



SECRETARIA DOS TRANSPORTES  
DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM

INSTRUÇÃO DE PROJETO

CÓDIGO	IP-DE-C00/004	REV.	B
EMIÇÃO	Fev/2009	FOLHA	1 de 35

TÍTULO

**PROJETO DE PASSARELA PARA PEDESTRES**

ÓRGÃO

DIRETORIA DE ENGENHARIA

PALAVRAS-CHAVE

Instrução. Projeto. Passarela.

APROVAÇÃO

PROCESSO

PR 007476/18/DE/2006

DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA

DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM DO ESTADO DE SÃO PAULO. **DE 99/OAE001 – Projeto de Obra de Arte.** São Paulo, 1999.

OBSERVAÇÕES

REVISÃO	DATA	DISCRIMINAÇÃO
B	Fev/2009	Alteração das figuras do Anexo A



## ÍNDICE

1	RESUMO .....	3
2	OBJETIVO .....	3
3	DEFINIÇÕES .....	3
3.1	Passarela de Pedestres .....	3
3.2	Ações .....	3
3.3	Carregamento .....	4
3.4	Materiais .....	4
3.5	Estados Limites .....	5
4	ETAPAS DE PROJETO .....	6
4.1	Estudo Preliminar .....	6
4.2	Projeto Básico .....	6
4.3	Projeto Executivo .....	7
5	ELABORAÇÃO DE PROJETO .....	7
5.1	Normas Gerais Aplicáveis .....	7
5.2	Investigações Geológicas e Geotécnicas .....	7
5.3	Levantamento Planialtimétrico .....	8
5.4	Estudo Arquitetônico da Passarela .....	8
5.5	Elementos Condições de Acessibilidade à Passarela .....	8
5.6	Estudo Preliminar .....	8
5.7	Projeto Básico .....	9
5.8	Projeto Executivo .....	10
6	FORMA DE APRESENTAÇÃO .....	21
6.1	Estudo Preliminar .....	22
6.2	Projeto Básico .....	22
6.3	Projeto Executivo .....	25
7	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	29
	ANEXO A – PROTEÇÃO DE PILAR DE PASSARELA COM BARREIRA RÍGIDA .....	31
	ANEXO B – SEÇÃO TRANSVERSAL PADRÃO DE PASSARELA .....	34



## 1 RESUMO

Esta Instrução de Projeto apresenta os procedimentos, critérios e padrões a serem adotados como os mínimos recomendáveis para a elaboração de projeto de estrutura de passarela de pedestre para travessia de rodovias e ferrovias para o Departamento de Estradas de Rodagem do Estado de São Paulo – DER/SP.

## 2 OBJETIVO

Padronizar os procedimentos a serem adotados para elaboração de projeto de estrutura de passarela de pedestres no âmbito do DER/SP.

Os materiais constituintes abordados nesta instrução de projeto são do tipo concreto e aço.

## 3 DEFINIÇÕES

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

### 3.1 Passarela de Pedestres

Estrutura construída de forma temporária ou permanente para a travessia de pedestres sobre uma via de trânsito motorizado. Fornece condições para separar fisicamente os fluxos de pedestres e veículos eliminando os conflitos entre eles. A passarela também pode servir para a travessia de obstáculos naturais, como por exemplo cursos d'água e depressões do terreno natural.

### 3.2 Ações

Causas que provocam esforços ou deformações nas estruturas. As forças e deformações impostas pelas ações devem ser consideradas como as próprias ações. As deformações impostas são, por vezes, designadas por ações indiretas, e as forças, por ações diretas.

#### 3.2.1 Ações Permanentes

São as ações que ocorrem com valores constantes ou de pequena variação em torno da média durante toda a vida da construção. Sua variabilidade é medida em um conjunto de construções análogas.

#### 3.2.2 Ações Variáveis

São as ações que ocorrem com valores que apresentam variações significativas em torno da média durante a vida da construção.

#### 3.2.3 Ações Excepcionais

São as ações que têm duração extremamente curta e muito baixa probabilidade de ocorrência durante a vida da construção. No entanto, devem ser consideradas nos projetos de determinadas estruturas.



### 3.2.4 Reação

Resposta ou resistência a uma ação.

## 3.3 Carregamento

Força que atua na estrutura ou em um elemento estrutural.

### 3.3.1 Carregamento Permanente

Carregamento de magnitude e posição constantes que atua de forma permanente, incluindo o peso próprio.

### 3.3.2 Peso Próprio

Parte do carregamento permanente gerado pela massa do elemento estrutural considerado.

### 3.3.3 Carga Móvel

Sistema de cargas representativo dos valores característicos dos carregamentos provenientes do tráfego a que a estrutura está sujeita em serviço.

### 3.3.4 Carregamento Dinâmico

Parte de um carregamento variável resultado de movimento.

### 3.3.5 Carregamento de Vento

Carregamento devido ao vento.

## 3.4 Materiais

### 3.4.1 Armadura Ativa

Constitui-se por barras, fios isolados ou cordoalhas. É destinada à produção de forças de protensão, isto é, quando nela se aplica um pré-alongamento inicial.

### 3.4.2 Armadura Passiva

Qualquer armadura que não seja usada para produzir forças de protensão, isto é, que não seja previamente alongada.

### 3.4.3 Concreto Estrutural

Termo que se refere ao espectro completo das aplicações do concreto como material estrutural.

### 3.4.4 Elementos de Concreto Simples Estrutural

Elementos estruturais elaborados com concreto sem qualquer tipo de armadura, ou que a possui em quantidade inferior ao mínimo exigido para o concreto armado.



### 3.4.5 Elementos de Concreto Armado

Elementos cujo comportamento estrutural depende da aderência entre concreto e armadura e, nos quais não se aplicam alongamentos iniciais das armaduras antes da materialização dessa aderência.

### 3.4.6 Elementos de Concreto Protendido

Aqueles nos quais parte das armaduras é previamente alongada por equipamentos especiais de protensão com a finalidade de, em condições de serviço, impedir ou limitar a fissuração e os deslocamentos da estrutura e propiciar o melhor aproveitamento de aços de alta resistência no estado limite último – ELU.

## 3.5 Estados Limites

### 3.5.1 Estado Limite Último – ELU

Estado limite relacionado ao colapso ou a qualquer outra forma de ruína estrutural que determine a paralisação do uso da estrutura.

### 3.5.2 Estado Limite de Formação de Fissuras – ELS-F

Estado em que se inicia a formação de fissuras. Admite-se que esse estado limite é atingido quando a tensão de tração máxima na seção transversal for igual a  $f_{ct,f}$ . Ver itens 13.4.2 e 17.3.3 da NBR 6118<sup>(1)</sup>.

### 3.5.3 Estado Limite de Abertura das Fissuras – ELS-W

Estado em que as fissuras se apresentam com aberturas iguais às máximas especificadas no item 13.4.2 da NBR 6118<sup>(1)</sup>. Ver item 17.3.3 da NBR 6118<sup>(1)</sup>.

### 3.5.4 Estado Limite de Deformações Excessivas – ELS-DEF

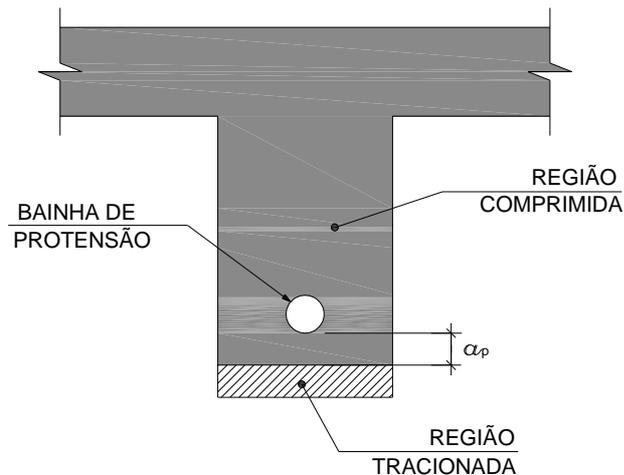
Estado em que as deformações atingem os limites estabelecidos para a utilização normal, dados no item 13.3 da NBR 6118<sup>(1)</sup>. Ver item 17.3.2 da NBR 6118<sup>(1)</sup>.

### 3.5.5 Estado Limite de Descompressão – ELS-D

Estado no qual um ou mais pontos da seção transversal apresenta tensão normal nula, não havendo tração no restante da seção. Verificação usual no caso do concreto protendido. Ver item 13.4.2 da NBR 6118<sup>(1)</sup>.

### 3.5.6 Estado Limite de Descompressão Parcial – ELS-DP

Estado no qual se garante a compressão na seção transversal, especificamente na região onde existem armaduras ativas. Essa região deve estender-se até uma distância  $a_p$  da face mais próxima da cordoalha ou da bainha de protensão. Verificar Figura 1 a seguir e Tabela 13.3 da NBR 6118<sup>(1)</sup>.



**Figura 1 – Seção Transversal**

### 3.5.7 Estado Limite de Compressão Excessiva – ELS-CE

Estado em que as tensões de compressão atingem o limite convencional estabelecido. Usual no caso do concreto protendido na ocasião da aplicação da protensão. Ver item 17.2.4.3.2.a da NBR 6118<sup>(1)</sup>.

### 3.5.8 Estado Limite de Vibrações Excessivas – ELS-VE

Estado em que as vibrações atingem os limites estabelecidos para a utilização normal da construção.

## 4 ETAPAS DE PROJETO

O projeto de passarela de pedestres deve ser elaborado em três etapas, descritas a seguir.

### 4.1 Estudo Preliminar

Nesta etapa devem ser efetuadas coletas de dados básicos existentes visando à elaboração do estudo. Devem ser coletados os seguintes elementos: planta cartográfica ou topográfica existente, sondagens existentes, traçado em planta e em perfil da via a ser transposta, gabaritos horizontais e verticais mínimos exigidos.

A partir desses elementos, deve-se determinar o comprimento da obra, os possíveis pontos de apoio e a indicação da solução estrutural. Devem ser estudadas, no mínimo, duas soluções estruturais exequíveis, prevalecendo a escolha da alternativa menos onerosa.

Para efeito de levantamento de custos nesta etapa do projeto, os quantitativos devem ser obtidos por metro quadrado de tabuleiro.

### 4.2 Projeto Básico

Nesta etapa do projeto devem ser analisados os sistemas estruturais vistos no estudo preliminar. Deve-se projetar uma obra esteticamente compatível com o local e com outras obras existentes, quando for o caso. Devem servir de base os novos dados disponíveis, tais como



levantamento planialtimétrico, sondagens, projeto geométrico da travessia, volume de pedestres na hora pico etc.

O projeto básico da passarela deve constituir-se pela escolha da solução que melhor atenda aos critérios técnicos, econômicos e administrativos e aos requisitos operacionais da rodovia. Também devem ser analisados os aspectos arquitetônicos e paisagísticos da obra.

Deve ser realizado o pré-dimensionamento de no mínimo duas alternativas propostas, definindo as principais seções e elementos de relevância da estrutura, contendo também as verificações de resistência e o quantitativo de materiais da obra. Assim sendo, será possível selecionar a alternativa que melhor atenda as necessidades do DER/SP.

### 4.3 Projeto Executivo

As atividades desta etapa incluem o detalhamento da solução adotada no projeto básico, considerando os novos dados disponíveis de topografia, de geotecnia, do projeto geométrico da travessia, volume de pedestres na hora pico etc.

O projeto executivo é constituído pelos estudos de implantação da obra e da concepção arquitetônica e estrutural perfeitamente definida em relação às dimensões e às posições. Devem ser apresentadas as locações definitivas, obedecendo aos traçados em planta e em perfil da via, aos gabaritos e às demais especificações previamente estabelecidas.

## 5 ELABORAÇÃO DE PROJETO

Os projetos de estrutura de passarela de pedestres devem ser elaborados segundo os critérios apresentados a seguir.

### 5.1 Normas Gerais Aplicáveis

A elaboração do estudo preliminar e dos projetos básico e executivo de estrutura de passarela de pedestre devem ser desenvolvidos de acordo com as normas brasileiras em vigor, citadas no item 7 – Referências Bibliográficas.

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

### 5.2 Investigações Geológicas e Geotécnicas

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

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

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



CÓDIGO	IP-DE-C00/004	REV.	B
EMISSÃO	Fev/2009	FOLHA	8 de 35

Na etapa de projeto básico, devem ser programadas sondagens de cunho geotécnico do tipo a percussão ou mista, sendo no mínimo uma por apoio. Estas sondagens devem ser locadas no eixo longitudinal da obra.

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

Na etapa de projeto executivo, as investigações podem ser complementadas atendendo à necessidade da obra ser detalhada em função do tipo, porte e importância, ou em função do deslocamento da posição de implantação da obra.

A execução das investigações geológico-geotécnicas somente será liberada após o DER/SP aprovar o plano e a programação de serviços como quantidade, locação de sondagens etc.

### 5.3 Levantamento Planialtimétrico

Deve ser executado de acordo com a Especificação Técnica de Levantamento Topográfico, Batimetria e Cadastro ET-DE-B00/002 ou com a Especificação Técnica de Levantamento Aerofotográfico para Projeto de Rodovia ET-DE-B00/008.

O levantamento topográfico deve ser realizado em uma área abrangente, de forma a caracterizar todos os aspectos da região onde será implantada a passarela, inclusive cadastrando caminhos ou trilhas existentes. Também devem ser cadastradas as interferências existentes, aéreas e subterrâneas.

### 5.4 Estudo Arquitetônico da Passarela

Devem ser estudados os aspectos arquitetônicos e paisagísticos da obra para melhor integração com o meio ambiente local. Visando à uniformidade das estruturas com a malha viária, devem ser seguidos os desenhos de projeto padrão apresentados na série “K” do DER/SP.

### 5.5 Elementos Condições de Acessibilidade à Passarela

O projeto de passarela deve ser elaborado de acordo com a norma brasileira NBR 9050<sup>(2)</sup>, de acessibilidade a edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos.

As passarelas de pedestres devem ser providas, para sua transposição, de rampas ou rampas, escadas e elevadores ou escadas e elevadores.

### 5.6 Estudo Preliminar

Constitui-se pelos estudos necessários à determinação do comprimento da obra e sua suficiência quanto às características locais da travessia, ou seja, gabaritos a serem obedecidos.

A localização da passarela deve ser discutida, definida e aceita pelos representantes da comunidade lindeira e autoridade legalmente constituída da região. No caso em que forem en-



CÓDIGO	IP-DE-C00/004	REV.	B
EMISSÃO	Fev/2009	FOLHA	9 de 35

envolvidas outras entidades responsáveis, como, por exemplo, ferrovias, devem-se efetuar entendimentos prévios visando à coleta de elementos relativos aos gabaritos a serem obedecidos e outras exigências.

No esquema geral da solução proposta devem constar as dimensões principais, com indicação da locação sobre os dados disponíveis na etapa de estudo preliminar. Devem constar também o desenvolvimento longitudinal e a seção transversal previamente determinada, o tipo provável de fundação e respectiva profundidade estimada.

Deve ser desenvolvido estudo comparativo de duas soluções alternativas, contemplando todos os aspectos técnicos e econômicos, de modo a selecionar a solução mais adequada à travessia. A solução selecionada deve ser a de menor custo por metro quadrado de tabuleiro.

## 5.7 Projeto Básico

Deve ser desenvolvida utilizando a solução adotada no estudo preliminar e a nova alternativa, derivada de dados mais precisos: topografia, sondagens, projeto geométrico da travessia, volumes de pedestres para dimensionamento da largura da passarela etc.

O comprimento da passarela deve ser suficiente para transpor o obstáculo e atender aos gabaritos horizontais e verticais exigidos. Os acessos às rampas devem considerar o tráfego de pedestre até o limite da faixa de domínio da rodovia e o sistema viário local se houver.

Para rodovia estadual deve sempre ser respeitada a altura livre mínima de 5,5 m na situação mais desfavorável. A altura é medida entre a cota do pavimento da rodovia inferior e o infratorso da viga ou laje da superestrutura da obra.

Nesse mesmo caso a largura a ser liberada deve ser, no mínimo, igual à largura total da plataforma da rodovia transposta, inclusive faixas de tráfego, dispositivos de segurança como defensas e guarda-corpos, acostamentos, sarjetas e banquetas. O extremo do pilar ou muro de encontro deve ser afastado no mínimo em 1 m do extremo da plataforma.

O pilar próximo à faixa de rolamento deve ser protegido por barreira rígida, conforme ilustrações no Anexo A. No caso de rio navegável, o pilar que se encontrar em seu leito deve ser dimensionado para eventuais colisões de embarcações ou devem ser protegidos através de *dolphins* ou flutuantes.

Deve ser adotada a declividade mínima de 1% para auxílio da drenagem superficial do tabuleiro ou sistema de drenos para coleta adequada da água pluvial. Nas extremidades da passarela deve haver caixas coletoras de captação das águas pluviais, destinando-as posteriormente ao sistema de drenagem da rodovia.

A seção transversal padrão de passarela é ilustrada no Anexo B.

Em segmentos urbanos a passarela deve possuir sistema de iluminação. Em segmento de travessia sobre rodovia ou ferrovia, deve haver telamento das laterais de forma a permitir a maior segurança contra lançamento de objetos.

Em travessias esconsas, deve-se optar pela colocação de pilares ou infra-estruturas paralelas ao eixo da rodovia.



A declividade dos taludes dos aterros de acesso à obra na linha de maior declive deve ser de dois na vertical para, no mínimo, três na horizontal. No caso de cortes, a declividade pode ser de um na vertical para, no mínimo, um na horizontal. Em obras com aterros ou cortes muito elevados, a conformação e declividade devem obedecer à orientação de estudos geotécnicos específicos.

## 5.8 Projeto Executivo

Deve conter desenho arquitetônico que mostre a implantação da obra e os detalhes que compõem o projeto executivo, como piso, corrimão, telamento, guarda-corpo etc.

Os detalhes construtivos devem basear-se na folha de desenho de formas para as estruturas de concreto, ou plantas, cortes e detalhes para estruturas metálicas. Devem apresentar todas as dimensões claramente indicadas e devem ser desenvolvidos com base nos detalhes gerais fornecidos pelo projeto básico, o qual, depois de examinado e aceito pelo DER/SP, deve ser corrigido e completado.

Todos os elementos estruturais devem estar perfeitamente representados em folhas de desenhos próprias e em seqüência que obedeça à execução da obra, de forma a permitir sua fácil interpretação no canteiro de serviço.

### 5.8.1 Dimensionamento

O memorial de cálculo deve ser suficientemente desenvolvido, no qual figurem as considerações, verificações e dimensionamentos a seguir.

#### 5.8.1.1 Fundações

- a) ação da carga permanente na superestrutura, infra-estrutura, esquema das cargas, linhas de estado e reações de apoio;
- b) ação da carga móvel, como reações de apoio máximas e mínimas;
- c) cálculo das reações verticais: passarela carregada, reações máximas e mínimas;
- d) forças horizontais longitudinais como: temperatura, retração, empuxo de terra e protensão. Para as obras normais ou esconsas, deve-se verificar o efeito dos esforços horizontais resultantes de sobrecarga nos aterros de acessos na combinação mais desfavorável, de conformidade com as disposições do item 7 da NBR 7187<sup>(3)</sup>;
- e) forças horizontais transversais como o vento, considerando-se a obra carregada e descarregada, onde devem ser observadas as disposições da NBR 6123<sup>(4)</sup>;
- f) fundações sobre estacas:
  - avaliar as cargas atuantes em cada estaca do conjunto sob o efeito das cargas normais máximas e mínimas e momentos concomitantes;
  - não se deve considerar estacas como bi-articuladas;
  - considerar a influência do solo no cálculo dos esforços;
  - verificar a flambagem das estacas em casos especiais a critério do DER/SP;
  - o esforço horizontal máximo na cabeça de estacas verticais deve ser limitado a 5%



CÓDIGO	IP-DE-C00/004	REV.	B
EMISSÃO	Fev/2009	FOLHA	11 de 35

de sua capacidade máxima de compressão. Caso esses valores sejam excedidos, deve-se utilizar estacas inclinadas para aumento da capacidade de absorção desses esforços;

- deve-se efetuar o cálculo do comprimento das estacas através de processos consagrados como Aoki-Veloso ou Decourt-Quaresma, sendo o comprimento mínimo igual a 7 m;
- efetuar o dimensionamento dos blocos no sentido longitudinal e transversal;
- analisar efeito de punção para a estaca mais solicitada e para o pilar, verificando as tensões de compressão nas bielas;
- para o dimensionamento estrutural da estaca deve-se considerar o item 7.8 da NBR 6122<sup>(5)</sup>, considerando as cargas admissíveis descritas;
- considerar a excentricidade de aplicação de cargas conforme NBR 6118<sup>(1)</sup>;
- eliminar o coeficiente de impacto utilizado no dimensionamento da superestrutura;
- no cálculo da rigidez e esforços ao longo da estaca, considerar o efeito de cunha do solo e a forma do elemento no coeficiente de mola;
- evitar estacas com diâmetros maiores que 40 cm;
- para estacas metálicas, além das considerações descritas anteriormente, prever encamisamento mínimo do perfil com concreto 1,5 m abaixo da cota inferior do bloco e 1,0 m abaixo do nível d'água mínimo;
- no dimensionamento do perfil, considerar apenas a área útil de aço, descontando a área de sacrifício para corrosão. Deve-se adotar perfis usuais no mercado, visando maior facilidade de obtenção.

g) fundações sobre tubulões:

- avaliação das cargas atuantes em cada tubulão do conjunto sob o efeito das cargas normais máximas e mínimas com momentos fletores e forças horizontais concomitantes;
- verificar o confinamento dos tubulões no solo;
- para o cálculo dos esforços solicitantes nos tubulões, considerar a interação solo-estrutura utilizando modelos matemáticos que considerem a rigidez horizontal e vertical do solo;
- efetuar dimensionamento à flexo-compressão adotando seção plena;
- considerar 1% de desaprumo vertical;
- não considerar o coeficiente de impacto utilizado no dimensionamento da superestrutura;
- considerar enchimento dos tubulões pré-moldados;
- dimensionar bloco de transição no caso de mais de um tubulão por apoio;
- executar os aterros de encontro ou de apoios intermediários antes da cravação dos tubulões;



CÓDIGO	IP-DE-C00/004	REV.	B
EMISSÃO	Fev/2009	FOLHA	12 de 35

- tubulões com base alargada deverão tê-la necessariamente posicionada no mínimo 1 m abaixo do leito da via ou qualquer outra superfície próxima que possa expô-la;
  - verificar as tensões no solo não considerando o atrito lateral entre o terreno e o tubulão e o coeficiente de impacto utilizado no dimensionamento da superestrutura;
  - a tensão de borda da base alargada poderá ser até 30% maior que a tensão média, sendo esta necessariamente menor que a tensão normal máxima na base;
  - a critério da fiscalização de projeto do DER/SP, poderá ser dispensado o parecer geotécnico para tensões médias de 0,5 MPa e máximas de 0,7 MPa; caso contrário, todas as informações relacionadas ao solo devem constar de forma explícita em parecer geotécnico;
  - não projetar tubulões com comprimento de camisa enterrada maior que 18 m;
  - para o caso de tubulões a ar comprimido, limitar a compressão a 0,2 MPa.
- h) fundações diretas:
- verificar as tensões no solo não considerando o coeficiente de impacto utilizado no dimensionamento da superestrutura;
  - a tensão de borda poderá ser até 30% maior que a tensão média, sendo esta obrigatoriamente menor que a tensão máxima admissível;
  - considerar o dimensionamento das sapatas no sentido longitudinal e transversal e o efeito de punção.

#### 5.8.1.2 Infra-estrutura e mesoestrutura

- a) dimensionamento dos pilares isolados ou em pórtico:
- obra carregada com a reação máxima e esforços horizontais concomitantes;
  - obra carregada com a reação mínima e esforços horizontais e verificação da flambagem;
  - obra descarregada e verificação à força normal e esforços horizontais;
  - o dimensionamento dos pilares, devem possuir índice de esbeltez, necessariamente, menor que 90, deve-se considerar a não linearidade física e os efeitos de segunda ordem de acordo com o item 15.3 da NBR 6118<sup>(1)</sup>; em casos excepcionais, a critério do DER/SP, pode-se admitir pilares com índice de esbeltez maior que 90, porém, sempre inferior a 140.
- b) dimensionamento das vigas de apoio da superestrutura;
- c) dimensionamento das cortinas, alas, rampas, escadas, caixas de elevadores;
- d) dimensionamento dos aparelhos de apoio, como articulações *Freyssinet*, placas de neoprene etc., levando em conta a distribuição dos esforços horizontais nos apoios que considere a rigidez transversal dos aparelhos de apoio e dos pilares, e também, a distribuição dos esforços horizontais nos apoios que considere o atrito para aparelhos deslizantes. Da mesma forma, também devem ser considerados os momentos fletores provenientes da superestrutura;



CÓDIGO	IP-DE-C00/004	REV.	B
EMIÇÃO	Fev/2009	FOLHA	13 de 35

- e) dimensionamento da fretagem dos apoios;
- f) localização e dimensionamento de dispositivos de substituição de aparelhos de apoio;
- g) para a verificação no ELU devem-se adotar os coeficientes de majoração de carga permanente  $\gamma_g$  igual a 1,35 e acidental  $\gamma_q$  igual a 1,50;
- h) nos elementos pertencentes a meso e infra-estrutura, o concreto a ser utilizado será aquele indicado na tabela 7.1 – Correspondência entre classe de agressividade ambiental e qualidade do concreto, da NBR 6118<sup>(1)</sup>;
- i) para cada um dos elementos pertencentes a meso e infra-estrutura, o cobrimento nominal a ser adotado será aquele indicado na tabela 7.2 – Correspondência entre classe de agressividade ambiental e cobrimento nominal para  $\Delta c$  igual a 10 mm, da NBR 6118<sup>(1)</sup>.

### 5.8.1.3 Superestrutura

Como critério geral de agressividade ambiental para estruturas em concreto, é adotada classe tipo II, moderada, ou tipo III, forte, para ambiente marinho. Assim, deve ser adotado, para todos os elementos pertencentes à superestrutura, o cobrimento nominal indicado na tabela 7.2 – Correspondência entre classe de agressividade ambiental e cobrimento nominal para  $\Delta c$  igual a 10 mm, da NBR 6118<sup>(1)</sup>.

Para obras em ambientes de classe de agressividade tipo II, o cobrimento nominal deve ser  $c_{nom} \geq 25$  mm para lajes de concreto armado,  $c_{nom} \geq 30$  mm para pilares e vigas de concreto armado e  $c_{nom} \geq 35$  mm para todos os elementos constituídos por concreto protendido. Os elementos estruturais de concreto armado devem possuir  $f_{ck} \geq 25$  MPa e os elementos estruturais de concreto protendido devem ser confeccionados com  $f_{ck} \geq 30$  MPa e fator água e cimento em massa não superior a 0,60 e 0,55, respectivamente.

Para obras em ambientes marinhos, deve-se adotar classe de agressividade tipo III, forte, que considera elevado risco de deterioração da estrutura. Para esse caso, deve-se utilizar elementos de concreto armado com  $f_{ck} \geq 30$  MPa e fator água e cimento  $\leq 0,55$ ; para elementos de concreto protendido, adotar  $f_{ck} \geq 35$  MPa e fator água e cimento  $\leq 0,50$ .

De acordo com a tabela 7.2 da NBR 6118<sup>(1)</sup>, deve-se adotar cobrimentos mínimos de 35 mm para lajes, 40 mm para vigas e pilares e 45 mm para qualquer elemento em concreto protendido.

Para o caso de obras executadas em concreto que utilize amadura ativa, deve-se adotar proteção limitada. Neste caso, para as passarelas, o critério do DER/SP são as verificações do estado limite de formação de fissuras – ELS-F para a combinação freqüente, com  $\Psi_1$  igual a 0,80, e o estado limite de descompressão – ELS-D para a combinação quase permanente, com  $\Psi_2$  igual a 0,40. De acordo com a NBR 8681<sup>(6)</sup>, o valor do fator de combinação  $\Psi_0$  para as ações variáveis de passarelas deve ser igual a 0,60.

As passarelas devem possuir camada de regularização sobre a laje executada com concreto, com  $f_{ck} \geq 25$  MPa e consumo mínimo de cimento de 300 kg/m<sup>3</sup>. A camada de regularização deve possuir junta de dilatação com espessura da ordem de 1,5 cm, indicados no projeto os detalhes e recomendações para execução: revestimento, preparo da base, concretagem, cura,



CÓDIGO	IP-DE-C00/004	REV.	B
EMISSÃO	Fev/2009	FOLHA	14 de 35

juntas etc.

a) concreto armado:

- adoção de coeficientes de majoração das ações para análise no ELU de 1,35 para cargas permanentes e 1,50 para cargas acidentais;
- cálculo dos esforços e dimensionamento das vigas principais em seções espaçadas a cada décimo do vão, com espaçamento máximo de 5 m; consideração das ações permanentes e variáveis de acordo com o item 7 da NBR 7187<sup>(3)</sup> para o cálculo dos valores de momentos fletores e forças cortantes, apresentados sob a forma de quadros-resumo; cálculo à flexão e cisalhamento, verificando as tensões de cisalhamento e determinação da armadura necessária; verificação da fissuração, da aderência, da fadiga e do efeito da torção de acordo com os itens 7.6, 9.4, 23 e 18.3.4 da NBR 6118<sup>(1)</sup>, respectivamente. Para combater as fissuras provenientes da retração do concreto e outras ações secundárias, as vigas principais devem ser providas de “armadura de pele”, calculada de acordo com os itens 17.3.5.2.3 e 18.3.5 da NBR 6118<sup>(1)</sup>. As almas das vigas devem possuir espessuras mínimas de 17 cm;
- cálculo dos esforços e dimensionamento das vigas transversais;
- cálculo dos esforços e dimensionamento das lajes da superestrutura, verificação do efeito de torção e do efeito de costura laje-viga. A espessura mínima da laje deve ser de 17 cm;
- cálculo do cimbramento, quando solicitado pelo DER/SP;
- verificação da flecha máxima e indicação no projeto das contra-flechas imediata e de longo prazo;
- apresentação do plano de concretagem;
- dimensionamento dos elementos de drenagem;
- verificação da flecha máxima considerando o concreto fissurado, conforme item 17.3.2.1 da NBR 6118<sup>(1)</sup>;
- no detalhamento das armaduras principais das vigas, defasar as emendas considerando o item 9.5 da NBR 6118<sup>(1)</sup>, detalhando, no máximo, de duas em duas barras.

b) concreto protendido:

- adoção de coeficientes de majoração das ações para análise no ELU de 1,35 para cargas permanentes e 1,50 para cargas acidentais;
- cálculo dos esforços e dimensionamento das vigas principais em seções espaçadas a cada décimo do vão, com espaçamento máximo de 5 m; consideração das ações permanentes e variáveis de acordo com o item 7 da NBR 7187<sup>(3)</sup> para o cálculo dos valores de momentos fletores e forças cortantes, apresentados sob a forma de quadros-resumo; cálculo à flexão e cisalhamento, verificando as tensões de cisalhamento e determinação da armadura necessária; verificação da fissuração, da aderência, da fadiga e do efeito da torção de acordo com os itens 7.6, 9.4, 23 e 18.3.4 da NBR 6118<sup>(1)</sup>, respectivamente. Para combater as fissuras provenientes da retração do concreto e outras ações secundárias, as vigas principais devem ser providas de “armadura de pele”, calculada de acordo com os itens 17.3.5.2.3 e



CÓDIGO	IP-DE-C00/004	REV.	B
EMIÇÃO	Fev/2009	FOLHA	15 de 35

18.3.5 da NBR 6118<sup>(1)</sup>. As almas das vigas devem possuir espessuras mínimas de 20 cm;

- efeito de protensão de um cabo para as diferentes etapas de protensão;
- considerações gerais sobre as tensões admissíveis limites;
- determinação do número de cabos, determinação do desenvolvimento dos cabos, traçado dos diagramas de cobertura, perdas de protensão imediatas, perdas de protensão diferidas, verificação das tensões normais para os vários casos de carga, cálculo da armadura suplementar, verificação da fissuração e verificação à ruptura;
- cálculo do cisalhamento realizado pelas componentes verticais de protensão, traçado dos diagramas de cobertura, determinação das tensões de cisalhamento e cálculo da armadura de cisalhamento;
- cálculo das fretagens e cintamentos;
- seqüência de protensão;
- cálculo dos alongamentos dos cabos;
- cálculo do efeito dos hiperestáticos de protensão no caso de viga contínua;
- cálculo dos esforços e dimensionamento das vigas transversais;
- cálculo dos esforços e dimensionamento das lajes da superestrutura, verificação do efeito de torção e do efeito de costura laje-viga. A espessura mínima da laje deve ser de 15 cm;
- os elementos em concreto armado devem obedecer às indicações do item correspondente;
- cálculo do cimbramento, quando solicitado pelo DER/SP, ou indicação do processo de lançamento de elementos pré-moldados, indicando-se o método construtivo.

c) concreto pré-moldado:

- aplicação das prescrições dos subitens “a” e “b” do item 5.8.1.3 da presente instrução de projeto, quando possível;
- localização e dimensionamento de grampos para transporte e posicionamento das vigas;
- indicação do processo de lançamento das vigas;
- obrigatoriedade da presença de transversinas nos apoios;

d) concreto pré-fabricado:

- aplicação, quando possível, das prescrições dos subitens “a” e “b” do item 5.8.1.3 da presente instrução de projeto;
- apresentação de cálculos de dimensionamento e, quando possível, verificação da capacidade de carga e estabilidade conforme prescrições dos itens anteriores;
- apresentação de indicações e detalhes de lançamento e construção, quando possível, conforme prescrições dos itens anteriores.



CÓDIGO	IP-DE-C00/004	REV.	B
EMISSÃO	Fev/2009	FOLHA	16 de 35

e) estrutura mista:

- aplicação, quando possível, das prescrições dos subitens “a” e “b” do item 5.8.1.3 da presente instrução de projeto;
- deve-se considerar que o projeto detalhado confirma e refina as diretrizes produzidas na etapa de projeto básico. É um processo de verificação, aplicado a uma completa variação das condições de carregamento no modelo matemático para gerar os esforços solicitantes que dimensionarão a estrutura. O detalhe do processo deve ser suficientemente minucioso para permitir que os desenhos de detalhamento em conjunto com as especificações técnicas sejam suficientes para construção da passarela;
- a análise global é requerida para estabelecer as máximas forças e momentos nas partes críticas da estrutura, para uma variedade de condições de carregamento;
- normalmente, para estruturas mistas, utilizam-se modelos computacionais que efetuam analogia às grelhas. Nesse modelo, a estrutura é idealizada com um número de elementos de vigas longitudinais. As vigas principais, em conjunto com as lajes solidárias, encontram-se rigidamente conectadas a uma série de elementos de vigas transversais, cada um representando uma faixa de largura da laje. Os carregamentos são aplicados aos nós da grelha e a análise revela a distribuição dos momentos longitudinais e transversais através de todo o modelo;
- os parâmetros gerais, as propriedades integrais da seção, ignorando a *shear lag*, são sempre usados para a análise global. Cada elemento longitudinal representa a viga metálica conjuntamente com metade do vão da laje para cada lado da viga considerada. Cada elemento transversal representa a largura da laje. Os nós são usualmente espaçados em números ímpares ao longo do vão;
- o concreto deve ser assumido como sendo não fissurado. A rigidez à torção da laje deve ser dividida igualmente entre os elementos transversais e longitudinais e deve ser usado a relação  $b \times t^3 \div 6$  em cada direção, onde  $b$  é a largura da laje para cada elemento considerado e  $t$  a espessura da laje;
- rigorosamente, análises separadas considerando o módulo de elasticidade de curta e longa duração devem ser verificadas para cada carregamento pertinente. No entanto, é aceitável a utilização somente de módulo de elasticidade de curta duração para a determinação dos efeitos do carregamento;
- o carregamento móvel a ser aplicado nas passarelas é uma carga uniformemente distribuída de magnitude de 5 kN/m<sup>2</sup>, conforme especificado na NBR 7188<sup>(7)</sup>. O item 5.1 a NBR 8681<sup>(6)</sup> especifica os fatores de majoração dos esforços que devem ser aplicados de acordo com cada combinação de carregamento;
- em vigas não escoradas o peso-próprio da laje, quando lançada, é suportado pelas vigas metálicas. Desta forma, os esforços solicitantes devem ser calculados isostaticamente. O peso próprio das vigas deve incluir a carga proveniente das formas;
- sugere-se para estruturas mistas que as vigas de uma passarela de um único vão sejam consideradas como sendo vigas de seção compacta. Essas vigas devem ser verificadas no ELU com base na capacidade do momento plástico, mas também necessariamente devem ter as máximas tensões nas flanges tracionadas verificadas para o ELS, com base na capacidade do momento elástico;



CÓDIGO	IP-DE-C00/004	REV.	B
EMIÇÃO	Fev/2009	FOLHA	17 de 35

- durante a construção, a maioria das vigas que possuem seção não compacta devem ser verificadas com base no ELS. O flange superior deve ser o elemento crítico e seu tamanho em viga soldada é usualmente dimensionado pela etapa construtiva;
- para seções compostas, o módulo plástico deve ser tomado usando a área transformada da laje e a seção efetiva, deduzidos os furos. Para seções definidas com não compactas, a limitação das tensões nas fibras externas deve ser adotada como critério de resistência à flexão. As tensões devem ser calculadas com base na seção efetiva, para carregamentos atuando nas diversas etapas da construção. As tensões totais em cada fibra não devem exceder sua resistência;
- seções compactas verificadas como não compactas baseadas no ELS são tratadas da mesma forma como seções não compactas no ELU, com a exceção de que devem ser levados em consideração os efeitos de *shear lag*;
- as vigas metálicas sem a consideração da laje devem ser verificadas para assegurar que elas sejam adequadas para suportar o peso do concreto não endurecido. Contraventamentos, freqüentemente temporários em planos transversais, são necessários para assegurar que a flange superior comprimida possa trabalhar a um nível adequado de tensão;
- as almas das vigas laminadas são usualmente adequadas para o cisalhamento associado a elas, de forma que os enrijecedores muitas vezes não são necessários. Na prática, os enrijecedores são posicionados para ligar o contraventamento temporário; a consequente subdivisão em painéis deve requerer uma verificação da interação momento e cisalhamento;
- a capacidade ao cisalhamento de almas esbeltas de vigas soldadas é limitada por considerações de flambagem. Enrijecedores verticais devem ser posicionados junto aos suportes de forma a aumentar a capacidade das ações do campo de tensão;
- é usualmente apropriado prever suficientes enrijecedores verticais para desenvolver de 60% a 70% da capacidade da viga ao cisalhamento;
- o fluxo de cisalhamento varia ao longo da extensão da viga, sendo máximo nas proximidades dos suportes. Desta forma, e usual por razões econômicas, deve-se variar o número e o espaçamento dos conectores para prover somente suficiente capacidade às tensões de cisalhamento. Conectores ao cisalhamento devem ser projetados para prover resistência estática. Para seções não compactas, a resistência requerida ao ELS conduz o dimensionamento para resistência estática. Para seções compactas o ELU pode conduzir o cálculo do fluxo de cisalhamento, devendo ser consistente com a hipótese de que todo o carregamento atua na seção composta. O fluxo de cisalhamento deve ser calculado nos suportes, no meio do vão e, no mínimo, em uma posição entre eles, como no quarto de vão;
- na laje é necessária a colocação de uma armadura transversal para prover resistência ao cisalhamento no ELU de maneira similar aos requerimentos para o cálculo dos espaçamentos dos conectores;
- o contraventamento permanente é usualmente aplicado nos suportes para transferir carregamentos laterais aos aparelhos de apoio e para prover restrições à torção nas vigas. Para vigas altas, contraventamentos intermediários podem ser necessários para transferir carregamentos de vento para o plano da laje;



CÓDIGO	IP-DE-C00/004	REV.	B
EMISSÃO	Fev/2009	FOLHA	18 de 35

- para estabilizar condições temporárias das vigas durante a concretagem, são usualmente necessários adicionais contraventamentos intermediários. Isto pode ser conseguido através de contraventamento plano ou por contraventamento transversal em planos verticais entre vigas;
- os contraventamentos nos apoios são colocados para permitir um travamento das longarinas; também são projetados para enrijecer a laje e permitir o macaqueamento da estrutura na troca dos aparelhos de apoio, o que frequentemente ocasiona o uso de transversinas em concreto armado. Também podem ser usadas vigas metálicas pesadas para o macaqueamento, ou deve-se arranjar pontos para o levantamento da estrutura em frente aos aparelhos de apoio;
- para vigas laminadas, deve-se inserir enrijecedores da alma nos suportes sobre os aparelhos de apoio e para a ligação de contraventamentos temporários no vão. Nas vigas soldadas deve-se inserir enrijecedores intermediários para melhorar a resistência ao cisalhamento da alma;
- os enrijecedores nos apoios devem ser verificados no ELU e dimensionados para a combinação de efeitos axiais e de flexão. Isso inclui os efeitos devido à ação dos campos de tensão. Sobre o aparelho de apoio fixo, um simples enrijecedor formado por chapas chatas deve ser soldado em ambos os lados da alma. Sobre aparelhos de apoio deslizantes, devem ser necessárias duas chapas, soldadas uma ao lado da outra para prover a resistência à flexão sobre o eixo transversal. Os enrijecedores devem ser adequadamente conectados nas duas flanges da viga;
- os aparelhos de apoio devem ser colocados abaixo da flange inferior das vigas, suportadas diretamente pelos encontros; os aparelhos devem ser arranjados de forma que provenham suporte vertical a cada viga. Aparelhos de apoio formados por camadas eletromagnéticas, reforçadas por chapas metálicas intercaladas, são usualmente apropriados para pequenos vãos. Os efeitos a serem considerados na seleção dos aparelhos de apoio são: carregamentos verticais e horizontais, movimentos horizontais e verticais e rotações longitudinais e transversais. Todos esses efeitos devem ser determinados pela análise global;
- na ausência de norma brasileira pertinente, podem ser aplicadas as prescrições da norma britânica BS 5400 – *Steel and composite bridges*<sup>(13)</sup> ou da norma americana AASHTO – *Standard specification for highway bridges*<sup>(14)</sup>, complementada pelo AISC – *Code of standard practice for steel building and bridges*<sup>(15)</sup> nos capítulos pertinentes a pontes.

Como critério geral para o cálculo e o dimensionamento de estruturas compostas por vigas metálicas e mistas, podemos descrever:

- apresentação do projeto detalhado;
- verificação dos máximos esforços solicitantes através de análise global;
- adoção de modelos computacionais para maior análise das rigidezes dos elementos estruturais e conseqüente determinação dos esforços solicitantes;
- determinação dos parâmetros para a análise global;
- análise e determinação dos carregamentos adotados, os quais incluem: máximo momento, máxima força cortante no apoio, máximas e mínimas reações nos apa-



CÓDIGO	IP-DE-C00/004	REV.	B
EMIÇÃO	Fev/2009	FOLHA	19 de 35

relhos de apoio e momentos transversais nas lajes;

- verificação das deformações e rotações nos aparelhos de apoio;
- onde houver variação de seção ao longo dos vãos, determinar os piores momentos fletores e forças cortantes concomitantes;
- análise da carga permanente para passarelas não cimbradas;
- projeto das vigas principais;
- verificações das tensões extremas das vigas;
- verificação das vigas metálicas sem a consideração das lajes, verificando a existência de adequada capacidade de suporte para o caso do concreto não endurecido;
- verificação do cisalhamento nas almas e da necessidade de reforços;
- cálculo e detalhamento dos conectores para transferência de cisalhamento entre vigas metálicas e lajes de concreto;
- verificação da necessidade e cálculo dos contraventamentos permanentes e temporários;
- verificação de enrijecedores de alma das vigas;
- dimensionamento e detalhamento dos aparelhos de apoio.

f) estrutura metálica:

- aplicação, quando possível, das prescrições dos subitens “a” e “b” do item 5.8.1.3 da presente instrução de projeto;
- verificação no estado limite último dos seguintes elementos estruturais: vigas compostas, vigas metálicas durante a construção, sistemas de contraventamento, enrijecedores das almas das vigas, emendas constituídas por solda ou parafusos, conectores submetidos ao cisalhamento longitudinal, laje do tabuleiro, deformações máximas admissíveis;
- verificação do estado limite de utilização dos seguintes elementos estruturais: vigas principais quanto à sua classe, emendas constituídas por solda ou parafusos, conectores submetidos ao cisalhamento longitudinal e laje do tabuleiro.

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

Em casos especiais em que houver a necessidade de avaliação de efeitos dinâmicos, tais como excitações devidas ao vento ou ao andar de pedestres, devem ser determinadas as frequências fundamentais e as acelerações da estrutura; estas últimas devem ser comparadas com as acelerações de pico limites.

## 5.8.2 Detalhes Especiais

Os detalhes especiais não previstos nas normas que podem tornar-se necessários podem obedecer a outras normas existentes, desde que autorizados pelo DER/SP.



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

### 5.8.3 Fadiga

A fadiga deve ser verificada de acordo com o item 23 da NBR 6118<sup>(1)</sup>.

### 5.8.4 Materiais de Construção

Os materiais de construção previstos no projeto devem obedecer às disposições das normas brasileiras.

### 5.8.5 Carga Móvel

A carga móvel a ser adotada nos cálculos deve ser a descrita no item 3.1.2 da NBR 7188<sup>(7)</sup>, sendo ela uma carga uniformemente distribuída, de intensidade  $p$  igual a  $5 \text{ kN/m}^2$ , não majorada por coeficiente de impacto.

### 5.8.6 Estado Limite de Vibração Excessiva

Os efeitos da vibração em seres humanos são estreitamente relacionados com a aceleração vertical. O excesso de vibração em passarelas de pedestres causa desconforto ao usuário que deve ser restringido através de controle de vibração.

O controle de vibração para estrutura de passarelas de pedestres será quantificado como a máxima aceleração vertical da estrutura, limitada a:

$$a_{\max} = 0,5 \times f_0^{-0,5}$$

Onde:

$a_{\max}$ : aceleração vertical máxima ( $\text{m/s}^2$ );

$f_0$ : frequência fundamental para uma estrutura descarregada (Hz).

Caso a frequência natural da estrutura descarregada exceda 5 Hz, o critério da vibração já estará satisfeito.

### 5.8.7 Deflexões

Não é indicado qualquer critério específico de limite absoluto de flechas para deflexões ou para relação entre altura e vão. No entanto, é obviamente necessário calcular as deflexões de forma a assegurar que não sejam violados os gabaritos especificados e que se garanta a drenagem da estrutura.

### 5.8.8 Deflexão e Contra-Flecha

É definida como a curvatura na direção contrária à gravidade, com a qual se constrói a estrutura que contrapõe a deflexão produzida pelas cargas permanentes.

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



CÓDIGO	IP-DE-C00/004	REV.	B
EMISSÃO	Fev/2009	FOLHA	21 de 35

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

Nas vigas de concreto sem armadura ativa, recomenda-se o limite de  $L/500$  para a flecha devido às cargas móveis e  $L/250$  para a carga total. O módulo de elasticidade deve ser definido de acordo com o item 8.2.8 da NBR 6118<sup>(1)</sup>. O cálculo da flecha deve seguir o prescrito no item 17.3.2 ELD da NBR 6118<sup>(1)</sup>.

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

Para concreto armado a adoção de contra-flecha é obrigatória. Esta deve ser executada no cimbramento, ou seja, na curvatura das formas. Em geral, recomenda-se a adoção de contra-flecha sob ação da carga móvel por razões estéticas. Considerando-se que deflexão e contra-flechas calculadas são aproximadas, deve-se dispensar atenção especial à aparência arquitetônica dos elementos visíveis da estrutura.

Cabe ressaltar que os valores de flechas em estruturas de concreto não podem ser previstos com alto grau de precisão, uma vez que há vários fatores não lineares envolvidos. O concreto não possui curva tensão-deformação linear; as características da curva carregamento-deformação de vigas de concreto armado e protendido, em geral, também não são lineares devido à mudança de rigidez das vigas durante o processo de fissuração.

## 6 FORMA DE APRESENTAÇÃO

A apresentação dos documentos técnicos do tipo memorial, relatórios e outros elaborados no formato ABNT A-4 deve seguir as instruções descritas na IP-DE-A00/001 de Elaboração e Apresentação de Documentos Técnicos. Os desenhos técnicos devem ser apresentados e elaborados conforme a instrução IP-DE-A00/003 de Elaboração e Apresentação de Desenhos de Projeto em Meio Digital.

A codificação dos documentos técnicos e desenhos devem seguir a Instrução de Codificação de Documentos Técnicos IP-DE-A00/002.

As escalas de desenho devem ser:

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

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



CÓDIGO	IP-DE-C00/004	REV.	B
EMISSÃO	Fev/2009	FOLHA	22 de 35

## 6.1 Estudo Preliminar

### 6.1.1 Desenho

Devem constar na apresentação dos desenhos os seguintes tópicos: implantação da obra, corte longitudinal e corte transversal da alternativa selecionada.

### 6.1.2 Memorial Descritivo

Deve apresentar as alternativas estudadas para a obra e aquela selecionada pela projetista, todas acompanhadas pelas justificativas técnicas e econômicas da sua escolha.

Para a estrutura selecionada devem constar claramente, no mínimo, os seguintes elementos: características do tipo estrutural da obra da solução proposta, método construtivo, materiais previstos e estimativa de custo da obra por metro quadrado de tabuleiro.

## 6.2 Projeto Básico

### 6.2.1 Relatório de Estudo Geotécnico de Fundações

Deve ser apresentado para a definição de parâmetros geotécnicos e de fundações da passarela.

### 6.2.2 Memorial de Cálculo

Deve descrever as características gerais da obra, justificar as soluções desenvolvidas nesta etapa do projeto e descrever o método construtivo das fundações, da mesoestrutura e da superestrutura. As verificações e pré-dimensionamentos devem ser efetuados em número reduzido de seções e apresentados sucintamente porém suficientemente para avaliar a suficiência do projeto estrutural para cada uma das alternativas.

#### 6.2.2.1 Fundações

- a) ação da carga permanente: na superestrutura e na infra-estrutura;
- b) ação da carga móvel: reações máximas e mínimas;
- c) cálculos das reações máximas e mínimas verticais: passarela carregada e descarregada;
- d) pré-dimensionamento, considerando as forças horizontais longitudinais: temperatura, retração, empuxo de terra e protensão;
- e) pré-dimensionamento, considerando as forças horizontais transversais: pressão do vento e forças centrífugas;
- f) pré-dimensionamento do estaqueamento: carga máxima e mínima nas estacas;
- g) pré-dimensionamento dos tubulões e estacões: verificação à flexão composta, verificação do pilar e verificação das tensões no terreno junto à base;
- h) pré-dimensionamento das fundações diretas: verificação das tensões no terreno junto à base.



### 6.2.2.2 Infra-estrutura e mesoestrutura

- pré-dimensionamento das sapatas no sentido longitudinal e transversal;
- pré-dimensionamento dos pilares;
- pré-dimensionamento das vigas transversais intermediárias e de apoio da superestrutura.

### 6.2.2.3 Superestrutura

- concreto armado: pré-dimensionamento das vigas principais, transversais e das lajes da superestrutura nas seções do meio do vão;
- concreto protendido: para as seções do meio do vão das vigas principais, apresentar a determinação do número de cabos e a verificação das tensões normais de borda;
- aço: pré-dimensionamento das vigas principais ou da treliça, sistemas de contraventamento horizontais e verticais e para lajes da superestrutura;

As prescrições a serem observadas na elaboração do memorial de cálculo, devem obedecer, no que for possível, ao disposto no item 5.8.1.3 da presente instrução de projeto.

### 6.2.3 Desenhos

No projeto básico devem constar os detalhes gerais da obra. Deve ser apresentada folha de desenho com todas as dimensões perfeitamente indicadas.

No caso de passarelas constituídas por concreto, a folha de desenho deve constar de:

- vista longitudinal com indicação do comprimento total, número e comprimento dos vãos e cortes indicando a solução estrutural. Devem constar o perfil longitudinal do terreno com as cotas do greide da rodovia ou cota do topo dos trilhos da ferrovia, a infra-estrutura e o tipo de fundação prevista para a obra;
- seção transversal com as cotas do greide respectivo, indicação da largura da obra, elementos do revestimento do piso e dimensões da estrutura. Devem constar também a infra-estrutura e o tipo de fundação prevista para a obra;
- projeção em planta da superestrutura, com todas as dimensões dos elementos apresentados;
- indicação de juntas do revestimento do piso e cantoneiras;
- indicação de pingadeiras nas laterais da obra;
- detalhes de escoamento das águas pluviais do tabuleiro, caixões perdidos e cabeceiras da obra. Os diâmetros mínimos para as tubulações de escoamento das águas do tabuleiro e caixões perdidos devem ser respectivamente de 76,2 mm e 50,8 mm;
- detalhes da colocação de postes para iluminação para obras urbanas;
- detalhes da proteção de passarela sobre vias férreas eletrificadas;
- detalhes do revestimento do piso, corrimão, telamento, guarda-corpo etc.;
- detalhes das lajes de aproximação junto aos encontros ou às extremidades da obra, se



CÓDIGO	IP-DE-C00/004	REV.	B
EMIÇÃO	Fev/2009	FOLHA	24 de 35

houver;

- k) detalhes das aberturas de passagem na laje inferior e nas transversinas para as obras em caixão perdido para possibilitar vistorias futuras. Nas lajes inferiores, as aberturas devem ser de no mínimo 80 cm de largura ou de diâmetro, fechadas com chapas de aço e fixadas com parafusos;
- l) detalhes dos dispositivos de acesso às aberturas de passagem na laje inferior, junto aos apoios e no meio da obra para as obras em caixão perdido, para possibilitar futuras manutenções e vistorias;
- m) detalhes de dispositivos para substituição de aparelhos de apoio de neoprene;
- n) planta e perfil de locação da obra, com a indicação das coordenadas topográficas e cotas correspondentes ao referencial adotado;
- o) outros detalhes que, de acordo com a natureza da obra, forem considerados necessários para sua perfeita interpretação.

Para passarela constituída por aço, os desenhos básicos da estrutura metálica devem conter:

- a) plantas e cortes da estrutura necessários para o adequado detalhamento posterior com indicação clara dos pontos de trabalho – PT;
- b) detalhes do tipo de guarda-corpos, de escadas e lances indicado o PT de saída e chegada, com dimensões, distâncias e quantidade de degraus;
- c) detalhe de solda das chapas de piso nos perfis;
- d) detalhe das chapas de base com indicação da espessura de todas as chapas, soldas e chumbadores;
- e) detalhe das conexões não padronizadas com espessura de todas as chapas, soldas e parafusos;
- f) clara identificação dos locais de utilização dos parafusos tipo *slip connections*, quando utilizados;
- g) detalhe do tipo de conectores para viga mista com indicação da carga máxima por conector, número de conectores longitudinais e transversais; quando for o caso, indicar a distribuição longitudinal dos conectores não-flexíveis, caminhando do apoio para o meio do vão;
- h) indicação de notas constando os carregamentos utilizados, os materiais, legendas e critérios para o dimensionamento das ligações padrão, as normas utilizadas no dimensionamento;
- i) indicação de listas de materiais por desenho com tipo do elemento, comprimento, área, peso unitário e peso total. As listas devem ser feitas sem a consideração de elementos de conexão. Chapas de base e chapas de conexão com peso considerável devem integrar a lista.

#### 6.2.4 Detalhes Complementares

Devem ser elaboradas planilhas de quantidades e orçamentos de serviços e materiais previstos para a execução da obra. Deve ser respeitada, sempre que possível, a discriminação e as



CÓDIGO	IP-DE-C00/004	REV.	B
EMIÇÃO	Fev/2009	FOLHA	25 de 35

especificações que constam na Tabela de Preços Unitários – TPU do DER/SP. A TPU vigente é sempre a última publicada anteriormente à entrega do documento final ao DER/SP.

Os serviços previstos que não se enquadrarem naqueles discriminados na TPU devem ser perfeitamente definidos e descritos. Caso necessário, deve ser elaborada Especificação de Serviço para acompanhar o projeto.

Também deve ser apresentado cronograma estimativo para execução da obra.

### 6.3 Projeto Executivo

#### 6.3.1 Relatório de Estudo Geotécnico de Fundações

Deve ser emitido no caso de realização de sondagens complementares às realizadas no projeto básico. Seu objetivo é definir parâmetros geotécnicos para o projeto de fundações da passarela.

#### 6.3.2 Memória de Cálculo

Deve ser organizada em duas partes:

- a) infra-estrutura, que compreende a fundação e mesoestrutura;
- b) superestrutura.

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

- a) referir-se, expressamente, às fórmulas ou tabelas aplicadas;
- b) referir-se às condições e valores numéricos admitidos, como por exemplo a resistência característica;
- c) indicar as fontes bibliográficas relativas a qualquer processo de cálculo ou dimensionamento adotado;
- d) referir-se explicitamente a todas as hipóteses admitidas, incluindo as propriedades dos materiais;
- e) conter a dedução de expressões ou fórmulas empregadas, se originais;
- f) definir os elementos ou símbolos utilizados;
- g) indicar a seqüência dos cálculos numéricos na aplicação das fórmulas, sem omitir valores intermediários;
- h) apresentar croquis elucidativos, quando indispensáveis ou convenientes, para maior clareza do significado dos símbolos ou da entrega de memoriais em rascunhos.

As tentativas de cálculo posteriormente abandonadas não devem constar do memorial.

Os cálculos processados por computadores devem vir acompanhados dos documentos justificativos, discriminados a seguir.



CÓDIGO	IP-DE-C00/004	REV.	B
EMISSÃO	Fev/2009	FOLHA	26 de 35

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

O memorial deve obrigatoriamente apresentar os seguintes elementos:

- esquema estrutural com definição das seções transversais, nós, barras, propriedades dos materiais etc.;
- verificações e dimensionamentos de conformidade com o disposto no item 6.2.2 da presente instrução de projeto, substituindo os pré-dimensionamentos do projeto básico por dimensionamentos completos;
- inserção das folhas de resultados do processamento realizado;
- quadros-resumo com indicação das combinações de esforços adotadas, características dos materiais utilizados, dados de entrada e resultados do processamento realizado, seções, esforços e tensões de dimensionamento, acompanhados dos diagramas de envoltórias pertinentes;
- atender ao disposto no item 23.3 da NBR 6118<sup>(1)</sup> referente ao estado limite de vibrações excessivas – ELS-VE.

### 6.3.3 Desenho

Na folha de desenho de formas para passarelas em concreto deve ser apresentada, entre outros, a vista longitudinal, contendo os seguintes elementos:

- indicação do comprimento total da obra, número de vãos e seus comprimentos;
- perfil longitudinal do terreno, cotas do greide da rodovia e indicação de sua declividade;
- cotas do greide da rodovia ou ferrovia inferior, declividade dos taludes dos aterros de acesso;
- vista e corte da infra-estrutura com indicação do sistema de fundações e cota de apoio das sapatas e blocos, no caso de fundação direta, ou dos tubulões, bem como do bloco de amarração das estacas;
- indicação dos perfis de sondagens e croquis com localização em planta.

A planta deve ser apresentada em meia vista e meio corte, onde figurem todas as dimensões dos elementos estruturais, constituindo uma perfeita folha de desenho de formas. A declividade longitudinal deve sempre ser igual ou superior a 1%. Devem ainda figurar a indicação de juntas do revestimento do piso, cantoneiras e drenagem de águas pluviais, inclusive das cabeceiras da obra.



CÓDIGO	IP-DE-C00/004	REV.	B
EMIÇÃO	Fev/2009	FOLHA	27 de 35

Deve figurar projeção horizontal em planta da superestrutura, com todas as dimensões dos elementos apresentados e dos obstáculos transpostos, seja rodovia ou ferrovia, além da es-  
considade e a projeção dos cones de queda dos aterros.

Deve ser apresentada a indicação da contra-flecha teórica a ser considerada no cimbramen-  
to.

A seção transversal, com o corte ou cota da estrutura, deve apresentar indicação de todos os  
elementos da laje do tabuleiro, drenagem, guarda-corpo, revestimento, declividade transver-  
sal, bem como dimensões dos elementos estruturais da superestrutura, da infra-estrutura, das  
fundações e dos aparelhos de apoio;

Deve ser apresentada a localização da obra com indicação da estaca ou quilômetro do eixo  
da obra e do eixo do cruzamento, bem como do início e do fim da estrutura.

Deve ser apresentado quadro-resumo que indique as resistências características  $f_{ck}$  e  $f_{yk}$ , ado-  
tadas respectivamente para o concreto e para o aço empregados, ou de qualquer outro mate-  
rial utilizado. Também devem constar o comprimento e o tipo de estacas previstas, a taxa no  
solo de fundação, os esforços solicitantes de cálculo para dimensionamento e unidades de  
medida.

No caso de obras em interseção, deve ser apresentada a diagramação em escala reduzida do  
conjunto, figurando a implantação da obra.

Cada folha de desenho deve, como regra, corresponder a um elemento estrutural da obra ou  
elementos da mesma natureza. Deve incluir a totalidade de seus detalhes e a respectiva tabe-  
la de armadura, por lista e resumo. No resumo não deve ser incluída qualquer perda de peso  
ou comprimento.

Se houver necessidade de se utilizar mais de uma folha de desenho para o mesmo elemento,  
deve sempre ser obedecido o critério estritamente estrutural. Assim, em uma estrutura Ger-  
ber, por exemplo, serão consideradas as peças das vigas principais separadas pelas articula-  
ções.

Analogamente, no eventual desdobramento da folha de desenho relativa à infra-estrutura, as  
fundações e a infra-estrutura com suas elevações devem figurar em folhas distintas.

Todas as folhas de desenhos de armação que contenham aços especiais devem indicar as ca-  
racterísticas geométricas do dobramento e dos ganchos das barras das diferentes bitolas.

As folhas de desenhos devem conter, no lado direito, uma coluna com as seguintes descri-  
ções:

- $f_{ck}$  do concreto,  $f_{yk}$  do aço, especificação da bainha metálica, cobrimento da armadura  
e unidades de medida;
- tabela e resumo da armadura, cabos e cordoalhas, por bitola, extensão e peso, sem  
computar-se qualquer perda de peso ou comprimento;

A armadura do guarda-corpo não deve ser computada, pois já está incorporada nos preços



CÓDIGO	IP-DE-C00/004	REV.	B
EMISSÃO	Fev/2009	FOLHA	28 de 35

unitários correspondentes.

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

- a) todo o detalhamento necessário que permita a completa e perfeita fabricação da estrutura, indicando todos os componentes, as dimensões, a disposição e o nervuramento, assim como a quantidade e diâmetro de parafusos;
- b) detalhes do tipo de guarda-corpos, de escadas e lances indicado o PT de saída e chegada com dimensões, distâncias e quantidade de degraus;
- c) soldas e peças soltas a serem conectadas durante a montagem; as indicações de solda devem estar de acordo com a padronização da *American Welding Society – AWS*;
- d) detalhe das chapas de base com indicação da espessura de todas as chapas, soldas e chumbadores;
- e) detalhe das conexões não padronizadas com espessura de todas as chapas, soldas e parafusos;
- f) informações necessárias à perfeita e completa montagem das estruturas, tais como plantas, elevações e cortes, indicando as posições relativas de todas as peças a partir das linhas de centro de coluna e níveis de pisos e tabuleiros; orientações das faces das colunas norte ou leste e também das vigas, soldas de obra etc.

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

#### 6.3.4 Detalhes Complementares

O projeto do cimbramento, com todos os seus detalhes executivos e o correspondente memorial de cálculo, deve acompanhar o projeto executivo da obra quando solicitado pelo DER/SP. Para cruzamento de vias em tráfego, devem ser previstas no cimbramento as aberturas necessárias conforme os gabaritos requeridos, de modo a permitirem a continuidade de tráfego. Deve ser apresentado o esquema do descimbramento, a critério do DER/SP.

Devem ser apresentados os detalhes da passarela de serviço e de passarela provisória, desde que essas obras auxiliares sejam necessárias e solicitadas pelo DER/SP.

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

O plano ou programa de protensão deve acompanhar o memorial de cálculo com as indica-



CÓDIGO	IP-DE-C00/004	REV.	B
EMIÇÃO	Fev/2009	FOLHA	29 de 35

ções relativas às operações de protensão das peças. Deve-se incluir as pressões previstas, os alongamentos teóricos etc., com base nas características do aço utilizado na confecção dos cabos. Também deve ser apresentado o método construtivo, descrevendo a seqüência de construção, fases de escavação e de concretagem etc., particularizando as fases de execução da obra.

### 6.3.5 Planilhas de Quantidade e Orçamento

Na elaboração das planilhas de quantidade e orçamento dos serviços e materiais previstos para a execução da obra, deve-se respeitar, sempre que possível, a discriminação e as especificações que constam na Tabela de Preços Unitários – TPU vigente do DER/SP. A TPU vigente é sempre a última publicada anteriormente à entrega do documento final ao DER/SP.

Os serviços previstos que não se enquadrarem naqueles discriminados na TPU devem ser perfeitamente definidos e descritos. Caso necessário, deve ser elaborada Especificação de Serviço para acompanhar o projeto.

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

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

As áreas podem ser obtidas pelos desenhos, utilizando os recursos do programa computacional de elaboração do desenho.

### 6.3.6 Projetos com Materiais Diferentes

A utilização no projeto de qualquer tipo de material não especificado pelas Normas Brasileiras ou pelo DER/SP somente será admitida mediante autorização prévia e expressa do DER/SP.

## 7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1 ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6118**. Projeto de estruturas de concreto – Procedimento. Rio de Janeiro, 2003.
- 2 \_\_\_\_\_. **NBR 9050**. Acessibilidade a edificações, mobiliários, espaços e equipamentos urbanos. Rio de Janeiro, 2004.
- 3 \_\_\_\_\_. **NBR 7187**. Projeto de pontes de concreto armado e protendido – Procedimento. Rio de Janeiro, 2003.
- 4 \_\_\_\_\_. **NBR 6123**. Forças devidas ao vento em edificações. Rio de Janeiro, 1988.
- 5 \_\_\_\_\_. **NBR 6122**. Projeto e execução de fundações. Rio de Janeiro, 1996.



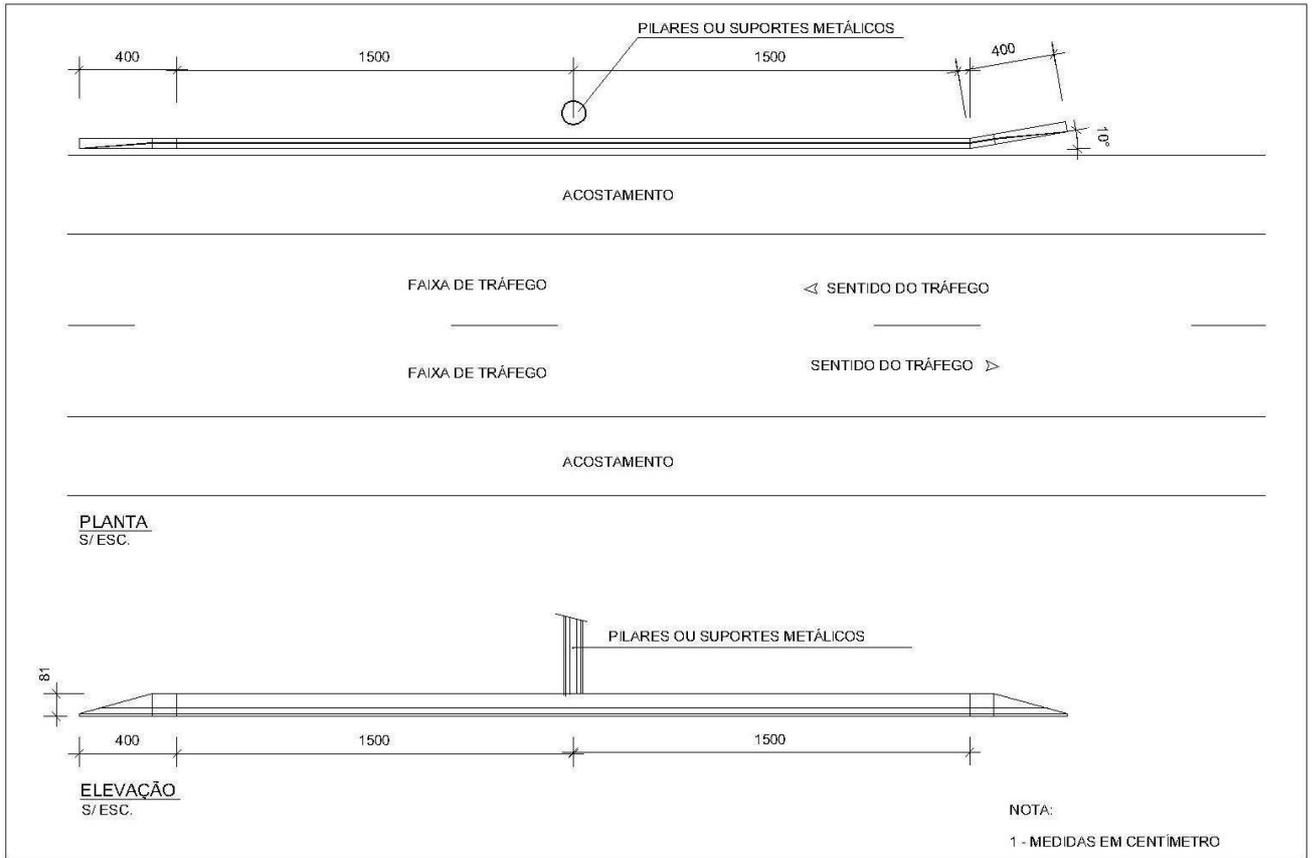
- 6 \_\_\_\_\_. **NBR 8681**. Ações e segurança nas estruturas – Procedimento. Rio de Janeiro, 2003.
- 7 \_\_\_\_\_. **NBR 7188**. Carga móvel em ponte rodoviária e passarela de pedestres. Rio de Janeiro, 1984.
- 8 \_\_\_\_\_. **NBR 7189**. Cargas móveis em projeto estrutural de obras ferroviárias. Rio de Janeiro, 1985.
- 9 \_\_\_\_\_. **NBR 7480**. Barras e fios de aço destinados a armaduras para concreto armado. Rio de Janeiro, 1996.
- 10 \_\_\_\_\_. **NBR 7481**. Telas de aço soldadas para armadura de concreto. Rio de Janeiro, 1990.
- 11 \_\_\_\_\_. **NBR 7482**. Fios de aço para concreto protendido. Rio de Janeiro, 1991.
- 12 \_\_\_\_\_. **NBR 7483**. Cordoalhas de aço para concreto protendido – Procedimento. Rio de Janeiro, 2004.
- 13 BRITISH STANDARDS INSTITUTION. **BS 5400**. *Steel and composite bridges. Code of practice for design of bridges*. London, 2000.
- 14 AMERICAN ASSOCIATION HIGHWAY OF TRANSPORTATION OFFICIALS. *Standard specification for highway bridges*. 17<sup>th</sup> Edition. Washington, 2002. 1028 p.
- 15 AMERICAN INSTITUTE OF STEEL CONSTRUCTION, INC. *Code of standard practice for steel building and bridges*. Chicago. 2000. 94 p.

\_\_\_\_\_  
/ANEXO A

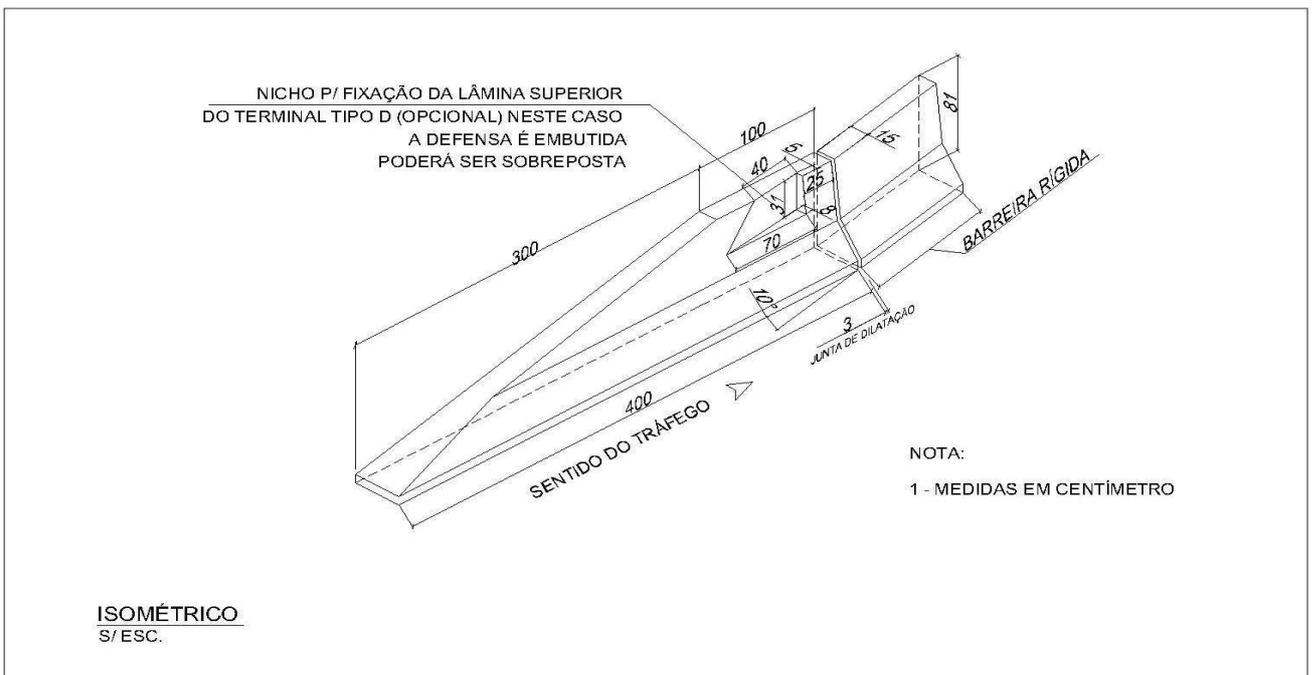


CÓDIGO	IP-DE-C00/004	REV.	B
EMIÇÃO	Fev/2009	FOLHA	31 de 35

## ANEXO A – PROTEÇÃO DE PILAR DE PASSARELA COM BARREIRA RÍGIDA



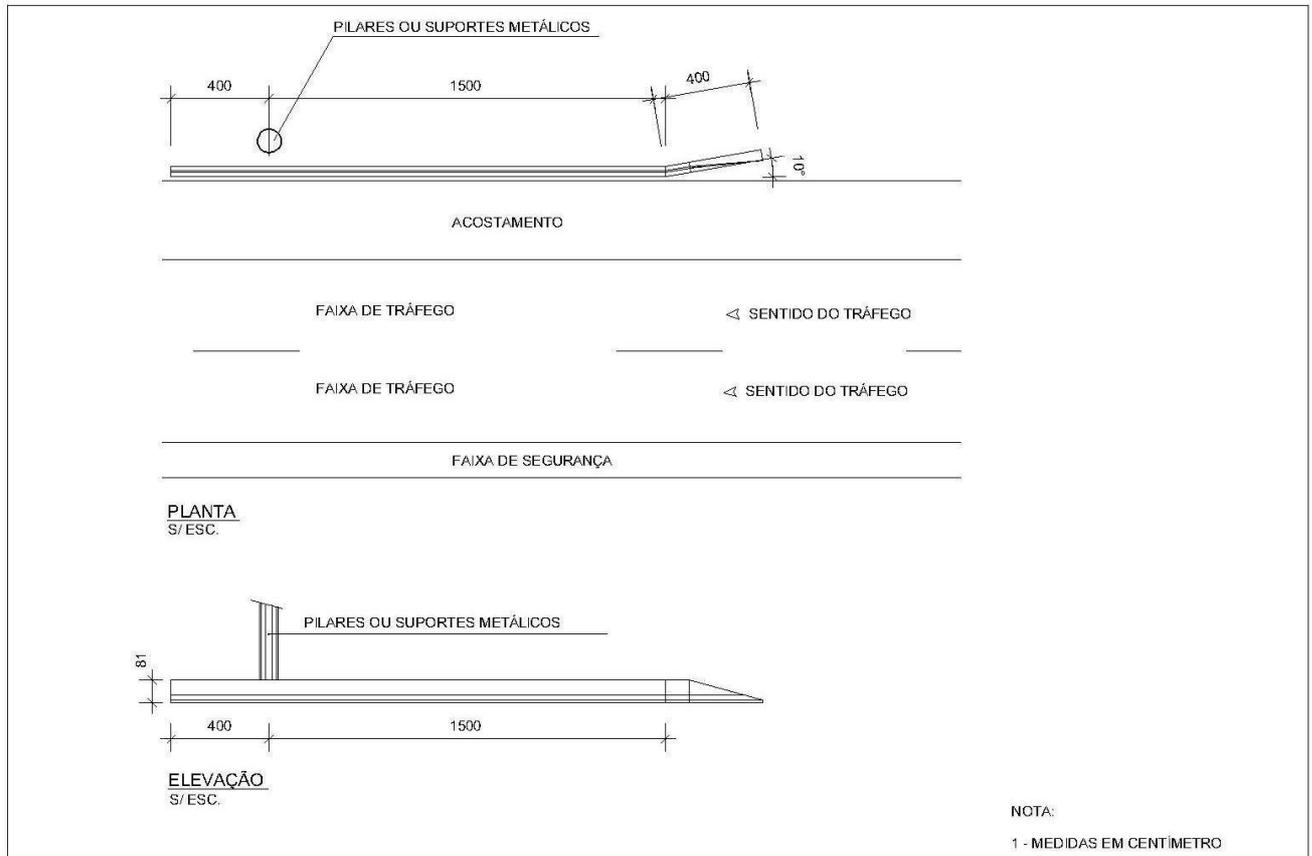
**Figura A-1 – Esquema de Proteção de Pilar de Passarela com Barreira Rígida em Pista Simples**



**Figura A-2 – ISOMÉTRICO DA BARREIRA – PONTES E VIADUTOS**



CÓDIGO	IP-DE-C00/004	REV.	B
EMIÇÃO	Fev/2009	FOLHA	33 de 35



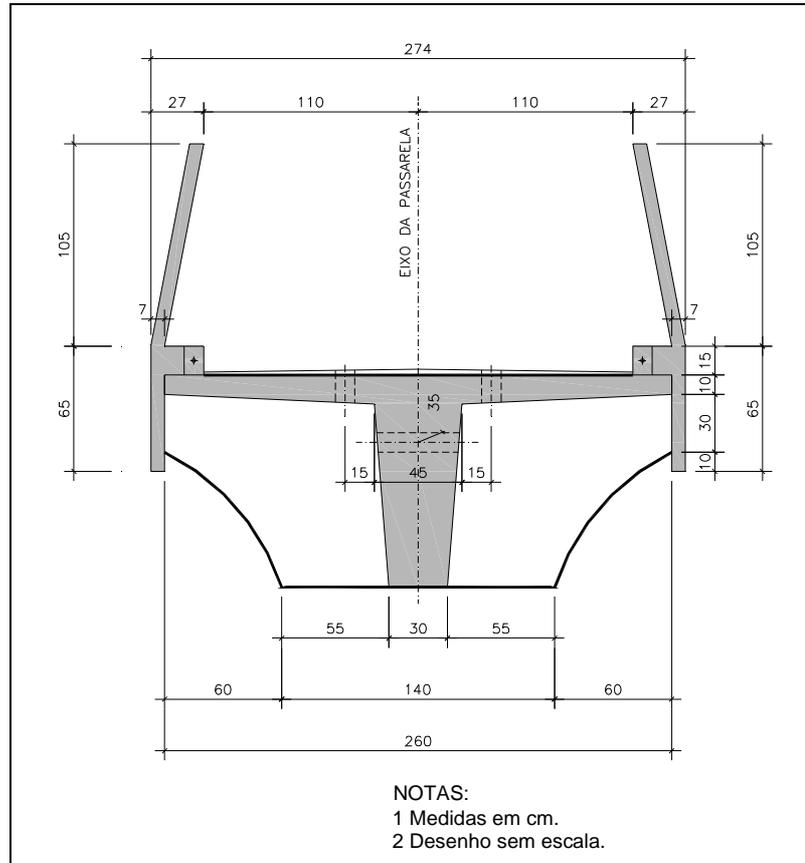
**Figura A-3 – Esquema de Proteção de Pilar de Passarela com Barreira Rígida em Pista Duplicada**

/ANEXO B



CÓDIGO	IP-DE-C00/004	REV.	B
EMIÇÃO	Fev/2009	FOLHA	34 de 35

## ANEXO B – SEÇÃO TRANSVERSAL PADRÃO DE PASSARELA



**Figura B-1 – Seção Transversal Padrão de Passarela**