

NORMA

INFRA S.A.
PRO-00030

rev 0
06.09.2023

Obras de arte especiais – Especificação de projeto

Special works of art – Project specification

INFRA S.A.

© INFRA S.A. 2023

Todos os direitos reservados. A menos que especificado de outro modo, nenhuma parte desta publicação pode ser reproduzida ou utilizada em qualquer forma ou por qualquer meio, eletrônico ou mecânico, incluindo fotocópia e microfilme, sem permissão por escrito da INFRA S.A.

Sede da INFRA S.A.

SAUS, Quadra 01, Bloco 'G', Lotes 3 e 5. - CEP: 70.070-010

Asa Sul Brasília - DF

Telefone:+55 61 2029-6100

<https://www.infrasa.gov.br>

Sumário

Prefácio	v
1 Objetivo	1
2 Referências normativas	1
3 Termos e definições	2
4 Critérios gerais	3
4.1 Superestrutura	4
4.1.1 Modulação dos vãos	4
4.1.2 Refúgios	4
4.1.3 Laje de transição	4
4.1.4 Juntas de dilatação	5
4.1.5 Guarda-corpo	5
4.1.6 Declividade	5
4.1.7 Drenagem	5
4.1.8 Pingadeira	6
4.2 Mesoestrutura	6
4.2.1 Aparelhos de apoio	6
4.2.2 Pilares	7
4.2.3 Encontros	7
4.3 Infraestrutura	8
4.3.1 Fundação em sapatas	9
4.3.2 Fundação em tubulão	9
4.3.3 Fundação em estacas	10
5 Características dos materiais	10
5.1 Concreto	10
5.2 Aço	11
6 Critérios de dimensionamento e coeficientes	11
7 Aspectos ambientais	11
8 Fases de projeto	12
8.1 Anteprojeto	12
8.1.1 Informações locais e finalidade da obra	13
8.1.2 Informações do projeto da ferrovia	14
8.2 Projeto básico	15
8.2.1 Relatório	15
8.2.2 Desenhos	17
8.2.3 Memória de cálculo	18
8.3 Projeto executivo	19
9 Revisão de projeto em fase de obra	21

9.1 Critérios para revisão de projeto	21
9.2 Conteúdo da revisão de projeto.....	22
9.2.1 Relatório de revisão de projeto.....	22
9.2.2 Desenhos da revisão de projeto.....	23
9.2.3 Memória de cálculo da estrutura	23
9.3 Documentação	24
10 Apresentação	24
10.1Apresentação do anteprojeto.....	24
10.2Apresentação do projeto básico.....	25
10.3Apresentação do projeto executivo.....	25
Anexo A Capa para identificação de Volume	26
Anexo B Declaração de responsabilidade	27
Bibliografia	28

Prefácio

A Valec – Engenharia, Construções e Ferrovias S.A. (nome fantasia – “INFRA S.A.”), empresa pública de capital fechado, é uma sociedade por ações controlada pela União e vinculada ao Ministério dos Transportes, regida por seu Estatuto Social e, especialmente, pelas Leis nº 6.404, de 15 de dezembro de 1976, nº 11.772, de 17 de setembro de 2008, nº 12.404, de 04 de maio de 2011, nº 12.743, de 19 de dezembro de 2012 e nº 13.303, de 30 de junho de 2016, e pelos Decretos nº 8.945, de 27 de dezembro de 2016 e nº 11.081, de 24 de maio de 2022.

A INFRA S.A. tem por objeto social prestar serviços na área de projetos, estudos e pesquisas, destinados a subsidiar o planejamento da logística e dos transportes no País, considerando as infraestruturas, as plataformas e os serviços pertinentes aos modos rodoviário, ferroviário, dutoviário, aquaviário e aeroaviário.

A Superintendência de Projetos e Custos (SUPRO) da INFRA S.A. tem por objetivo criar, revisar, zelar e organizar o acervo de Normas Técnicas de engenharia, com o intuito de melhorar os procedimentos da empresa. Ainda que a responsabilidade do conteúdo das normas seja de todo o corpo técnico da INFRA S.A., a SUPRO é a responsável pela gestão do processo de manutenção do acervo de Normas Técnicas de engenharia.

Para estabelecer a estrutura técnica aplicada à infraestrutura de logísticas de transporte nacional, foi elaborada a Norma técnica INFRA PRO-00030 – Obras de arte especiais – Especificação de projeto, para regulamentação dos requisitos para a definição dos projetos de obras de arte especiais a ser utilização em obra ferroviária, juntamente com os requisitos concernentes às características dos materiais e controle de qualidade.

Esta edição revoga e substitui a norma VALEC 80-EG-000A-11-0000 Projeto de obras-de-arte especiais.

Obras de arte especiais – Especificação de projeto

1 Objetivo

Esta Norma estabelece os critérios para elaboração e apresentação de anteprojeto, projeto básico, projeto executivo e revisão de projeto em fase de obra, de obras de arte especiais.

2 Referências normativas

Os documentos a seguir são citados no texto de tal forma que seus conteúdos, totais ou parciais, constituem requisitos para este Documento. Para referências datadas, aplicam-se somente as edições citadas. Para referências não datadas, aplicam-se as edições mais recentes do referido documento (incluindo emendas).

CONAMA, Resolução N° 454, de 1º de novembro de 2012, *Estabelece as diretrizes gerais e procedimentos referenciais para o gerenciamento do material a ser dragado em águas sob jurisdição nacional;*

LEI N° 9.433, DE 8 DE JANEIRO DE 1997, *Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989;*

Ministério do Meio Ambiente - Nota Técnica 636/2014/COTRA/IBAMA, *Revisa a metodologia para comunicação de alterações de projetos;*

Ministério do Trabalho e Emprego - Norma Regulamentadora nº 7 (NR-7), *Programa de controle médico de saúde ocupacional – PCMSO;*

Ministério do Trabalho e Emprego - Norma Regulamentadora nº 15 (NR-15), *Atividades e operações insalubres;*

Ministério do Trabalho e Emprego - Norma Regulamentadora nº 18 (NR-18), *Condições e meio ambiente de trabalho na indústria da construção;*

ABNT NBR 6118, *Projeto de estruturas de concreto – Procedimento;*

ABNT NBR 6120, *Ações para o cálculo de estruturas de edificações;*

ABNT NBR 6122, *Projeto e execução de fundações;*

ABNT NBR 6484, *Solo - Sondagem de simples reconhecimento com SPT - Método de ensaio;*

ABNT NBR 8681, *Ações e segurança nas estruturas – Procedimento;*

ABNT NBR 12915, *Via férrea - Gabarito ferroviário e entrevia – Especificações;*

ABNT NBR 16752, *Desenho técnico - Requisitos para apresentação em folhas de desenho;*

PRO-00030

INFRA PRO-00002, *Estudos geotecnológicos - Especificação de projeto;*

INFRA PRO-00004, *Projeto básico - Critérios para apresentação;*

INFRA PRO-00024, *Projeto executivo - Critérios para apresentação;*

Norma Regulamentadora nº 33 (NR-33), *Segurança e saúde nos trabalhos em espaços confinados;*

VALEC 80-DES-000A-23-8018, *Cerca para direcionamento de animais nas passagens de fauna;*

VALEC Instrução Normativa Nº 1/SUPRO-VALEC/DIREN-VALEC de 2021, *Estabelece as diretrizes para elaboração e apresentação de Anteprojeto para obras ferroviárias, no âmbito da contratação integrada, prevista no Art. 43 da Lei 13.303/2016; e*

VALEC Portaria normativa nº 3/2021/ASSDIREM-VALEC/DIREM-VALEC, *Aprova o procedimento de revisão de projeto em fase de obra, estabelecendo diretrizes e premissas básicas para as alterações de projeto dos empreendimentos da VALEC.*

3 Termos e definições

Para os efeitos desta Norma, aplicam-se os seguintes termos e definições:

3.1 anteprojeto

Fase de projeto, na qual são realizados levantamentos de dados da região de implantação da obra de arte especial, de modo a verificar a viabilidade do projeto e auxiliar no estudo de alternativas e na definição de possíveis soluções de engenharia para a implantação.

3.2 aparelho de apoio

Elemento colocado entre a mesoestrutura e a superestrutura, destinado a transmitir as reações de apoio e permitir movimentos da superestrutura.

3.3 encontro

Elemento estrutural que possibilita a transição adequada entre a obra de arte especial e a via permanente, trata-se do apoio extremo da obra de arte especial e pode fazer a contenção e a estabilização dos aterros de acesso.

3.4 guarda-corpo

Elemento de proteção aos pedestres que transitam sobre as obras de arte especiais.

3.5 infraestrutura

Elementos estruturais que recebem as cargas provenientes das ações verticais, horizontais, longitudinais e transversais e as transmitem à fundação e, em seguida, aos perfis de solo ou rocha capazes de suportá-las com segurança.

3.6 laje de transição

Laje em concreto armado, usada para abranger a área entre a zona de aproximação e o encontro da obra de arte especial.

3.7 mesoestrutura

Estrutura responsável pelo suporte da superestrutura e por sua fixação na infraestrutura, transmitindo à infraestrutura os esforços correspondentes à essa fixação. É constituída pelos aparelhos de apoio, pilares e encontros.

3.8 obra de arte especial (OAE)

Estrutura que requer projeto específico, para possibilitar que a via permanente transponha obstáculos como desníveis de solo, cursos d'água, rodovias e outros. São exemplos de OAE: pontes, viadutos, passagens superiores, passagens inferiores e passarelas.

3.9 pilar

Elemento que recebe os esforços da superestrutura e os transmite à infraestrutura em conjunto com os esforços recebidos diretamente de outras forças solicitantes da obra de arte especial, como pressões de vento e água em movimento.

3.10 projeto básico

Fase específica de um conjunto de estudos e projetos, que geralmente é precedida por estudos preliminares, anteprojeto, estudos de viabilidade técnica e econômica, e avaliação de impacto ambiental, sucedida pela fase de projeto executivo, que deve apresentar o conjunto de desenhos, memoriais descritivos, especificações técnicas, orçamento referencial, cronogramas, eventograma e demais elementos técnicos necessários e suficientes para a caracterização precisa da obra a ser executada, atendendo à legislação e às normas técnicas vigentes, de modo a assegurar a viabilidade e o adequado tratamento ambiental do empreendimento.

3.11 projeto executivo

Constitui-se do projeto básico acrescido de detalhes construtivos necessários e suficientes para a perfeita instalação, montagem e execução dos serviços e obras, elaborado de acordo com as normas técnicas pertinentes e sem alterar o projeto básico, inclusive seus quantitativos, orçamento e cronograma.

3.12 revisão de projeto em fase de obra

Revisão, para incluir no projeto executivo, alterações ou adequações técnicas advindas de circunstâncias constatadas durante a execução da obra. A constatação de inadequação da concepção original deve conter justificativas para modificações técnicas do projeto original, devendo estar baseada em dados suficientes, por meio de análise crítica e técnica que justifique a alteração apresentada.

3.13 superestrutura

Estrutura responsável por transpor o obstáculo e receber diretamente as cargas provenientes do tráfego e da via férrea, transmitindo-as à mesoestrutura.

4 Critérios gerais

Devem ser considerados os aspectos constantes nesta Norma, a fim de obter o padrão mínimo necessário aos projetos de obras de arte especiais ferroviárias contratados ou realizados pela INFRA S.A., nas etapas de anteprojeto, projeto básico, projeto executivo e revisão de projeto em fase de obra.

É desejável que os projetos de obra de arte especial sejam iniciados em concomitância com os lançamentos de greide do projeto geométrico, possibilitando interação entre seus projetistas, para elaboração antecipada do plano de sondagens a ser submetido previamente a INFRA S.A.. É fundamental que seja elaborado de acordo com o conteúdo dos estudos geológicos e geotécnicos.

As cotas dos encontros e do eixo do tabuleiro devem coincidir com as cotas do eixo do sublastro acabado, de modo a permitir perfeita continuidade do greide do sublastro da ferrovia.

Em todas as soluções descritas, devem ser previstos dispositivos adequados para proteção dos aterros de acesso, das juntas estruturais e dos aparelhos de apoio.

Para gabaritos de túneis ferroviários, deve ser consultada a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) NBR 12915.

4.1 Superestrutura

4.1.1 Modulação dos vãos

Para determinar a modulação dos vãos, devem ser apresentados estudos comparativos entre as várias soluções possíveis. A solução adotada deve ser devidamente justificada e comprovada, considerando a viabilidade técnica e o menor custo, adotando o material mais favorável, atendendo às exigências estabelecidas à segurança, à funcionalidade e à estética da obra.

A geometria da seção transversal deve ser definida conforme as características topográficas da região, sendo plana, ondulada ou montanhosa.

A largura mínima das obras de arte especiais ferroviárias deve ser suficiente para acomodar a linha férrea com lastro, devendo ainda prever passeios para passagem de serviço ou manutenção e refúgios.

A seção transversal da obra de arte especial deve ser definida considerando, principalmente, os seguintes fatores:

- a) comprimento dos vãos e sistema estrutural longitudinal;
- b) altura disponível para a estrutura ou a esbeltez desejada;
- c) condições locais, métodos construtivos e equipamentos disponíveis; e
- d) economicidade da solução e do método construtivo.

4.1.2 Refúgios

No tabuleiro da superestrutura, devem ser previstos refúgios a cada 10,00 m, com dimensões mínimas de 0,45 m x 1,00 m, com guarda-corpo, para segurança de eventual pedestre durante a passagem do comboio.

Os refúgios não podem ser posicionados sobre as juntas do tabuleiro.

4.1.3 Laje de transição

Deve ser dimensionada para cobrir uma distância mínima de 3,00 m e ter espessura mínima de 0,30 m. Uma das extremidades da laje de transição deve ser apoiada na cortina frontal do encontro, enquanto o restante da peça deve apoiar-se sobre a terraplenagem.

As lajes de transição devem ter as seguintes funções:

- a) cobrir o vazio que pode se desenvolver por baixo da laje;
- b) prevenir a deflexão da laje, que pode resultar em assentamentos perto do encontro;
- c) atenuar o assentamento diferencial entre o aterro e o encontro; e
- d) prevenir ou minimizar a ocorrência de ressalto.

O aterro por baixo da laje de transição deve ser construído com o mesmo grau de compactação que o aterro de acesso, para evitar deformações induzidas pelas cargas variáveis.

4.1.4 Juntas de dilatação

Devem ser dispositivos deformáveis, que permitam movimentos relativos entre duas partes da estrutura, normalmente, entre o tabuleiro e o encontro, ou entre tabuleiros, em obras extensas ou de estruturas múltiplas, mantendo as condições de segurança, comodidade e durabilidade. Nestes movimentos devem ser considerados, sobretudo, os motivados por efeitos térmicos, de retração e de deformação lenta.

Para escolha do tipo de junta de dilatação a ser empregada, deve ser levado em conta a sua classificação, segundo critérios qualitativos e quantitativos, como o modo de execução, os materiais utilizados, os movimentos permitidos, o funcionamento estrutural, a localização, dentre outros.

Uma vez que as juntas são os elementos das obras de arte especiais mais sujeitos a desgastes e mais sensíveis, deve ser previsto obrigatoriamente o uso de chapas metálica de proteção de 5 mm presas por pinos de fixação.

4.1.5 Guarda-corpo

Devem ser colocados lateralmente aos passeios. A largura mínima recomendável para o passeio é de 0,60 m. O guarda-corpo pode ser metálico ou de concreto. Ele deve possuir altura mínima de 1,00 m e todos os seus detalhes e dimensões devem ser apresentados em projeto.

O guarda-corpo não tem função estrutural, mas deve ser dimensionado e verificado para cargas horizontais de 0,80 kN/m na altura do corrimão, conforme ABNT NBR 6120.

4.1.6 Declividade

Para possibilitar a drenagem do tabuleiro, as seções transversais sobre as obras de arte especiais devem ser estabelecidas de forma a:

- a) não existir declividades transversais nulas;
- b) manter uma única situação transversal do tabuleiro, sempre que possível;
- c) manter a declividade mínima de 2 cm/m (2%), para o tabuleiro; e
- d) apresentar declividade transversal do tabuleiro pela própria concretagem e nunca por enchimento.

Nos casos de obra de arte especial, situada em parte ou totalmente em transições, deve haver variação de declividade.

4.1.7 Drenagem

Deve ser apresentado o esquema de drenagem pluvial do estrado, onde a captação de águas pluviais deve ser resolvida pela adequada localização de elementos de drenagem sobre o tabuleiro. Esses elementos, com a maior capacidade de captação possível, devem situar-se, de preferência, na faixa próxima ao guarda-lastro, passeios e refúgios. Quando houver possibilidade de descarga direta, em obras sobre cursos d'água ou terreno natural protegido contra a erosão das descargas, a captação deve ser feita por meio de drenos (tubos de PVC), com diâmetro e espaçamento estabelecidos em função da área de contribuição, apresentando diâmetro mínimo de 50 mm e quantidade suficiente para drenagem

completa do tabuleiro.

Sempre que houver possibilidade de acúmulo de água nas partes internas da estrutura, devem ser deixados drenos de diâmetro mínimo de 50 mm e quantidade suficiente para drenagem completa da estrutura.

Quando a obra de arte especial for drenada por drenos, a captação sobre a região do aterro de encontro deve ser lançada fora dos limites da obra de arte especial, para evitar que ocorra a erosão dos aterros.

Em obras onde há necessidade de estruturas de contenção de solo, é extremamente necessário que se tomem os cuidados recomendados no que diz respeito à drenagem, pois a água pode exercer inúmeros efeitos sobre as contenções. Devem ser previstos e detalhados nestas estruturas, elementos de captação por meio de drenos.

4.1.8 Pingadeira

As pingadeiras são elementos de drenagem essenciais à manutenção, ao bom aspecto das obras de arte especiais e ao aumento de sua durabilidade. Elas devem ser eficazes, impedindo o livre escoamento das águas pluviais.

4.2 Mesoestrutura

A mesoestrutura deve ser projetada com pleno conhecimento do processo construtivo que será adotado, como a utilização de formas convencionais, trepantes, ou deslizantes, considerando assim, espessuras de cobrimento e armaduras com detalhes também diferenciados. O sistema construtivo da mesoestrutura influi no seu detalhamento. No caso de ser adotado processo construtivo com formas deslizantes, devem ser consideradas as prescrições da ABNT NBR 6118.

4.2.1 Aparelhos de apoio

Os aparelhos de apoio devem ser de elastômero fretado com chapas e aço. Em apoios extremos ou de junta sobre pilar, podem ser utilizados aparelhos deslizantes. Devem constar no projeto, berços para evitar a penetração de impurezas.

Os aparelhos de elastômero fretado devem ser dimensionados e possuir chapa de aço com espessura mínima de 3 mm. Também deve ser previsto um envolvimento de elastômero de 3 mm em todas as suas faces. O assentamento dos aparelhos deve ser feito sobre camada de *grout* de 20 mm de altura, para nivelar o aparelho e evitar possíveis acúmulos de água ou detritos.

Devem ser feitas verificações dos aparelhos de apoio com indicação de dureza, módulo de deformação transversal e valores máximos previstos para tensão de compressão, rotação e distorção. O projeto desses aparelhos deve exigir verificações do tipo:

- a) ligação entre aço e elastômero;
- b) escorregamento;
- c) bordo menos comprimido;
- d) estabilidade; e
- e) espessuras de aço.

O projeto de obra de arte especial com aparelhos de elastômero fretado requer alguns cuidados especiais, como:

- a) ensaio para verificação da qualidade de fabricação;
- b) cuidado na instalação, de modo a não impor ao aparelho deformações imprevistas;
- c) superfícies não planas ou não paralelas, pois estas podem causar o rompimento do aparelho, mesmo que sob carga permanente; e
- d) prever a troca dos aparelhos.

Em estruturas especiais, para determinado caso, onde se justifica sua utilização por ser necessária tecnicamente, podem ser adotados aparelhos de apoio do tipo cernoflon ou metálico.

4.2.2 Pilares

Para obras com superestrutura isostática e pilares curtos ou de porte médio, deve ser adotada seção transversal retangular maciça, até o limite de sua vantagem econômica e construtiva, ou seção transversal retangular vazada constante.

Quando houver necessidade de variação de seção ao longo da altura em um ou mais pilares de uma determinada obra, todos os pilares devem conter o mesmo tipo de variação, de forma a preservar a unidade estética da mesoestrutura.

Para estruturas com ligação rígida entre a superestrutura e a mesoestrutura, os pilares devem ser do tipo “par de facas”, com as dimensões necessárias, após apresentação da verificação de cálculo.

Para pilares considerados intermediários e esbeltos, deve ser feita avaliação das dimensões mínimas e estudo de estabilidade. Para obras de arte especiais com pilares esbeltos, deve ser adotada a solução de viga contínua com esforços horizontais transmitidos, no topo ou em parte, aos encontros.

Devem ser considerados os efeitos de 2ª ordem, no dimensionamento de pilares à flexão composta, conforme ABNT NBR 6118, para que o equilíbrio seja analisado a partir da configuração deformada das peças estruturais. Além disso, deve ser analisada a estabilidade global do pilar e verificada a adoção de efeitos de 2ª ordem, com não linearidade física, geométrica ou ambas.

Deve ser previsto o escoamento de águas eventualmente infiltradas, caso seja utilizada seção caixão para os pilares. Nos pilares-parede e nos pilares celulares, as transições entre blocos e pilares devem ter armaduras horizontais convenientemente dispostas para absorver efeitos de retração de concretos com idades diferentes. Nos topos destes pilares, além das fretagens convencionais, devem ser adotadas armaduras horizontais adicionais, do tipo de blocos parcialmente carregados, para considerar a entrada de cargas da superestrutura.

Todos os pilares devem prever locais para acoplagem de macacos hidráulicos, possibilitando levantamento das transversinas para substituição dos aparelhos de apoio. A mesoestrutura deve ser projetada de maneira a possibilitar uma fácil e rápida troca de aparelhos de apoio.

4.2.3 Encontros

Os encontros devem ser de concreto armado com dimensões compatíveis com os esforços aos quais serão submetidos, bem como adequados às condições de relevo do terreno existente.

Deve ser apresentada análise de estabilidade dos encontros em relação às alturas dos aterros, por meio da compatibilização dos esforços horizontais e verticais, assim como a possibilidade de existência da cunha de ruptura do aterro e recalque, para determinação da adoção dos encontros leves ou pesados. Os encontros devem sempre apresentar laje de transição.

Os encontros das obras de arte especiais devem ser concebidos como leves ou pesados, somente após a verificação da sua estabilidade global, em referência aos seus carregamentos verticais e horizontais, inclusive levando em consideração a sobrelevação dos carregamentos devido aos impactos e frenagens.

No caso da ligação rígida da superestrutura aos encontros, estes podem ser preenchidos com brita ou outro material disponível que compatibilize o peso do encontro e do enchimento com os esforços horizontais ou de levantamento.

Os encontros fechados devem ter janelas para inspeção do seu interior.

No preenchimento do prisma de aterro complementar, contido pela cortina e alas do encontro, sob a laje de transição, pode ser utilizado solo-cimento ou outro material que atinja compactação igual ou superior às camadas finais do aterro.

As cortinas são transversinas externas, dotadas de um ou dois dentes ao longo de todo o seu comprimento. O dente superior, que é obrigatório, suporta a laje de transição e o inferior, que é aconselhável, melhora a contenção lateral do aterro e as armaduras das cortinas.

Em virtude do esquema estrutural adotado para as lajes de transição, da proximidade dos eixos do veículo-tipo e para evitar artifícios de cálculo que reduzam demasiadamente a atuação da carga móvel sobre as cortinas, recomenda-se que estas sejam dimensionadas para um trem-tipo constituído de duas cargas concentradas, afastadas de 2,00 m e cada uma com o valor da metade da carga do veículo-tipo, sem impacto. As solicitações de carga permanente das lajes de transição só devem ser consideradas quando desfavoráveis para a estrutura.

As alas são estruturas laminares, solidárias às cortinas e com geometria adequada para contenção lateral dos aterros de acesso. As alas devem ser projetadas de forma que fiquem mergulhadas, no mínimo, 0,50 m no terrapleno projetado. Sua espessura não deve ser inferior a 0,25 m e, preferencialmente, deve confinar toda a laje de transição.

Havendo passeios laterais, barreiras e guarda-corpos, estes devem ser prolongados até o alinhamento das extremidades das alas.

4.3 Infraestrutura

A escolha da solução da fundação mais adequada para uma determinada condição de projeto deve ser norteadada por fatores técnicos e econômicos, considerando também seu desempenho.

Podem ser adotados três tipos de soluções distintas para a fundação: sapata, tubulão ou estaca. Para determinado tipo de solução devem ser analisadas as informações sobre a capacidade de suporte do terreno e as condições de execução propriamente ditas, como: nível d'água, coesão de material, necessidade de escoramentos, danos às estruturas vizinhas, deformações das camadas subjacentes, ensecadeiras, estabilidade de encostas, erosões ou qualquer outra condicionante de ordem técnica, construtiva e econômica.

Para comprovar a capacidade de carga das fundações das obras de arte especiais, deve ser executada prova de carga estática e dinâmica, seguindo os critérios e especificações de projeto baseados na

ABNT NBR 6122, atendendo aos requisitos de quantidade mínima de provas de carga, de qualidade e do conhecimento destes elementos de fundação, nos mais variados tipos de solos, trazendo maior segurança e confiabilidade às fundações das obras.

Devem ser executadas, no projeto básico e no projeto executivo, sondagens conforme preceve a INFRA PRO-00002, que trata dos estudos geotecnológicos.

4.3.1 Fundação em sapatas

Devem ser do tipo sapata rígida. Também devem ser adotados blocos rígidos compatíveis com as taxas de suporte do terreno. Salvo justificativa específica, não é permitido o assentamento de fundação direta em terrenos com capacidade de suporte menor ou igual a 0,15 MPa (1,5 kgf/cm²).

4.3.2 Fundação em tubulão

Os tubulões devem ser executados em concreto armado. Quando executados a ar comprimido, devem ser dimensionados convenientemente. O espaçamento mínimo entre tubulões deve ser definido em função da folga entre o limite de duas bases vizinhas, mantida a distância mínima entre eixos de 2,5 vezes o diâmetro do tubulão.

No caso dos tubulões a ar comprimido, o detalhamento da armadura longitudinal deve prever emendas, em quantidade necessária, para que as barras tenham dimensões suficientes para entrar nas campânulas que ficam sobre as camisas.

Os blocos de coroamento dos tubulões devem, preferencialmente, ter seus níveis inferiores acima do nível d'água, na época da sua construção.

Os materiais decorrentes das escavações devem ser classificados de acordo com as seguintes definições:

- a) material de 1ª categoria: compreendem solos em geral, residuais ou transportados, com diâmetro de partículas máximo inferior a 0,15 m, qualquer que seja o teor de umidade, escavado sem a exigência do emprego de explosivos, podendo exigir escarificação esporádica;
- b) material de 2ª categoria: compreende material com resistência ao desmonte inferior à da rocha sã (não alterada), cuja extração se processe por combinação de métodos que obriguem a utilização de maior equipamento de escarificação, constituído por um trator de esteira de potência no volante igual ou superior a 270 HP e escarificador de dimensões adequadas para operar com o trator mencionado. A extração eventualmente poderá envolver o uso de explosivos para desagregação do material ou processo manual adequado. Estão incluídos nesta classificação os blocos de rocha de volume inferior a 2 m³ e os matacões de diâmetro médio entre 0,15 m e 1,00 m, cuja extração se processe com o emprego de rompedor pneumático ou *ripper*; e
- c) material de 3ª categoria: compreende material com resistência ao desmonte equivalente ao da rocha sã (não alterada) e blocos de rocha com diâmetro médio superior a 1,00 m ou de volume igual ou superior a 2 m³, cuja extração e redução, a fim de possibilitar o carregamento, se processem com o emprego contínuo de explosivos e eventualmente desmonte a frio.

Observa-se, no entanto, a recorrência dos seguintes resultados, salvo algumas exceções, que auxiliam na classificação do material e que podem ser considerados:

- a) material de 1ª categoria: material perfurado com sondagem a trado (ST), poço de inspeção (PI) e/ou sondagem a percussão (SP), com N_{SPT}, geralmente, inferior a 35;

PRO-00030

- b) material de 2ª categoria: material perfurado com SP, sendo necessário o uso de lavagem, conforme ABNT NBR 6484, e com N_{SPT} igual ou superior a 35, em vários ensaios consecutivos, ou sondagem rotativa (SR), com recuperação de no máximo 50%, com a técnica adequada e com o uso de barrilete duplo giratório em bom estado; e
- c) material de 3ª categoria: material impenetrável ao procedimento de lavagem da SP, conforme ABNT NBR 6484, perfurado exclusivamente com SR e com recuperação superior a 50%, com a técnica adequada e com o uso de barrilete duplo giratório em bom estado.

O uso da concepção estrutural de fundações em tubulões a ar comprimido deve seguir as seguintes observações:

- a) utilizar quatro equipes de trabalho, para que seja preservado o tempo máximo de exposição contínua e/ou substituição de trabalhador, em caso de saída do ambiente pressurizado, devido a alguma necessidade de realização durante a etapa construtiva, atendendo às questões de insalubridade e aos riscos, no desenvolvimento dos trabalhos para a execução de tubulões a ar comprimido, conforme NR 7, NR 15, NR 18 e NR 33;
- b) profundidade máxima de 18,00 m permitida para utilização de tubulões de ar comprimido, independentemente da altura da lâmina d'água;
- c) proibido o uso de qualquer tipo de explosivo dentro da câmara de compressão, ou seja, nenhum corte rochoso pode ser realizado a fogo, independentemente da profundidade atingida;
- d) a pressão máxima interna a ser aplicada deve ser de 2 kg/cm², sendo que as campânulas devem ser obrigatoriamente testadas com uma pressão de até 7 kg/cm²;
- e) utilização de comunicação eletrônica entre os trabalhadores;
- f) elaboração de procedimento operacional para resgate por manopé com guincho, em caso de acionamento em que haja pane no sistema elétrico; e
- g) procedimentos operacionais com treinamentos para inclusão de projeto das plataformas de trabalho, com ponto de fixação de cintos de segurança e monitoração de gases no interior do ambiente confinado.

O uso de fundações em tubulões a ar comprimido agrega altos custos de execução, portanto, esta concepção estrutural só deve ser adotada em casos extremos, por questões principalmente logísticas.

4.3.3 Fundação em estacas

As estacas devem ser dos seguintes tipos:

- a) cravada com perfil metálico; ou
- b) escavadas: raiz, hélice contínua ou de grande diâmetro com camisa metálica.

A escolha deve ser devidamente fundamentada nos aspectos técnico e econômico.

5 Características dos materiais

5.1 Concreto

Devem ser adotadas, no mínimo, as seguintes resistências características à compressão para o concreto, conforme o tipo de estrutura:

- a) tabuleiros com vigas protendidas (incluindo laje e transversinas), $f_{ck} \geq 30$ MPa;
- b) tabuleiros de estrutura em balanços sucessivos (incluindo laje e transversinas), $f_{ck} \geq 35$ MPa;
- c) guarda-lastro, caixa de cabos, placas de forma pré-moldadas, refúgios, lajotas pré-moldadas de passeio e outros, $f_{ck} \geq 20$ MPa;
- d) pilares, encontros e laje de transição, $f_{ck} \geq 25$ MPa;
- e) sapatas, tubulões (inclusive enchimento de núcleo e base alargada), blocos de coroamento de tubulões, vigas de amarração de blocos, $f_{ck} \geq 25$ MPa;
- f) estaca raiz ou escavada, $f_{ck} \geq 20$ MPa; e
- g) concreto de regularização, $f_{ck} \geq 15$ MPa.

Resistência característica à compressão do concreto diferente das citadas deve ser devidamente justificada.

5.2 Aço

Para concreto armado, deve ser usado aço do tipo CA-50 e, para concreto protendido, aço CP 190 RB.

Para fretagens ou armaduras que precisam sofrer dobramentos após sua colocação, pode ser utilizado o aço CA-25.

6 Critérios de dimensionamento e coeficientes

Na elaboração dos cálculos da carga permanente devem ser adotados os seguintes pesos específicos:

- a) concreto armado e protendido: 25 kN/m^3 ($2,5 \text{ tf/m}^3$);
- b) camada impermeabilizante: 24 kN/m^3 ($2,40 \text{ tf/m}^3$);
- c) lastro: 18 kN/m^3 ($1,80 \text{ tf/m}^3$); e
- d) dormentes, trilhos e fixações: 8 kN/m ($0,80 \text{ tf/m}$).

Os coeficientes de majoração, minoração e combinação das ações a serem consideradas, nas verificações dos estados limites último e de serviço, dos diversos elementos estruturais, devem seguir a ABNT NBR 8681.

Os coeficientes de segurança dos materiais devem seguir a ABNT NBR 6118.

7 Aspectos ambientais

Deve-se obter a anuência do órgão ambiental licenciador, para instalação de áreas de apoio temporárias (canteiros de obras), necessárias a instalação das obras de arte especiais, em áreas de preservação permanente.

Todos os vãos de pontes devem ser reconformados ao final da obra no trecho, para que apresentem passagens secas de fauna, em ambas as margens, com dimensões mínimas de 2,00 m de largura e 1,50 m de altura. Também devem ser implantadas cercas direcionadoras de fauna, próximas aos vãos, para que os animais não transitem pelo aterro e não acessem o eixo da ferrovia. As cercas direcionadoras devem ser implantadas por 100 m, para cada lado da ferrovia, a partir da base da saia do aterro e devem respeitar o Projeto Tipo VALEC 80-DES-000A-23-8018, aprovado pelo órgão licenciador.

As áreas de preservação permanente, somente devem ser desmatadas no momento da construção das obras de arte especiais, de forma a manter sua função ecológica e evitar a formação de passivos ambientais até o momento da execução da obra. Em áreas de preservação permanente, a vegetação só deve ser suprimida na largura do *offset*.

Deve ser considerada a resolução CONAMA 454/2012, que estabelece as diretrizes gerais e os procedimentos referenciais, para o gerenciamento do material a ser dragado em águas sob jurisdição nacional.

Deve-se obter a outorga para intervenções no corpo hídrico, conforme a Lei 9.433/97, que instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos.

Para alterações de projeto deve-se considerar a Nota Técnica 636/2014/COTRA/IBAMA e a Portaria Normativa VALEC nº 3/2021/ASSDIREM-VALEC/DIREM-VALEC, no que se refere à anuência do órgão licenciador.

8 Fases de projeto

Os projetos de obras de arte especiais devem ser desenvolvidos nas fases de anteprojeto, projeto básico e projeto executivo.

8.1 Anteprojeto

Nesta fase devem ser coletadas informações básicas indispensáveis à elaboração do projeto, sendo:

- a) informações de caráter local, que indiquem a finalidade da obra, a situação no sistema ferroviário, as condições de acesso, as características regionais e a disponibilidade de materiais e mão de obra, que permitam a definição do local de implantação da obra de arte, a adoção do tipo estrutural adequado, a implantação segura das fundações e a correta avaliação das ações específicas locais na estrutura;
- b) finalidade da obra, deve ser feita uma análise presencial no local da obra de arte especial, com foco nas informações inerentes ao tipo de solo predominante (como existência de areias, argilas, solos moles, lajes contíguas de rochas ou blocos/matacões, dentre outras), avaliação prévia do gradiente do talvegue, verificação da vegetação ciliar densa ou rala, observação da modelagem do terreno, se em várzeas ou vales com ombreiras suaves ou íngremes, investigação visual do nível de cheias (mínima e máxima), condições locais de acesso, de mão de obra local, de materiais de construção e de interferências, de registro de pontos coordenados com GPS e de material fotográfico; e
- c) informações do projeto da ferrovia, a serem utilizadas na elaboração do projeto da estrutura da obra de arte especial, de forma que as características físicas, geométricas, operacionais e, principalmente, a largura da seção transversal da obra de arte sejam determinadas em conformidade com a via projetada, incorporando os principais elementos do traçado, de modo a

não reduzir a sua capacidade.

O projeto básico de obras de arte especiais deve seguir o que especifica a Instrução Normativa Nº 1/SUPRO-VALEC/DIREN-VALEC de 2021.

8.1.1 Informações locais e finalidade da obra

8.1.1.1 Elementos topográficos

Devem ser levantados os seguintes elementos topográficos:

- a) perfil longitudinal do terreno ao longo do eixo do traçado, com greide cotado, desenhado em escala de 1:100 ou 1:200, especificando as amarrações ao estaqueamento georreferenciado do projeto da ferrovia e localizações, em extensão total, que permita a definição da obra e dos aterros de acesso;
- b) em caso de transposição de curso d'água, levantamento da seção transversal, com indicação das cotas de fundo a intervalos máximos de 5,00 m; e
- c) planta topográfica do trecho em que será implantada a obra, apresentada na escala 1:100 ou 1:200, com curvas de nível de metro a metro, contendo o eixo do traçado, interferências existentes como limites de divisas, linhas de transmissão e a esconsidade em relação ao obstáculo a ser vencido, abrangendo área suficiente para definição da obra e acessos. Devem ser especificadas as amarrações ao estaqueamento georreferenciado do projeto da ferrovia, e ainda definidas as suas localizações.

8.1.1.2 Elementos hidrológicos

Devem ser levantados os seguintes elementos hidrológicos:

- a) indicação das cotas, épocas e durações das ocorrências de máxima cheia e máxima estiagem do curso d'água;
- b) memória de cálculo da determinação da seção de vazão, necessária à obra de arte especial, com indicação da velocidade máxima das águas no local;
- c) indicação da possibilidade de ocorrência de depósitos no leito, margens e erosões no fundo ou nas margens do curso d'água, assim como tendência à divagação do leito do rio e eventual transporte de matérias flutuantes nos períodos de cheia;
- d) verificação da possibilidade de ocorrência de águas agressivas, tanto sob o aspecto tóxico, como sob o aspecto de ação destrutiva;
- e) informações sobre projetos de barragens planejados a montante;
- f) informações sobre serviços de regularização, dragagem, retificações ou proteção das margens, em execução e planejados;
- g) informações sobre as obras de arte implantadas nas proximidades, como tipo da estrutura, extensão da obra, número de vãos, altura de construção, vazão, tipo de fundação, margens e existência ou não de erosão nas fundações, margens e encontros, ou qualquer outro dado de interesse; e
- h) informações sobre navegabilidade do rio, tipos de embarcações, gabarito mínimo necessário entre

o nível de enchente máxima do rio e o fundo da obra de arte especial.

8.1.1.3 Elementos geotécnicos

Devem ser levantados os seguintes elementos geotécnicos:

- a) sondagens de reconhecimento em número e profundidade, que permitam a caracterização do subsolo, ao longo do eixo provável da ferrovia, em toda a extensão da futura obra de arte especial, suficientes para a definição da concepção do projeto;
- b) plano de sondagem com proposta de locação das fundações, referida ao eixo da ferrovia;
- c) perfis e plantas geológicas de cartas oficiais da região, indicando a natureza das rochas e solos, que devem ser cruzados com interpretações de fotos aéreas ou de satélites e de inspeções de campo, com exame de locais do provável eixo e de obras existentes a montante e a jusante do rio;
- d) apresentação de planta com a locação das sondagens;
- e) definição dos perfis geológicos-geotécnicos;
- f) apresentação de boletim de sondagem individual georreferenciada de cada furo, indicando as profundidades, a classificação das diversas camadas atravessadas, o nível d'água, os índices de resistência à penetração, com o respectivo gráfico, e o equipamento empregado. Execução de sondagens rotativas ou mistas, quando a fundação for em rocha ou em terrenos que apresentem matacões;
- g) apresentação de relatório das sondagens, indicando o equipamento empregado, descrevendo as condições do subsolo explorado e interpretando os resultados obtidos; e
- h) em caso de terreno cuja estabilidade possa ser ameaçada pela colocação dos aterros de acesso, devem ser feitos estudos geotécnicos especiais, que permitam a demonstração de estabilidade do solo, do aterro e da obra de arte.

8.1.1.4 Elementos complementares

Devem ser levantados os seguintes elementos, a fim de complementar as informações:

- a) nomenclatura da ferrovia, trecho, subtrecho e estaca ou quilômetro em que a obra será implantada e os nomes dos obstáculos a serem transpostos;
- b) descrição dos aspectos locais que interessam ao projeto, como proximidade de centros urbanos, gabaritos a obedecer, necessidade de passeios para pessoas em serviços e guarda-corpos especiais, drenagem, passagens de tubulações, postes de iluminação, aspectos paisagísticos a considerar e quaisquer outros informes especiais necessários (como interferências com concessionárias do serviço público ou particular, questão que possa intervir na relação paisagística e urbana, bens tombados, sítios arqueológicos, dentre outros);
- c) meios de acesso à região e ao local da obra; e
- d) informações sobre a existência de jazidas de materiais que possam ser empregados na execução da obra, discriminando tipos disponíveis, quantidades e custos.

8.1.2 Informações do projeto da ferrovia

Devem ser levantadas as seguintes informações do projeto da ferrovia:

- a) trem-tipo a ser adotado;
- b) características físicas e geométricas do traçado, seções transversais apresentadas em planta e perfil; e
- c) características técnicas do projeto, necessárias à fixação das características operacionais e período do projeto.

8.2 Projeto básico

O projeto básico de engenharia para construção de obras de arte especiais de ferrovias deve ter os elementos construtivos detalhados, como desenhos, memórias descritivas, cronogramas físico e financeiro, planilhas de quantidades e orçamentos, plano gerencial e, quando cabível, especificações técnicas de equipamentos a serem incorporados à obra. O projeto básico deve informar e descrever com clareza, precisão e concisão, o conjunto da obra e cada uma de suas partes.

Devem ser usadas as informações contidas no anteprojeto e, se necessário, feitos levantamentos preliminares, a fim de obter informações suficientes para elaboração do projeto básico, nos quais devem ser observados aspectos como definições para concepção de projeto com informações de caráter local, que indiquem a finalidade da obra. Essas informações devem permitir a definição do local de implantação da obra de arte, o tipo estrutural adequado e a implantação segura das fundações.

As informações preliminares visam apresentar características físicas, geométricas e operacionais da ferrovia, que possam influenciar na definição da seção transversal da obra de arte, incorporando os principais elementos do traçado.

No projeto básico devem constar as soluções estruturais e construtivas para a superestrutura, mesoestrutura e infraestrutura da obra de arte especial, que mais se adequem tecnicamente às condicionantes locais. Também deve ser descrita uma avaliação técnica e econômica de cada uma das alternativas de solução estudadas, fundamentando elementos que consolidem e justifiquem, de forma plena e consistente a opção de solução adotada. Para isso, devem ser apresentados estudos, relatórios, desenhos e memória de cálculo. O projeto básico de obras de arte especiais deve seguir o que especifica a INFRA PRO-00004 e deve ser detalhado conforme descrito em 8.2.1 a 8.2.3.

8.2.1 Relatório

O relatório do projeto básico de obras de arte especiais deve fornecer o detalhamento e as justificativas técnicas referentes ao projeto elaborado, conforme INFRA PRO-00004.

Deve ser apresentado estudo topográfico, composto por mapa de situação da região de influência da obra, apresentando elementos como descrição da localização e características do traçado no trecho da ferrovia no qual a obra de arte especial se situa, informando estaca/quilometragem inicial e final da obra, rampa e cotas inicial e final do greide com curvas de nível espaçadas, de forma a permitir a perfeita caracterização dos taludes de corte e aterro, se em tangente ou curva, citando o raio, esconsidade no caso de cruzamento de vias, entre outros. Também devem ser evidenciadas ocorrências como vias, rios, lagos, com os respectivos gabaritos, cotas e seções transversais pelos apoios, mostrando a implantação das fundações. Deve ser apresentado registro fotográfico, com no mínimo 5 fotos legendadas que possibilitem uma visualização das características principais da região da obra de arte especial.

O estudo geométrico deve ser composto por declividade transversal e longitudinal, elementos de curvas verticais e horizontais, valor e posição de gabaritos mínimos rodoviários e ferroviários, a serem preservados na passagem superior ou inferior e as coordenadas dos eixos dos pilares.

O estudo hidrológico deve apresentar o nível normal e de máxima enchente e seção de vazão calculada que determine e explicita o "NAMP - $T_r=100$ anos" a ser adotado no projeto. Também deve ser composto por memória de cálculo da determinação da seção de vazão necessária à obra de arte especial, com indicação da velocidade máxima das águas no local.

Deve indicar a possibilidade de ocorrência de depósitos no leito e nas margens e de erosões no fundo ou nas margens do curso d'água, assim como tendência à divagação do leito do rio e eventual transporte de materiais flutuantes nos períodos de cheia.

Deve ser indicado o regime fluvial, a direção e a velocidades da correnteza, com indicação de períodos de enchente e seca e dos meses mais convenientes para execução das fundações.

Também deve ser indicada a necessidade de proteção das encostas ou das margens, nas proximidades da obra de arte especial, e ser apresentado esquema de drenagem pluvial sobre o tabuleiro e os acessos.

Se existirem obras de arte especiais em cursos d'água navegáveis, devem ser realizados procedimentos visando a consulta e a aprovação do gabarito de navegação e a solicitação de autorização de construção destas obras. Dentre estes procedimentos, destacam-se:

- a) realização de consulta às administrações das referidas hidrovias, para conhecimento do comboio tipo a ser adotado no cálculo do gabarito de navegação necessário;
- b) adoção das publicações da *World Association for Waterborne Transport Infrastructure* (PIANC) como meio de consulta técnica, visando calcular o gabarito de navegação proposto, de modo a atender às características já conhecidas do comboio, às condições geométricas e hidráulicas do curso d'água e às possíveis expansões previstas em estudos de viabilidade técnica, econômica e ambiental;
- c) apresentação de proposta de gabarito à respectiva administração da hidrovia, para aprovação, com menção à Diretoria de Infraestrutura Aquaviária (DAQ), do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT); e
- d) encaminhamento do projeto com aprovação do gabarito de navegação concedida pela DAQ do DNIT, do projeto de sinalização náutica, de proteção dos pilares e de iluminação da obra, para a Capitania dos Portos/Marinha do Brasil da região da obra, visando solicitação de liberação para construção.

Devem ser executadas sondagens, conforme prescrito na INFRA PRO-00002, sendo no mínimo uma sondagem para cada apoio da OAE, contendo o perfil longitudinal do terreno, constando os dados das sondagens de reconhecimento para cada apoio, o perfil provável do subsolo, indicando a taxa de resistência encontrada no cálculo, o tipo e as dimensões das fundações, com as cargas máximas permitidas.

Todas as sondagens devem ser completas, permitindo a perfeita caracterização do solo. Deve ser apresentada a descrição da metodologia empregada para a realização das sondagens das diferentes camadas encontradas, a análise preliminar de problemas que possam ocorrer com a implantação da obra, bem como os perfis individuais de cada uma das sondagens. Todas as sondagens à percussão devem ser realizadas de acordo com os critérios definidos pela ABNT NBR 6484.

A planta de locação das sondagens deve ser apresentada em escala apropriada, em função do número de sondagens executadas. O perfil geológico-geotécnico deve ser transcrito nos boletins de sondagem indicando o número de sondagens, os resultados dos ensaios de penetração, o perfil provável de cada camada, a posição do lençol freático, a classificação das camadas do subsolo indicando tipo, cor, consistência ou capacidade e demais elementos.

Devem ser apresentados os boletins de sondagem na posição do furo (estaca), a estratificação representada na posição do furo, o número de golpes SPT, o grau de recuperação da rocha e o Índice de Qualidade da Rocha (RQD), as fotos dos testemunhos e as coordenadas de cada furo. Os boletins de sondagem devem conter a assinatura do engenheiro fiscal da INFRA S.A. e do engenheiro responsável pela execução das sondagens, com a respectiva anotação de responsabilidade técnica (ART).

Devem ser descritas as características técnicas e operacionais de sistemas de comunicação, sinalização e licenciamento a serem adotados, por estudos econômicos realizados, pela caracterização do trecho ferroviário e por sua nomenclatura. Devem ser descritas as operações de tráfego, manobras, cruzamentos de trens, cargas e descargas e transbordos, informando os intervalos entre trens e o comprimento dos trens e das vias. O plano operacional deve compreender a análise dos fluxos de transporte, do trem tipo utilizado nos trechos, o total de dias úteis por ano em operação, os tempos de manobras, as cargas e descargas nos terminais e as interfaces com outras ferrovias.

Além disso, devem ser coletadas informações sobre os cruzamentos rodoviários mais significativos e possíveis interferências urbanas, inclusive a estimativa preliminar de tráfego rodoviário para justificar a implantação de projeto de interseção em desnível, conjuntamente com a expectativa de tráfego de trens.

Devem ser feitas as consultas necessárias aos órgãos de definida competência, para obtenção de informações preponderantes ao desenvolvimento dos projetos de obras de arte especiais. A verificação de interferências deve ser realizada na elaboração do projeto básico, considerando os limites de divisas com linhas de transmissão, gabaritos de navegação, rodovias, ferrovias, PCH e/ou UHE e dutos em qualquer espécie, levantamento de proximidade com centros urbanos, gabaritos a obedecer, necessidade de passeios para pedestres e guarda-corpos especiais, pista para bicicletas ou carroças, drenagem, passagens de tubulações, postes de iluminação e outros.

Tais consultas devem prever a possibilidade de existência já comprovada ou a possibilidade de interferência futura perante a documentação e registro de expansão dos modais ou elementos acima elencados. É de responsabilidade do desenvolvedor do projeto, a execução de todo e qualquer levantamento de interferência necessário para a livre continuidade do projeto.

Os serviços especiais, não constantes na itemização padronizada da planilha de quantidades, devem ser objeto de consulta prévia para adoção, quando devem ser definidos novos itens para tal quantificação.

8.2.2 Desenhos

Os desenhos devem ser elaborados de acordo com a ABNT NBR 16752, no padrão A3, nas escalas convenientes, compatíveis com o detalhamento de cada desenho e com o carimbo. Deve ser incluída uma apresentação de quadro-resumo de quantidades individuais de todo o projeto.

Os desenhos devem ser elaborados em escalas convenientes, compatíveis com o detalhamento, unidade e notações definidas no memorial de cálculo. As escalas devem ser indicadas em cada detalhe do desenho. Cada obra deve conter o seu próprio conjunto de pranchas. Os desenhos de estruturas

para esta fase de projeto básico devem conter:

- a) planta de situação da obra de arte especial, com seu posicionamento e a interferência que ela vence, indicando o posicionamento dos *offsets* dos aterros de acesso nos encontros, dispositivos de proteção dos aterros, se necessários e, corta-rio, se for o caso;
- b) quando se tratar de obra com greide de alicive ou declive, a indicação dos níveis deve ser no mínimo nas seções sobre os apoios incluindo pontos notáveis, como ponto de tangência vertical (PTV), ponto de interseção vertical (PIV) e ponto de curva vertical (PCV);
- c) representação da localização de interferências existentes, como limites de divisas, linhas de transmissão e a esconsidade em relação ao obstáculo a ser vencido, de maneira que seja fácil o entendimento de demais particularidades e principais condicionantes que influem na definição da concepção e solução estrutural da obra de arte especial;
- d) desenho de fôrma, com elevações, plantas, cortes longitudinais e transversais, estacas de início e fim de obra, bem como no eixo das fundações, modulação dos vãos, cotas altimétricas em todos os apoios no início e final da obra, topo dos pilares, síntese dos perfis de sondagens, níveis d'água regular e o máximo considerado, indicação do gabarito considerado, conformação dos aterros dos acessos, dentre outros;
- e) desenhos de detalhes estruturais, especialmente de encontros, tipos, posicionamento e dimensões dos aparelhos de apoio e complementos como refúgios, caixa de cabos e outros;
- f) desenhos de detalhes arquitetônicos e locação da obra em planta e perfil, incluindo implantação e locação das fundações, contendo também as estacas de cada apoio, curvas de nível e caracterização do canal regular. Devem ser indicadas as taxas admitidas para fundações diretas ou tubulões e a carga máxima e mínima no estaqueamento quando utilizada esta opção;
- g) representação da locação dos furos de sondagem em planta e transcrição sucinta em perfil da estratificação do solo e do diagrama de penetrações do amostrador SPT. Se a fundação for projetada em estacas metálicas, o detalhe das emendas é obrigatório; e
- h) indicação no desenho principal, das especificações de materiais, cargas móveis ou eventuais sobrecargas adotadas, incluindo as decorrentes do processo executivo previsto, indicando a resistência característica dos materiais, a classe de agressividade ambiental, o cobrimento das armações e o fator água/cimento.

8.2.3 Memória de cálculo

Deve ser apresentada a memória de cálculo da estrutura, permitindo uma fácil análise das premissas adotadas no projeto, para que seja possível determinar os efeitos das ações na estrutura, com objetivo de efetuar verificações de estado limite último e de serviço, atendendo aos critérios de segurança e possibilitando que a estrutura mantenha características que possibilitem a utilização satisfatória da construção, durante sua vida útil, para a finalidade a qual foi concebida. A memória de cálculo da estrutura deve apresentar:

- a) esquema do modelo estrutural adotado, com as dimensões principais, características dos materiais, condições de apoio, hipóteses de cálculo e outras informações que sejam necessárias para defini-lo;
- b) cálculos destinados à determinação das solicitações;

- c) dimensionamento dos elementos estruturais, apresentados em sequência lógica e com desenvolvimento, tal que possam ser facilmente entendidos, interpretados e verificados. Além disso, os símbolos não usuais devem ser bem definidos, as fórmulas aplicadas devem figurar antes da introdução dos valores numéricos e as referências bibliográficas devem ser precisas e completas. Se os cálculos forem efetuados com auxílio de programas de computador, devem ser fornecidas as seguintes informações:
- 1) programa utilizado, indicando nome, origem, método de cálculo, hipóteses básicas, fórmulas, simplificações, referências bibliográficas, manual de utilização indicando o procedimento de entrada de dados e interpretações dos relatórios de saída;
 - 2) dados de entrada, modelo estrutural, descrição detalhada da estrutura acompanhada de esquema com dimensões, áreas, momentos de inércia, condições de apoio, características dos materiais, cargas ou outras ações e suas combinações; e
 - 3) resultados, com notações, unidades e sinais, bem como sua análise acompanhada de diagramas de solicitações e deslocamentos. Os resultados do cálculo por computador, parte integrante do memorial de cálculo, devem ser ordenados, completos e conter todas as informações necessárias à sua clara interpretação. Além disso, devem permitir uma verificação global, independente e, se possível, conter resultados parciais da análise realizada.
- d) verificação da segurança com relação aos seguintes estados limites, aplicando as definições constantes na ABNT NBR 8681, como a seguir:
- 1) estado limite último:
 - a) perda de equilíbrio da estrutura ou de uma de suas partes;
 - b) ruptura de seções críticas ou deformação plástica excessiva;
 - c) ruptura por deficiência de aderência ou de ancoragem;
 - d) flambagem; e
 - e) resistência à ruptura por efeito de fadiga.
 - 2) estado limite de utilização:
 - a) descompressão, conforme definido na ABNT NBR 6118;
 - b) formação de fissuras prematuras, conforme definido na ABNT NBR 6118;
 - c) abertura de fissuras excessiva, conforme definido na ABNT NBR 6118;
 - d) compressão excessiva, conforme definido na ABNT NBR 6118; e
 - e) deformação excessiva para utilização da estrutura, conforme definido na ABNT NBR 6118.

8.3 Projeto executivo

O projeto executivo de obras de arte especiais deve seguir as diretrizes estabelecidas no projeto básico

PRO-00030

e demais diretrizes estabelecidas por estudos complementares na fase de execução. Deve ser apresentado de forma individual no Volume 4, conforme indicações da INFRA PRO-00024.

Além das indicações que constam na indicações da INFRA PRO-00024, o projeto executivo de obra de arte especial deve ser composto por:

- a) planta geral, com posicionamento da obra e das interferências a serem vencidas. Devem obrigatoriamente ser apresentadas no mínimo as coordenadas de locação do centro e das quatro extremidades de cada bloco de coroamento;
- b) planta de elevação geral, com o perfil longitudinal, em meio corte e meia vista, e locação das fundações;
- c) desenho de armação;
- d) detalhe de guarda-corpo, refúgio e junta;
- e) seção transversal;
- f) fundações;
- g) locação dos furos de sondagem em planta e transcrição sucinta em perfil do diagrama de penetrações do amostrador SPT;
- h) desenhos elaborados em escalas convenientes, compatíveis com o detalhamento de cada um, e com unidade e notações definidas para o memorial de cálculo. As escalas devem ser indicadas em cada detalhe do desenho. Cada obra deve conter o seu próprio conjunto de pranchas. Os desenhos de estruturas, para esta fase de projeto executivo, devem conter:
 - 1) dimensões de todos os elementos estruturais componentes, as cotas necessárias à definição geométrica da obra (elevações, plantas, cortes longitudinais e transversais, detalhes estruturais e arquitetônicos e locação da obra em planta e perfil), classe no que se refere às cargas móveis, qualidade do concreto, taxas de trabalho do terreno de fundação ou cargas nas estacas, aberturas provisórias para fases de construção e retirada de fôrmas e aberturas definitivas para inspeção rotineira e permanente, bem como a previsão de locais para montagem de macacos, para substituição de aparelhos de apoio;
 - 2) devem constar nos desenhos de forma, sempre que necessário, as contra flechas e apoios auxiliares para escoramentos;
 - 3) estaqueamento de início e fim da obra, bem como no eixo das fundações;
 - 4) quando se tratar de obra com greide de aclave ou declive, a indicação dos níveis deve ser feita no mínimo nas seções sobre os apoios, incluindo pontos notáveis, como ponto de tangência vertical (PTV), ponto de interseção vertical (PIV) e ponto de curva vertical (PCV);
 - 5) níveis d'água, se possível mínimo, médio e máximo; e
 - 6) indicação do tipo de proteção dos taludes com relação aos efeitos da correnteza e máxima cheia.
- i) desenhos de armação indicando o tipo de aço, a disposição relativa às peças na estrutura e as dimensões das barras, quantidades, bitolas, forma, número das posições e espaçamento das

barras ou cabos, tipos e detalhes de emendas ou ligações a serem executados, ganchos e raios de curvatura adotados nas barras dobradas, cobrimentos, bem como, prever espaços para lançamento do concreto e utilização de vibradores. Cada folha deve conter uma lista geral das armaduras de todos os elementos estruturais apresentados, nessa lista devem constar os comprimentos unitários e totais de cada posição, os pesos totais das diversas bitolas e o peso de toda a armadura representada no desenho; e

- j) desenhos de execução, indicando a sistemática construtiva prevista, planos de concretagem, juntas obrigatórias e optativas, planos e tabelas de protensão, desenhos de escoramento convenientemente dimensionados de acordo com o plano de concretagem proposto, indicando sequência executiva e de cimbramento, bem como as deformações previstas. Devem também ser apresentados os desenhos dos cimbramentos especiais, como vigas articuladas, leques, arcos e outras estruturas que permitam o escoramento de grandes vãos. A via permanente, os dispositivos de drenagem, os guarda-corpos, a iluminação, a sinalização e as providências especiais na execução dos aterros de acesso também devem ser representados.

9 Revisão de projeto em fase de obra

9.1 Critérios para revisão de projeto

Devem ser adotados os seguintes critérios para revisão de projeto em fase de obra, de obras de arte especiais:

- a) em fase de obra, somente deve ser admitida revisão de projetos executivos devidamente aprovados;
- b) a revisão de projeto em fase de obra deve ser proposta quando comprovadamente ocorrer alguma das circunstâncias descritas a seguir:
- 1) inaplicabilidade do projeto executivo pelos seguintes motivos:
 - a) solução de projeto não mais aplicável;
 - b) desatualização do projeto em função do tempo decorrido entre a sua elaboração e a execução da obra; e
 - c) ocorrência relevante depois da elaboração do projeto.
 - 2) razões de segurança;
 - 3) situações de emergência; e
 - 4) incorporação de melhorias.

Em quaisquer das circunstâncias, as revisões de projeto propostas devem ser justificadas e embasadas por meio de estudos e demais elementos que demonstrem a necessidade da revisão.

No caso de obra contratada com projeto básico, as modificações de projeto necessárias devem integrar o projeto executivo e ser proposta a revisão do contrato para adequação a ele.

As revisões de projeto em fase de obra, em função de seus objetos, são classificadas isoladamente ou concomitantemente em:

- a) alteração de quantidade de serviço; e
- b) modificação de solução técnica.

A revisão que trata de alteração de quantidade de serviço tem como objetivo atualizar e/ou ajustar quantidades de serviços previstos no projeto vigente, sem alterar as soluções técnicas.

A revisão enquadrada em modificação de solução técnica tem como objetivo a alteração da solução do projeto de engenharia, preservando a concepção técnica do projeto original para a contratação da obra ou serviço.

Toda e qualquer revisão de projeto consiste na variação percentual do valor contratual, decorrente da alteração de quantidade nos itens de serviço presentes no contrato, ou da inclusão de novos itens de serviço ao contrato. Com a revisão de projeto em fase de obra deve ser realizada a revisão de contrato para adequação ao projeto executivo.

Sendo sua aprovação aceita, após análise da obra de arte especial, deve ser feita uma avaliação pela Gerência de Custo-GeCust/SUPRO para apreciação dos valores e quantitativos relacionados às alterações e aos limites estabelecidos pelo § 1º do Art. 65, da Lei nº. 8.666, de 1993, e suas alterações posteriores, para ser levada em consideração a manutenção das condições financeiras estabelecidas na licitação (manutenção do desconto ofertado) e o seu respectivo reflexo financeiro.

Depois de aprovada a revisão pela INFRA S.A., deve ser efetuada a regularização junto ao CREA, pela construtora e pelo responsável pelo relatório de revisão, por meio da correspondente ART, concernente à revisão de projeto na fase de obra.

As superintendências gestoras de contratos de obras ou serviços devem empenhar esforços para que a elaboração dos relatórios de revisão de projeto na fase de obra seja acompanhada, no local de execução dos serviços, por técnicos da sede da INFRA S.A..

Os casos omissos, que necessitem de regulamentação, e os conflitos com supervenientes, disposições legais e determinações a serem cumpridas, devem ser examinados pela diretoria da SUPRO/INFRA S.A. e as alterações necessárias nesta especificação técnica devem ser submetidas à aprovação da superintendência de projetos e custos.

As alterações físicas e financeiras efetuadas no projeto de engenharia na fase de execução de obra ou serviço devem ser consignadas no projeto *As Built*.

9.2 Conteúdo da revisão de projeto

Os relatórios de revisão de projetos em fase de obra devem seguir os moldes de apresentação dos projetos executivos de engenharia, conforme a INFRA PRO-00024.

9.2.1 Relatório de revisão de projeto

O conteúdo do relatório de revisão do projeto deve ser organizado conforme o seguinte:

- a) capa conforme o modelo do Anexo A;
- b) informações básicas do empreendimento, conforme a INFRA PRO-00024;
- c) sumário e índice detalhados, contendo a listagem dos capítulos e a indicação da página inicial de cada um, devendo estar presentes em todos os volumes e conter a numeração das páginas do(s)

arquivo(s) eletrônico(s);

- d) mapa de localização com indicação da futura obra;
- e) descrição sucinta do projeto original e dos serviços a serem executados, seção transversal da obra em questão, reforço projetado e demais itens pertinentes e relevantes ao projeto;
- f) resumo dos relatórios anteriormente aprovados, contendo informação sobre número de processos, ofícios e outros, data de aprovação e um relato das alterações, bem como o reflexo financeiro acarretado;
- g) descrição precisa das condições atuais do trecho, de todos os serviços executados até a data de elaboração deste relatório e uma ilustração com diagrama linear dos serviços já executados;
- h) relato de todos os fatores intervenientes na execução da obra, como início e paralisação dos serviços e da supervisão, alterações ocorridas, dentre outros;
- i) descrição pormenorizada de todas as alterações propostas, representações gráficas, diagramas, fotos das principais ocorrências, seções transversais e demais elementos que caracterizam as modificações de projeto constantes neste relatório;
- j) justificativas técnicas e econômicas das alterações propostas, incluindo comparativo das soluções possíveis;
- k) todos os itens que sofrerem alterações devem ter seus quantitativos apresentados por meio de memórias de cálculo e de quantitativos. Deve ser apresentada uma declaração de que os quantitativos foram verificados pelo projetista e que este assume total responsabilidade por eles. O Anexo B apresenta modelo de declaração;
- l) quando for o caso, notas de serviço revisadas, que representem os novos quantitativos de serviços propostos;
- m) quando necessário, um anexo com a documentação fotográfica, com as fotos identificadas e referenciadas no texto do corpo do relatório. Caso necessário, devem ser apresentados anexos referentes a documentos e elementos considerados pertinentes, relatórios de ensaio e normas particulares e complementares, de acordo com a necessidade do relatório em questão; e
- n) documentações correspondentes às anotações de responsabilidade técnica indicadas pela INFRA PRO-00024.

No caso de revisões de projeto enquadradas como “Adequações do contrato Executivo”, a estrutura do relatório pode ser reduzida, uma vez que as justificativas técnicas para eventuais alterações devem ter sido devidamente analisadas, quando da elaboração do projeto executivo.

9.2.2 Desenhos da revisão de projeto

Os desenhos da revisão de projeto em fase de obra de obras de arte especiais deve conter todos os desenhos de forma, armação e execução referente à obra, revisados.

9.2.3 Memória de cálculo da estrutura

A memória de cálculo da estrutura da revisão de projeto em fase de obra de obras de arte especiais deve conter todos os cálculos estruturais referentes ao projeto revisado.

9.3 Documentação

O relatório de revisão deve ser elaborado pela supervisora da obra ou serviço, observando as prescrições desta Norma, e seu desenvolvimento acompanhado pela fiscalização da INFRA S.A. e equipe de apoio do trecho ferroviário.

Caso não haja empresa contratada para os serviços de supervisão, o superintendente de construção pode autorizar, em ato oficial, que o relatório de revisão seja elaborado pela construtora contratada, com participação da fiscalização da INFRA S.A., observando as prescrições desta Norma.

Devem ser consideradas, quando da elaboração do projeto de revisão em fase de obra, todas as normas técnicas e especificações vigentes na INFRA S.A., aplicáveis à elaboração de projetos de engenharia de infraestrutura ferroviária.

Depois de concluído o relatório de revisão, o processo administrativo deve ser encaminhado ao superintendente de construção, pelo responsável pela fiscalização da INFRA S.A. no campo, com seu parecer conclusivo e o da supervisão contratada. Em seguida, deve ser encaminhado ao serviço de engenharia da superintendência de projeto, que fará a análise do relatório de revisão de projeto e a emissão de análise conclusiva, quanto a cada item de alteração proposto.

O relatório de revisão de projeto deve conter o visto dos profissionais envolvidos, sendo engenheiro fiscal da INFRA S.A. e engenheiro supervisor do lote.

Quanto à ART relativa à revisão, devem ser seguidos os seguintes critérios:

- a) quando se tratar de revisão apenas de aumento de quantitativo de serviços, sem alteração de concepção de projeto, pode ser apresentada ART de execução por parte da contratada, sendo complementar à ART principal do contrato, emitida quando do início das obras;
- b) quando a revisão contemplar nova concepção estrutural de projeto, deve ser apresentado no Volume 1 a ART do responsável por este projeto; e
- c) caso a ART da nova concepção estrutural seja elaborada por outros profissionais, que não a contratada, a ART deve ser apresentada no Volume 1 e contemplada na ART de execução.

10 Apresentação

10.1 Apresentação do anteprojeto

A apresentação do anteprojeto das obras de arte especiais, deve obedecer as indicações da Instrução Normativa Nº 1/SUPRO-VALEC/DIREN-VALEC de 2021 e incluir estudos e documentos, conforme os itens descritos a seguir:

- a) texto informativo do projeto;
- b) desenhos e plantas relativos aos elementos topográficos, hidrológicos, geotécnicos e do projeto da ferrovia; e
- c) anexos.

10.2 Apresentação do projeto básico

A apresentação do projeto básico deve obedecer as diretrizes da INFRA PRO-00004.

10.3 Apresentação do projeto executivo

A apresentação do projeto executivo deve obedecer as diretrizes da INFRA PRO-00024.

Anexo A

Capa para identificação de Volume



Logo do Projetista

Identificação do Volume

FERROVIA XXXX

TRECHO: XXXXX

SUBTRECHO: XXXXX

LOTE: XXXX



Anexo B**Declaração de responsabilidade**

O Eng. XXXXXXXXXXXXXXX, responsável pelo(s) projeto(s) de _____, e a empresa _____, aqui representada pelo seu responsável técnico, Eng. XXXXXXXXXXXXXXX, declaram que foram calculados e verificados os quantitativos relativos ao(s) projeto(s) de _____, pelos quais assumem total responsabilidade.

Bibliografia

- [1] BRASIL. Departamento de Estradas de Rodagem do Estado de São Paulo. **Projeto de estrutura de obra de arte especial**. São Paulo, 2005.
- [2] BRASIL. Departamento Nacional de Estradas de Rodagem. **Manual de projeto de obras-de-arte especiais**. Rio de Janeiro, 1996.
- [3] BRASIL. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. **ISF-216: Projeto de obras de arte especiais**. Brasília, 2015.