhes e representá-los, em escalas ampliadas, quando necessário;
 - Apresentar em escala mínima 1:50 ou a critério da FISCALIZAÇÃO;
 - Apresentar quadro-resumo dos pilares (mapa de cargas) com as seguintes informações: Nomes, Seções, Coordenadas de locação (X, Y), Carregamentos verticais (tf), Forças horizontais nas direções X e Y (tf) e os Momentos fletores nas direções X e Y (kgf.m), quando aplicável. Todos os esforços devem ser indicados com a combinação dos seus valores mínimos e máximos.
- Desenhos de formas:
 - Caracterizar a geometria dos elementos estruturais;
 - Indicar as cotas de todas as dimensões necessárias à execução da estrutura;
 - Indicar a designação e o número de todos os elementos estruturais;
 - Indicar o corte transversal dos elementos estruturais;
 - Indicar as marcações dos cortes na estrutura;
 - Indicar as aberturas e os rebaixos existentes no radier, quando for o caso;
 - Indicar as cargas e os momentos nas fundações;
 - Indicar as sobrecargas utilizadas no cálculo;
 - Indicar o sistema de impermeabilização dos elementos estruturais, quando aplicável;
 - Indicar as juntas de dilatação e de concretagem, quando aplicável;
 - Indicar, no mínimo, os cortes longitudinais e transversais preferencialmente nas mesmas posições dos cortes do projeto de arquitetura;
 - Indicar o tipo e a quantidade dos materiais utilizados na estrutura (por exemplo: volume de concreto por classe de resistência, área de forma, etc.);
 - Representar os elementos do projeto em Plantas, Cortes e Elevações;
 - Indicar os detalhes e representá-los, em escalas ampliadas, quando necessário;
 - Apresentar em escala mínima 1:50 ou a critério da FISCALIZAÇÃO.
- Desenhos das armações, quando aplicável:
 - Caracterizar as barras e os estribos dos elementos estruturais;
 - Indicar o número da posição, a quantidade de barras, o diâmetro da barra, o espaçamento das barras, o comprimento total da barra, os trechos retos e as dobras;
 - Indicar as cotas necessárias para o correto dobramento das barras e estribos;
 - Indicar o ângulo de dobramento, quando aplicável;
 - Indicar a designação e o número de todos os elementos estruturais;

- Indicar o comprimento do trecho de traspasse das barras, quando aplicável;
- Indicar os cobrimentos utilizados na proteção das armaduras de cada peça do sistema estrutural em notas junto aos desenhos;
- Mostrar a disposição das armaduras nos desenhos de Corte;
- Representar os elementos do projeto em Plantas, Cortes e Elevações;
- Indicar os detalhes e representá-los, em escalas ampliadas, quando necessário;
- Apresentar em escala mínima 1:50 ou a critério da FISCALIZAÇÃO;
- Apresentar lista de ferros constando: numeração sequencial das posições (que pode ser global ou por elemento), tipos (resistência dos aços), diâmetros, quantidades, comprimentos unitários e totais, tabelas das cordoalhas, tabelas das bainhas;
- Apresentar o quadro resumo de aço contemplando: tipos (resistência dos aços), diâmetros, comprimentos totais por diâmetros, peso linear de cada diâmetro, peso total (por diâmetro, por tipo e geral).
- Detalhes construtivos:
 - Representar os detalhes das estacas cravadas, como emendas, proteção da cabeça, fretagem do topo, interface ou ancoragem nos blocos de coroamento, etc.;
 - Representar os detalhes do bloco de coroamento, prevendo o uso de lastro de concreto não estrutural com espessura não inferior a 5 (cinco) centímetros e indicando que a cabeça da estaca deve ficar a, pelo menos, 5 (cinco) centímetros acima do lastro;
 - Representar os detalhes das armaduras de reforço, no caso de aberturas e furos em elementos estruturais;
 - Representar os detalhes das armaduras e o acabamento das juntas de dilatação e de concretagem, quando aplicável;
 - Representar o raio de dobra das armaduras, quando aplicável;
 - Representar as ligações com a superestrutura e a contenção, quando aplicável;
 - Representar os elementos do projeto em Plantas, Cortes e Elevações;
 - Apresentar em escala mínima 1:20 ou a critério da FISCALIZAÇÃO.
- Notas (de acordo com as soluções adotadas):
 - Relação água/cimento máxima para o concreto;
 - Consumo mínimo de cimento por metro cúbico de concreto;
 - Tipo e diâmetro máximo do agregado graúdo;
 - Aditivos no concreto;
 - Módulo de elasticidade;
 - Classe de agressividade ambiental considerada;
 - Tipo de cimento;
 - Tipos de barras e fios de aço;
 - Tipo de cordoalha;
 - Tipo de bainha;
 - Nível de controle tecnológico;
 - Tipo e tempo mínimo recomendado para a cura do concreto;
 - Resistência característica à compressão do concreto (f_{ck});
 - Resistência dos aços utilizados;
 - Força de protensão;
 - Controle de compactação de eventuais aterros e reaterros controlados;
 - Etapas de concretagem;
 - Tensão admissível do solo considerada para o caso de fundação direta;
 - Referência ao Relatório de Sondagem.
- Plano de concretagem (no caso de elementos estruturais de concreto armado de grandes dimensões):
 - Especificar a execução adequada de concretagem, incluindo a forma de tratamento das juntas.

14.3.3 Projeto Executivo

Os seguintes documentos técnicos específicos, com seus conteúdos e sua forma de apresentação compreendem o Projeto Executivo de fundação:

- Planta de locação:
 - Indicar as cargas nas fundações;
 - Indicar os eixos da(s) estrutura(s), as cotas e os ângulos formados entre esses eixos e amarrar os eixos a pelo menos dois pontos georreferenciados;
 - Indicar a localização dos furos de sondagem SPT;
 - Indicar as cotas de nível necessárias à locação da fundação, como a cota de assentamento das fundações rasas e a cota de arrasamento e o comprimento estimado das fundações profundas;
 - Indicar a projeção do perímetro da edificação ou estrado da passarela, ponte, viaduto, etc.;
 - Indicar e nomear os diversos edifícios ou blocos existentes, a construir e as áreas *non aedificandi*;
 - Caracterizar os elementos naturais e indicar as interferências das intervenções propostas com esses elementos: lençol freático superficial, espécies arbóreas protegidas por lei, maciços em situações de instabilidade e demais elementos significativos;
 - Caracterizar os elementos do projeto e existentes com os quais possa haver interferência: muros de divisa, muretas, cercas, guarda-corpos, peitoris, corrimãos, soleiras, equipamentos das instalações elétricas e eletrônicas, hidrossanitárias, mecânicas, de drenagem, como canaletas, caixas de passagem e de inspeção, poços de visita, padrões de entrada de energia e de água, redes enterradas e demais elementos significativos;
 - Indicar e cotar, quando aplicável, os limites externos do(s) terreno(s), do(s) CP(s) e da(s) edificação(ões): projeção da(s) cobertura(s), recuos e afastamentos, áreas permeáveis e impermeáveis;
 - Indicar e cotar os marcos topográficos e os níveis principais;
 - Indicar as marcações dos cortes na estrutura;
 - Indicar os detalhes e representá-los, em escalas ampliadas, quando necessário;
 - Apresentar em escala mínima 1:50 ou a critério da FISCALIZAÇÃO;
 - Apresentar quadro-resumo dos pilares (mapa de cargas) com as seguintes informações: Nomes, Seções, Coordenadas de locação (X, Y), Carregamentos verticais (tf), Forças horizontais nas direções X e Y (tf) e os Momentos fletores nas direções X e Y (kgf.m), quando aplicável. Todos os esforços devem ser indicados com a combinação dos seus valores mínimos e máximos.
- Desenhos de formas:
 - Caracterizar a geometria dos elementos estruturais;
 - Indicar as cotas de todas as dimensões necessárias à execução da estrutura;
 - Indicar a designação e o número de todos os elementos estruturais;
 - Indicar o corte transversal dos elementos estruturais;
 - Indicar as marcações dos cortes na estrutura;
 - Indicar as aberturas e os rebaixos existentes no radier, quando for o caso;
 - Indicar as cargas e os momentos nas fundações;
 - Indicar as sobrecargas utilizadas no cálculo;
 - Indicar o sistema de impermeabilização dos elementos estruturais, quando aplicável;
 - Indicar as juntas de dilatação e de concretagem, quando aplicável;
 - Indicar, no mínimo, os cortes longitudinais e transversais preferencialmente nas mesmas posições dos cortes do projeto de arquitetura;
 - Indicar o tipo e a quantidade dos materiais utilizados na estrutura (por exemplo: volume de concreto por classe de resistência, área de forma, etc.);
 - Representar os elementos do projeto em Plantas, Cortes e Elevações;
 - Indicar os detalhes e representá-los, em escalas ampliadas, quando necessário;
 - Apresentar em escala mínima 1:50 ou a critério da FISCALIZAÇÃO.
- Desenhos das armações, quando aplicável:
 - Caracterizar as barras e os estribos dos elementos estruturais;
 - Indicar o número da posição, a quantidade de barras, o diâmetro da barra, o espaçamento das barras, o comprimento total da barra, os trechos retos e as dobras;
 - Indicar as cotas necessárias para o correto dobramento das barras e estribos;
 - Indicar o ângulo de dobramento, quando aplicável;
 - Indicar a designação e o número de todos os elementos estruturais;

- Indicar o comprimento do trecho de traspasse das barras, quando aplicável;
- Indicar os cobrimentos utilizados na proteção das armaduras de cada peça do sistema estrutural em notas junto aos desenhos;
- Mostrar a disposição das armaduras nos desenhos de Corte;
- Representar os elementos do projeto em Plantas, Cortes e Elevações;
- Indicar os detalhes e representá-los, em escalas ampliadas, quando necessário;
- Apresentar em escala mínima 1:50 ou a critério da FISCALIZAÇÃO;
- Apresentar lista de ferros constando: numeração sequencial das posições (que pode ser global ou por elemento), tipos (resistência dos aços), diâmetros, quantidades, comprimentos unitários e totais, tabelas das cordoalhas, tabelas das bainhas;
- Apresentar o quadro resumo de aço contemplando: tipos (resistência dos aços), diâmetros, comprimentos totais por diâmetros, peso linear de cada diâmetro, peso total (por diâmetro, por tipo e geral).
- Detalhes construtivos:
 - Representar os detalhes das estacas cravadas, como emendas, proteção da cabeça, fretagem do topo, interface ou ancoragem nos blocos de coroamento, etc.;
 - Representar os detalhes do bloco de coroamento, prevendo o uso de lastro de concreto não estrutural com espessura não inferior a 5 (cinco) centímetros e indicando que a cabeça da estaca deve ficar a, pelo menos, 5 (cinco) centímetros acima do lastro;
 - Representar as medidas para impedir deslizamento (chumbamentos, escalonamentos, tirantes, etc.), no caso de assentamento da fundação em superfície rochosa inclinada, quando aplicável;
 - Representar os detalhes das armaduras de reforço, no caso de aberturas e furos em elementos estruturais;
 - Representar os detalhes das armaduras e o acabamento das juntas de dilatação e de concretagem, quando aplicável;
 - Representar o raio de dobra das armaduras, quando aplicável;
 - Representar as ligações com a superestrutura e a contenção, quando aplicável;
 - Indicar, quando o método construtivo for condicionante para a execução da estrutura, os pontos de içamento previstos e os pesos das peças da estrutura, além de outras informações que se demonstrarem relevantes;
 - Indicar as posições a serem ocupadas temporariamente por equipamentos principais ou auxiliares de montagem sobre a estrutura, posição de amarração de cabos ou espias, etc.;
 - Representar os elementos do projeto em Plantas, Cortes e Elevações;
 - Apresentar em escala mínima 1:20 ou a critério da FISCALIZAÇÃO.
- Notas (de acordo com as soluções adotadas):
 - Relação água/cimento máxima para o concreto;
 - Consumo mínimo de cimento por metro cúbico de concreto;
 - Tipo e diâmetro máximo do agregado graúdo;
 - Aditivos no concreto;
 - Módulo de elasticidade;
 - Classe de agressividade ambiental considerada;
 - Tipo de cimento;
 - Tipos de barras e fios de aço;
 - Tipo de cordoalha;
 - Tipo de bainha;
 - Nível de controle tecnológico;
 - Tipo e tempo mínimo recomendado para a cura do concreto;
 - Resistência característica à compressão do concreto (f_{ck});
 - Resistência dos aços utilizados;
 - Força de protensão;
 - Controle de compactação de eventuais aterros e reaterros controlados;
 - Etapas de concretagem;
 - Tensão admissível do solo considerada para o caso de fundação direta;
 - Referência ao Relatório de Sondagem;
 - Etapas executivas, quando aplicável, por exemplo: as sapatas em cotas mais baixas devem ser executadas primeiro, observar o desnível entre sapatas próximas, etc.

- Plano de concretagem (no caso de elementos estruturais de grandes dimensões):
 - Especificar a execução adequada de concretagem, incluindo a forma de tratamento das juntas.
- Memória de cálculo do dimensionamento geotécnico e estrutural dos elementos de fundação empregados.

14.4 NORMAS E PRÁTICAS COMPLEMENTARES

CBMMG IT 06 – Segurança estrutural das edificações.

CBMMG IT 09 – Carga de incêndio nas edificações e espaços destinados ao uso coletivo.

NBR 5674 – Manutenção de edificações – Requisitos para o sistema de gestão de manutenção.

NBR 6118 – Projeto de estruturas de concreto – Procedimento.

NBR 6120 – Ações para o cálculo de estruturas de edificações.

NBR 6123 – Forças devidas ao vento em edificações.

NBR 6489 – Solo – Prova de carga estática em fundação direta.

NBR 7187 – Projeto de pontes, viadutos e passarelas de concreto.

NBR 7188 – Carga móvel rodoviária e de pedestres em pontes, viadutos, passarelas e outras estruturas.

NBR 7190 – Projeto de estruturas de madeira.

NBR 7191 – Execução de desenhos para obras de concreto simples ou armado.

NBR 7480 – Aço destinado às armaduras para estruturas de concreto armado – Requisitos.

NBR 7482 – Fios de aço para estruturas de concreto protendido – Especificação.

NBR 7483 – Cordoalhas de aço para estruturas de concreto protendido – Especificação.

NBR 8044 – Projeto geotécnico – Procedimento.

NBR 8681 – Ações e segurança nas estruturas – Procedimento.

NBR 8800 – Projeto de estruturas de aço e de estruturas mistas de aço e concreto de edifícios.

NBR 9061 – Segurança de escavação a céu aberto.

NBR 9062 – Projeto e execução de estruturas de concreto pré-moldado.

NBR 9077 – Saídas de emergência em edifícios.

NBR 11682 – Estabilidade de encostas.

NBR 12298 – Representação de área de corte por meio de hachuras em desenho técnico – Procedimento.

NBR 12722 – Discriminação de serviços para construção de edifícios – Procedimento.

NBR 13208 – Estacas – Ensaio de carregamento dinâmico.

NBR 14323 – Projeto de estruturas de aço e de estruturas mistas de aço e concreto de edifícios em situação de incêndio.

NBR 14432 – Exigências de resistência ao fogo de elementos construtivos de edificações – Procedimento.

NBR 14931 – Execução de estruturas de concreto – Procedimento.

NBR 15200 – Projeto de estruturas de concreto em situação de incêndio.

NBR 15220 – Desempenho térmico de edificações.

NBR 15575 – Edificações habitacionais – Desempenho.

NBR 15696 – Fôrmas e escoramentos para estruturas de concreto – Projeto, dimensionamento e procedimentos executivos.

NBR 16055 – Paredes de concreto moldada no local para a construção de edificações – Requisitos e procedimentos.



- NBR 16752 – Desenho técnico – Requisitos para apresentação em folhas de desenho.
- NBR 16861 – Desenho técnico – Requisitos para representação de linhas e escrita.
- NBR 16886 – Concreto – Amostragem de concreto fresco.
- NBR 16889 – Concreto – Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone.
- NBR 16903 – Prova de carga estática em fundação profunda.
- NBR 16920 – Muros e taludes em solos reforçados.
- NBR 17006 – Desenho técnico – Requisitos para representação dos métodos de projeção.
- NBR 17067 – Desenho técnico – Requisitos para as especificidades das representações ortográficas.
- NBR 17068 – Desenho técnico – Requisitos para representação de dimensões e tolerâncias.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 6122**: Projeto e execução de fundações. Rio de Janeiro: ABNT, 2019.

REBELLO, Y. C. P. **A concepção estrutural e a arquitetura**. São Paulo: Zigurate Editora, 2000.