

ESTUDO DAS PONTES

BRIDGE'S STUDY

Patricia Cristina Cunha Nunes

RESUMO

Pontes são estruturas que desde os primórdios da civilização humana despertam a inspiração e criatividade em transpor obstáculos, porém o conhecimento no Brasil está pulverizado na literatura. Esse artigo é uma compilação bibliográfica que tem por objetivo conduzir estudantes de Engenharia Civil a uma abordagem inicial de um projeto de pontes em concreto além de apresentar um pouco da história que impulsionou os avanços tecnológicos para chegarmos a vãos de 1.991m nos dias atuais. Para tanto, serão colocadas as definições básicas, o vocabulário técnico necessário, a classificação usual das pontes e as normas técnicas brasileiras que norteiam as tomadas de decisões e que amparam e protegem o projetista de Obras de Arte Especiais no país. Ainda, serão mostrados métodos construtivos usuais e as ações atuantes nesse sistema estrutural e colocar, de forma sucinta, a discussão das patologias construtivas que compadeceram o país na queda de parte do viaduto em Brasília no início de 2018.

Palavra Chave: Ponte; História das pontes; Classificação das pontes; Métodos construtivos das pontes; Solicitação em pontes.

ABSTRACT

Bridges are structures that since the dawn of human civilization arouse the inspiration and creativity to overcome obstacles, but their knowledge in Brazil is scattered in the literature. This article aims to lead Civil Engineering students to an initial approach to a concrete bridge project and to present a little of the history that drove the technological advances to reach 1.911m spans today. For that, the basic definitions, the necessary technical vocabulary, the usual classification of the bridges and the Brazilian technical norms that guide the decision making and that support and protect the designer of Special Artworks in the country will be placed. Still, it will be shown the usual construction methods and the actions acting on this structural system and briefly put the discussion of the constructive pathologies that compassed the country in the fall of part of the viaduct in Brasilia in early 2018.

Keywords: Bridge; History of bridges; Bridge classification; Construction methods of bridges; Bridge Request.

HISTÓRICO DAS PONTES

“(…) desde que o primeiro tronco caiu na água, as pessoas ficaram fascinadas com pontes e seu poder de reunir o que havia sido separado. Pontes podem evocar alegria, triunfo e medo, às vezes simultaneamente. Eles figuram substancialmente nos mitos, lendas e alegorias de muitas culturas, com cada século aumentando os estratos do simbolismo”. (DUPRÉ, 1997, p.1)

Pontes são estruturas que desde os primórdios da civilização humana despertam a inspiração e criatividade humanas. As travessias com o uso de cipós e madeira foram as primeiras experiências de transposição de obstáculos – exemplos memoráveis ainda perduram da civilização maia entre outras em seu local de origem.

Fazendo um histórico sob a perspectiva estrutural do assunto de pontes, em que projetistas estão em busca do ideal entre geometria, solicitações e materiais temos que as primeiras experiências seguiram a intuição e o que existia à mão para o “projeto”, como as passarelas maias que se destacam pela beleza e durabilidade.

As pontes de madeira foram empregadas largamente desde a Antiguidade na construção, inicialmente com arranjos estruturais bastante simples. Leonhardt (1979) apud Debs & Takeya, 2009, p.7, foram construídas pontes com vãos consideráveis, como em 1758, a ponte sobre o rio Reno, com 118 metros de vão.

As pontes romanas foram as que se destacaram pela beleza e durabilidade (muitas ainda em uso na cidade de Roma) ao longo dos séculos. Exemplos notórios são as de São Ângelo (134 a.C) e Céstio (365d.C), PINHO & BELLEI, 2007, p.12. Leonhardt (1979) apud Debs & Takeya, 2009, p.7, ainda menciona a construção de abóbadas em pedra antes de Cristo pelos chineses. As pontes romanas chegavam a 30m de vão em arco semicircular.

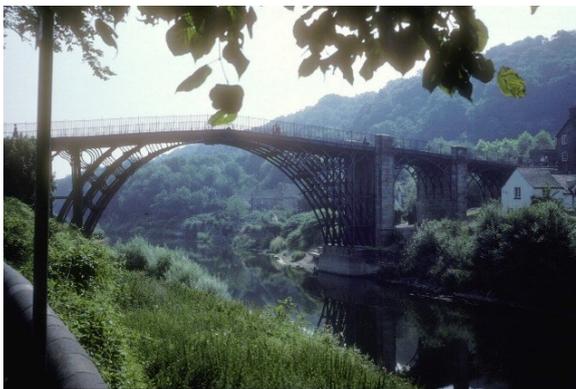
Mas foi no século XIV que os arquitetos italianos Palladio ultrapassou os 30m de vão com inovadoras treliças de madeira e o memorável Leonardo da Vinci surpreendeu o mundo ocidental com seus inovadores projetos de pontes sem qualquer fixação metálica na madeira, alcançando vãos inéditos com uma nova tipologia estrutural inspirada nos arcos plenos da antiguidade romana clássica. Ambos projetistas alavancaram o desenvolvimento das pontes no auge da possibilidade científica do Renascimento.

Porém foi a nova proposta de materiais advinda da Revolução Industrial que propiciou a abordagem de projeto de obras de arte contempladas nesse livro proprietário. A primeira ponte a usar o ferro como material estrutural, em 1779, foi a Coalbrookdale, na Inglaterra sobre o rio Severn, Figura 1 – para um vão de 31m e 15m de altura (comprimento total de 59m), PINHO & BELLEI, 2007, p.12. Vale destacar que já a partir de 1850 já eram construídas pontes em treliça metálicas com 124 metros de vão (DEBS & TAKEYA, 2009, p.7). Já no Brasil, Pinho e Bellei (2007, p. 13) denotam a Ponte do Paraíba do Sul como sendo a mais antiga ponte em ferro do país.

Como o objeto de estudo desse artigo é ponte em concreto armado é importante ressaltar que o desenvolvimento de pontes desse material só foi realizado após a II Guerra Mundial – quando além de propiciar o uso de recursos naturais em abundância no país conta com a necessidade de viabilizar o trabalho de uma parcela grande da população brasileira saída do campo e sem qualquer qualificação técnica.

Esse foi o contexto político econômico no pós guerra no país. Debs & Takeya, 2009, p.7, citam as primeiras pontes em concreto 1912 que começaram a ser construídas as pontes de viga e de pórtico em concreto armado, com vãos de até 30 metros. O concreto protendido surge como um material cuja possibilidade construtiva supera o armado em tempo e em vãos. A Segunda Guerra assolou pontes milenares pela Europa ampliando essa demanda, (DEBS & TAKEYA, 2009, p. 7)

Figura 1 – Ponte de Coalbrookdale na Inglaterra.

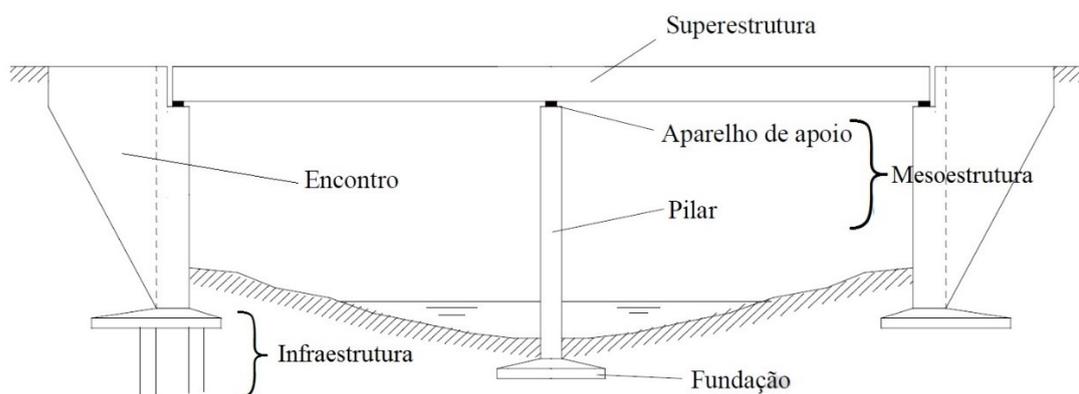


FONTE: Disponível em <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:The_Iron_Bridge_-_geograph.org.uk_-_1558034.jpg>, acesso em 2018.

DEFINIÇÕES

Ponte é a obra destinada a transposição de obstáculos à continuidade do leito normal de uma via, tais como rios, braços de mar, vales profundos, outras vias, etc. Quando a ponte tem por objetivo a transposição de vales, outras vias ou obstáculos em geral não constituídos por água é comumente denominada de viaduto (PFEIL, 1979, p.1). Além dessa, será necessário estabelecer algumas definições de termos e elementos que serão citados a seguir. Assim sendo, a Figura 2 contém as subdivisões de uma ponte tendo em vista os aspectos estruturais, os quais estarão descritos na seção 5 desse artigo.

Figura 2 – Esquema ilustrativo de estrutura de pontes e suas partes.



FONTE: modificado de DEBS & TAKEYA, 2009.

Superestrutura

A superestrutura é a parte da ponte destinada a vencer o obstáculo e pode ser subdividida em duas partes:

Estrutura principal (ou sistema estrutural principal ou simplesmente sistema estrutural): Cujas funções são a de vencer o vão livre.

Estrutura secundária (ou tabuleiro ou estrado): Responsável por receber a ação direta das cargas e a transmite para a estrutura principal.

Mesoestrutura

Parte de uma ponte que compreende os aparelhos de apoio, pilares e encontro.

Infraestrutura

Compreendida pelas fundações adequadas ao projeto específico.

CLASSIFICAÇÃO DAS PONTES

Com o intuito de organizar o conhecimento sobre as pontes, existem várias formas de classificação. Veja como Marchetti (2008, p.3) criou todas as onze categorias elencadas abaixo, de acordo com os critérios evidenciados em sua respectiva tabela demonstrativa:

Extensão do vão

De acordo com a extensão do vão as pontes poderão ser classificadas como bueiros, pontilhões ou pontes, Tabela 1.

Tabela 1 – Extensão do vão e classificação das pontes

Vão	Classificação
< 2,0m	Bueiros ou galerias
$2,0m \leq \text{vão} \leq 10,0m$	Pontilhões
vão > 10m	Ponte

FONTE: Marchetti (2008).

Para a classificação das pontes frente à durabilidade é observado o quanto de tempo esse projeto deverá responder ao propósito inicial, veja a tabela 2.

Tabela 2 – Durabilidade e classificação das pontes

Durabilidade	Classificação
São pontes construídas para atender a demanda de projeto de forma definitiva	Pontes permanentes
São obras realizadas até que a ponte definitiva seja totalmente concluída. São construídas em caráter temporário	Pontes provisórias
De caráter provisório e, contrária à anterior, essas pontes tendem a ser reaproveitadas em um novo local.	Pontes desmontáveis

FONTE: Marchetti (2008).

Natureza do tráfego

Esta é uma classificação das pontes baseada nas fontes do tráfego sobre as pontes, Tabela 3

Tabela 3 – Durabilidade e classificação das pontes

Tráfego	Classificação
----------------	----------------------

Rodoviário	Pontes rodoviárias
Pedestres	Pontes para pedestres ou Passarelas
Transporte de água	Pontes aquedutos
Trem	Pontes ferroviárias
Obra hidráulica	Ponte canal
Aeronaves	Pontes aeroviárias
Quando há vários tipos	Pontes mistas

FONTE: Marchetti (2008)

Desenvolvimento planimétrico

Essa forma leva em consideração o eixo de uma ponte no plano horizontal de projeção, conforme é mostrado na Tabela 4

Tabela 3 – Desenvolvimento planimétrico e classificação das pontes.

Planta	Classificação
Quando o eixo da ponte encontra-se a 90° do eixo do obstáculo (seja de forma ortogonais ou esconsa – veja quadro explicativo 1)	Pontes retas
Quando seu eixo tem o desenvolvimento sobre uma curva	Ponte curva

FONTE: Marchetti (2008).

Desenvolvimento altimétrico

Diferentemente da classificação anterior, nessa é levada em consideração o plano vertical de projeção da ponte ou elevação, Tabela 5.

Tabela 5 – Desenvolvimento altimétrico e classificação das pontes.

Elevação	Classificação
Quando o eixo da ponte encontra-se a horizontal ou em nível	Pontes horizontal
Quando o eixo da ponte encontra-se inclinado, tanto de forma reta quanto curva	Pontes em rampa (retilíneas ou curvilíneas)

FONTE: Marchetti (2008).

Sistema estrutural da superestrutura

Esta classificação é vista na Tabela 6. Pfeil (1979, p.5)

Tabela 6 – Superestrutura e classificação das pontes.

Superestrutura	Classificação
Quando esta é realizada através de vigas	Pontes em vigas
Quando esta é feita em pórticos	Pontes em pórticos

Quando realizada em arco	Ponte em arco
Quando realizada a partir de cabos suspensos em um principal	Pontes pênses ou suspensas
Quando realizada em tirantes	Pontes atirantadas ou suspensas
Quando constituinte é uma laje	Ponte em laje
Quando é em treliça	Ponte em treliça

FONTE: Marchetti (2008).

Material da superestrutura

Diretamente como a classificação sugere e, com isso, cada um desses materiais vai requerer especificidades próprias no seu cálculo, Tabela 7. Nesse artigo é adotado o concreto armado como objeto de estudo.

Tabela 7 – Materiais da superestrutura e classificação das pontes

Material	Classificação
Quando material da ponte for em madeira	Pontes em madeira
Quando material da ponte for em alvenaria (pedras ou tijolos)	Ponte em alvenaria
Quando o material da ponte for em concreto armado	Ponte em concreto armado
Quando o material da ponte for em concreto protendido	Ponte em concreto protendido
Quando o material da ponte for em aço	Ponte em aço

FONTE: Marchetti (2008).

Posição do tabuleiro

Basta observar a posição do tabuleiro da ponte frente ao seu apoio, Tabela 8.

Tabela 8 – Posição do tabuleiro e classificação das pontes

Tabuleiro	Classificação
Quando está posicionado acima do seu apoio	Pontes de tabuleiro superior
Quando está posicionado numa posição intermediária em relação ao seu apoio	Ponte de tabuleiro intermediário
Quando está posicionado abaixo do seu apoio	Ponte de tabuleiro inferior

FONTE: Marchetti (2008).

Mobilidade dos tramos

Uma ponte pode ainda ser classificada de acordo com a mobilidade de seus tramos, conforme mostra Tabela 9.

Tabela 9 – Mobilidade dos tramos e classificação das pontes

Material	Classificação
Quando seu tramo conta com mobilidade de giro em uma de suas extremidades	Ponte basculante de pequeno vão
Quando seu tramo pode mover-se verticalmente	Ponte levadiça
Quando seu tramo pode mover-se horizontalmente	Ponte corrediça
Quando seu tramo pode girar horizontalmente em relação a um eixo central	Ponte giratória

FONTE: Marchetti (2008).

Tipo estático da superestrutura

Nesse caso, mais uma vez de forma didática a ponte é classificada quanto ao seu grau de estaticidade, Tabela 10.

Tabela 10 – Estaticidade e classificação das pontes.

Grau de estaticidade	Classificação
Se é uma estrutura isostática	Ponte Isostática
Se é uma estrutura hiperestática	Ponte Hiperestática

FONTE: Marchetti (2008).

Tipo construtivo da superestrutura

Como última forma de classificação de uma ponte é levada em consideração a sua tipologia construtiva, conforme Tabela 11.

Tabela 11 – Tipologia construtiva da superestrutura e classificação das pontes.

Tipologia	Classificação
Se é superestrutura é executada no próprio local da ponte com cimbramento fixo	Ponte “in loco”
Se os elementos da superestrutura são executadas fora do local definitivo da ponte	Ponte “pré-moldada”
Se a superestrutura é executada progressivamente a partir de pilares já construídos	Ponte “em balanços sucessivos”
Idem ao anterior, porém sem cimbramento. Construção com deslocamentos progressivos	Ponte “em aduelas ou segmentos”

FONTE: Marchetti (2008).

Outra classificação encontrada seria a que se refere ao tipo estrutural ou sua seção transversal, porém não conveniente quanto aos objetivos desse artigo.

SISTEMAS ESTRUTURAIS E SEÇÕES TRANSVERSAIS

A escolha da solução estrutural e a otimização de comprimento e vãos será definida após o perfeito conhecimento e a completa assimilação de todos os parâmetros de implantação da obra. O tipo estrutural que melhor atender à interação solo-estrutura e que apresentar maiores vantagens, após o cotejo técnico e econômico de todas as variáveis envolvidas, será o escolhido. Para esta escolha, principalmente nas obras de grande porte, o projetista deverá ter uma larga experiência, adquirida pelo conhecimento de uma vasta gama de projetos e soluções (Brasil b, 1996, p.111).

A composição estrutural - a composição estrutural utilizada nas pontes difere da empregada em edifícios, em razão da carga de utilização, dos vãos a serem vencidos, e do processo de construção, comentado adiante. Para a análise estrutural existem simplificações e recomendações em função da sua composição estrutural, como por exemplo, o cálculo da estrutura em grelha considerando elementos indeformáveis na direção transversal (DEBS & TAKEYA, 2009, p.111). Segundo esses mesmos autores os sistemas estruturais normalmente empregados nas pontes de concreto são (p.75), definidas sucintamente na seção 3 quando foram classificadas as pontes em concreto:

- a) pontes em viga
- b) pontes em pórtico
- c) pontes em arco
- d) pontes estaiadas

A escolha da seção transversal da obra-de-arte especial depende de uma série de fatores (Brasil b, 1996), dos quais os mais importantes são:

- 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;
- d) economicidade da solução e do método construtivo.

MÉTODOS CONSTRUTIVOS

Sobre os processos construtivos vale ter em mente o fato de que cada local de implantação de uma obra de arte terá suas peculiaridades a serem avaliadas pelo projetista e executor.

De acordo com a NBR 7187/2003, a execução das estruturas de que trata esta Norma deve ser realizada em conformidade com as exigências constantes nas NBR 6118/2014. Já as operações de preparo, controle e recebimento do concreto, bem como a atribuição de responsabilidades pelas etapas construtivas, no que couber, devem estar de acordo com o que estabelece a NBR 12655/2015.

Para esclarecer os processos construtivos das pontes de concreto não se tem a pretensão nesse material de descrever minuciosamente cada um dos processos, em geral, esses processos podem ser classificados de duas formas: os que são moldados no local da ponte, e outro pré-moldados de forma parcial ou total. Ainda são citadas a construção com balanços sucessivos e a com deslocamentos progressivos.

Todos descritos de forma sucinta a seguir (DEBS & TAKEYA, 2009, p. 13 e 142)

Moldagem no local

Nesse caso, a construção poderá contar:

- a) com cimbramento fixo;
- b) com cimbramento móvel para todo o tabuleiro;
- c) com cimbramento móvel para vigas isoladas;
- d) com balanços sucessivos.

Cimbramento trata-se de estrutura provisória projetada para receber e transmitir cargas durante a construção de obras-de-arte (Brasil a, 1997, p.47)

Pré-moldados (parcial ou total):

- a) com elementos que vencem todo o vão;
- b) com elementos menores que os vãos;
- c) com balanços sucessivos;
- d) com aduelas montadas sobre cimbramento;
- e) com deslocamentos sucessivos.

Construção em balanços sucessivos

Essa construção é feita a partir dos lados dos pilares, em segmentos; a fôrma para a moldagem de cada segmento é sustentada pelo segmento anterior, sendo, portanto, necessário que o concreto desse segmento anterior esteja com a resistência adequada. Também, neste caso, elimina-se - ou reduz-se drasticamente - o cimbramento . Existe também a alternativa de se fazer estes segmentos pré-moldados (DEBS & TAKEYA, 2009, p.17).

Construção com deslocamentos progressivos

A construção com deslocamentos progressivos consiste na execução da ponte em segmentos, em local apropriado junto à cabeceira da ponte; à medida que o concreto de cada segmento vai adquirindo a resistência adequada, a ponte é progressivamente deslocada para o local definitivo, também eliminando - ou reduzindo drasticamente - o cimbramento (DEBS & TAKEYA, 2009, p.18).

DADOS NECESSÁRIOS PARA O PROJETO

Você deve notar que o projeto de uma ponte parte de sua finalidade. Em disciplinas anteriores do seu curso já foi estudado que os projetos estruturais têm três variáveis a serem trabalhadas: a geometria, o carregamento e o material. No caso de pontes há de se considerar ainda elementos topográficos, hidrológicos, geotécnicos e os acessórios, de acordo com Pfeil (1979, p.39) e a ABNT NBR 7187/2003.

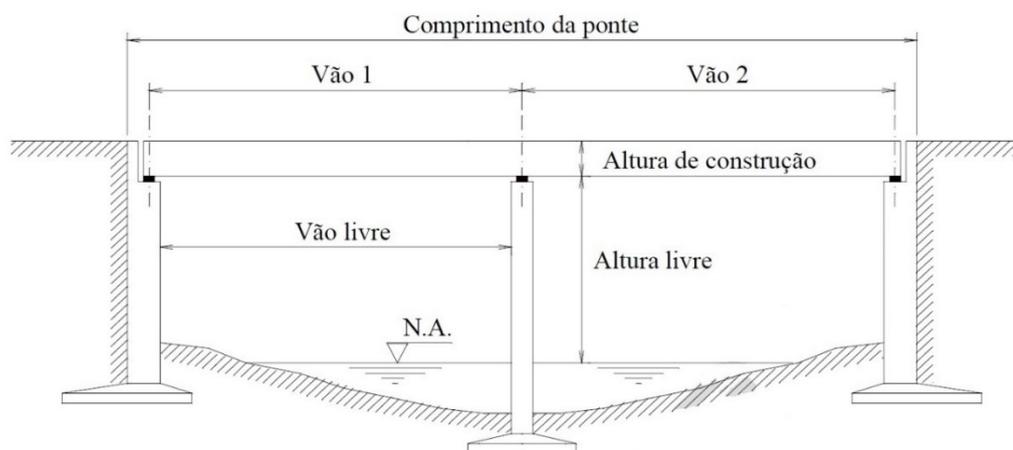
Os elementos básicos do projeto de pontes previstos nas normas brasileiras compreendem "(...) todas as informações necessárias para justificar a obra e definir suas características técnicas e funcionais. Incluem levantamentos topográficos (também batimetria, se necessário) e de interferências, projeto geométrico completo, dados geológicos, geotécnicos e hidrológicos, gabaritos em largura e altura e outros condicionantes do projeto. Em alguns casos, devem ainda ser consideradas, na

elaboração dos projetos, as condições de acesso à obra, características regionais e disponibilidade de materiais e mão-de-obra” (ABNT NBR 7187:2003, 2003, p.2).

ELEMENTOS GEOMÉTRICOS

São vários os elementos geométricos que condicionam o projeto de uma ponte que serão discutidos a seguir (PFEIL, 1979, p.25, complementadas com Brasil(a), 1997). Para tanto, será mostrada a Figura 3 para auxiliar o entendimento das definições

Figura 3 - Estrutura de ponte



FONTE: DEBS & TAKEYA, 2009, p.6.

Tramo da ponte

É a parte de uma superestrutura situada entre dois elementos sucessivos da mesoestrutura.

Vão teórico do tramo

É a distância medida horizontalmente entre os centros de dois apoios sucessivos

Vão livre do tramo

É a distância, medida horizontalmente, entre os paramentos de dois pilares ou de pilares e encontros.

Altura de construção

É a distância, em uma determinada seção, medida verticalmente entre o ponto mais alto da superfície do estrado e o ponto mais baixo da superestrutura. Esse é um parâmetro de extrema importância porque, em muitos casos, condiciona o tipo de estrutura a ser adotado.

Altura livre abaixo de uma ponte

É a distância, medida verticalmente, entre o ponto mais baixo da superestrutura e o ponto mais alto do obstáculo transposto pela ponte, na seção considerada. No caso de rios, a altura livre é a medida até o nível máximo da enchente. Nas pontes construídas sobre vias navegáveis, a altura livre deve ser tal que permita a passagem das embarcações mais altas, mesmo em ocasiões de máxima cheia ou de máxima preamar.

Largura das pontes

Nesse elemento você deve notar a necessidade de ser feita uma diferenciação entre as demandas de uma ponte rodoviária, ferroviária e mistas.

Largura das pontes rodoviárias

Podem ser divididas ainda entre pontes urbanas e rurais, dependendo de sua situação geográfica. As pontes urbanas possuem pistas de rolamento, com largura igual à da rua ou Avenida onde se localiza a obra, e passeio correspondentes às calçadas da rua. As pontes rurais são construídas com a finalidade de escoar o tráfego das rodovias. A indicação é que as pontes urbanas e rurais devem ter seções transversais iguais às das vias, de modo a não reduzir a capacidade das mesmas, claro, quando possível.

Largura das pontes ferroviárias

A largura mínima das pontes ferroviárias deve ser suficiente para acomodar a linha férrea com lastro, devendo ainda prever refúgios a espaços regulares para segurança do pedestre eventual e pessoal de manutenção durante a passagem do comboio.

Gabarito das pontes

Seção (não obstruída) livre para passagem de uma rodovia, hidrovía, deixada pela estrutura (ponte ou viaduto) ou túnel, (Brasil (a), 1997, p. 120). As pontes construídas sobre rodovias devem respeitar espaços livres, necessários para o tráfego de caminhões. Os gabaritos de ferrovias são mais altos que os de rodovias, por causa da eletrificação com cabos aéreos. Já as pontes sobre vias navegáveis devem atender aos gabaritos de navegação dessas vias – a largura deve atender a, pelo menos, duas vezes a largura máxima das embarcações, mais um metro.

ELEMENTOS TOPOGRÁFICOS

As informações topográficas necessárias para o projeto de uma ponte devem contemplar a situação do local que será implantada, em planta, indicando o obstáculo que será transposto, as construções existentes e o devido levantamento topográfico (DEBS & TAKEYA, 2009, p. 18). Para tanto, Pfeil (1979, p.36) sugere as devidas escalas e trechos:

- a) Planta baixa na escala 1/1000 ou 1/2000, do trecho da rodovia que será implantada a ponte em uma extensão que ultrapasse pelo menos 1000m a mais para cada lado da cabeceira;
- b) Elevação na escala 1/100 ou 1/200, da porção caracterizada no item a;
- c) Implantação com curvas de nível na escala 1/100 ou 1/200 do trecho que será implantada com, pelo menos, 50m a mais para cada lado da obra de arte e uma largura mínima de 30m;
- d) Seção na escala 1/100 ou 1/200 quando existir um rio ou curso d'água, contendo as cotas do fundo do rio em pontos distanciados de 5m

ELEMENTOS HIDROLÓGICOS

Você ao projetar uma ponte deve levar em consideração alguns elementos da hidráulica: no caso de pontes sobre rio, informações sobre o fluxo de água, seção de vazão, níveis máximo da água, altura de lâmina de água, cotas máximas de enchentes e estiagem, com indicação da época (Pfeil, 1979, p.37; DEBS & TAKEYA, 2009, p. 18).

ELEMENTOS GEOTÉCNICOS

No caso dos elementos geotécnicos você deverá ter em mãos relatórios de sondagens, já estudados em outras disciplinas do seu curso, relatórios com as peculiaridades geológicas, além das devidas planta de locação e perfis das sondagens (DEBS & TAKEYA, 2009).

Além de todos os elementos citados e descritos, outros irão aparecer ao longo do processo de projeto. Para tanto fica a indicação da leitura mostrada no quadro abaixo. São eles: Barreiras de Concreto, Guarda-corpo, Defensas Metálicas, Encontros, Juntas, de Dilatação, Elementos de Captação e Drenagem, Pingadeira, Pavimentação, Juntas de Pavimentação, Armação do Pavimento.

CONDIÇÕES LOCAIS

O futuro engenheiro, deve ainda buscar outras informações pertinentes ao projeto como as condições de acesso, disponibilidade de materiais e serviços, impacto ambiental, agressividade do ambiente, limitações de qualquer natureza, a fim de obedecer a legislação vigente e conferir segurança e mínimo impacto a ecossistemas em equilíbrio já estabelecidos (Braga, 2015). Assim sendo, este conceito extrapola apenas o desempenho da estrutura como também é crucial para o vida útil e a durabilidade da construção. O acrescimento da poluição atmosférica local é determinante nesses três fatores associado a processo de manutenções regulares.

Como exemplo da negligência desses fatores cita-se a queda do viaduto em Brasília no ano de 2018 quando veio abaixo parte da estrutura do eixo rodoviário próximo à rodoviária da cidade. Por sorte, e em termos de projetos estruturais, não é devido contar com esse fator, ninguém passava no local no momento. As perdas urbanas foram imensuráveis pois sua obra de recuperação perdurou por mais de um ano.

SOLICITAÇÕES EM PONTES

De acordo com a NBR ABNT 7187/2003 as solicitações que ocorrem em uma ponte devem obedecer a classificação da ABNT 8126/2003 Versão corrigida 2004 que traz as seguintes ações como causas que provocam o aparecimento de esforços ou deformações nas estruturas:

- a) permanentes;
- b) variáveis;
- c) excepcionais.

Ainda sobre o carregamento, em projetos de pontes é importante considerar o efeito dinâmico das cargas, e devido ao fato das cargas serem móveis, tornam-se necessário determinar a envoltória dos esforços solicitantes e a verificação da possibilidade de fadiga dos materiais (DEBS & TAKEYA, 2009).

AÇÕES PERMANENTES

De acordo com a ABNT NBR 7187/2003, ações permanentes são aquelas cujas intensidades podem ser consideradas como constantes ao longo da vida útil da construção. Também são consideradas permanentes as que crescem no tempo, tendendo a um valor limite constante. As ações permanentes compreendem, entre outras:

- a) as cargas provenientes do peso próprio dos elementos estruturais;
- b) as cargas provenientes do peso da pavimentação, dos trilhos, dos dormentes, dos lastros, dos revestimentos, das barreiras, dos guarda-rodas, dos guarda-corpos e de dispositivos de sinalização;

- c) os empuxos de terra e de líquidos;
- d) as forças de protensão;
- e) as deformações impostas, isto é, provocadas por fluência e retração do concreto, por variações de temperatura e por deslocamentos de apoios.

AÇÕES VARIÁVEIS

Ações de caráter transitório que compreendem, entre outras (NBR 7187/2003):

- a) as cargas móveis;
- b) as cargas de construção;
- c) as cargas de vento;
- d) o empuxo de terra provocado por cargas móveis;
- e) a pressão da água em movimento;
- f) o efeito dinâmico do movimento das águas;
- g) as variações de temperatura.

AÇÕES EXCEPCIONAIS

São aquelas cuja ocorrência se dá em circunstâncias anormais. Compreendem os choques de objetos móveis, as explosões, os fenômenos naturais pouco frequentes, como ventos ou enchentes catastróficas e sismos. Além disso, as verificações de segurança quanto às demais ações excepcionais somente devem ser realizadas em construções especiais, a critério do proprietário da obra (NBR 7187/2003).

CONCLUSÕES

Os projetos de obras de arte devem iniciar com um profundo conhecimento de nomenclatura e legislação específicas. As ações e a abordagem de condições locais são de crucial importância para a durabilidade da construção evitando assim danos e perdas, inclusive de vidas humanas, quando da sua queda.

REFERÊNCIAS

MARCHETTI, Osvaldemar. Pontes de concreto armado. São Paulo: E. Blücher, 2009.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 6118:2014 - Projeto de estruturas de concreto – Procedimento. Rio de Janeiro, 2014.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 7187:2003 - Projeto de pontes de concreto armado e de concreto protendido – Procedimento. Rio de Janeiro, 2003.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 8186:2003 Versão corrigida 2004 - Ações e segurança nas estruturas - Procedimento. Rio de Janeiro, 2003.

BRAGA, B. et. al. Introdução à engenharia ambiental. São. Paulo: Prentice Hall - 2ª edição. 2005.

Brasil (a). Departamento Nacional de Estradas de Rodagem. Diretoria de Desenvolvimento Tecnológico. Divisão de Capacitação Tecnológica. Glossário de termos técnicos rodoviários. Rio de Janeiro, 1997. 296p. disponível em <http://ipr.dnit.gov.br/normas-e-manuais/manuais/documentos/700_glossario_de_termos_tecnicos.pdf>. Visitado em agosto/2018.

Brasil (b). Departamento Nacional de Estradas de Rodagem. Diretoria de Desenvolvimento Tecnológico. Divisão de Capacitação Tecnológica. Manual de projeto de obras-de-arte especiais – Rio de Janeiro, 1996. 225p. Disponível em <<http://ipr.dnit.gov.br>>. Visitado em agosto/2018.

DEBS, Mounir Khalil El; TAKEYA, Toshiaki. Introdução às pontes de concreto. São Carlos. 2009 (Apostila Texto Provisório de Apoio à Disciplina SET – 412).

DUPRÉ, Judith. Bridges: a history of the world's most famous and importante spans. New York: Black Dog & Leventhal Publishers, 1997

PFEIL, Walter. Pontes em concreto armado: elementos de projetos, solicitações, dimensionamento. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 1979.

PINHO, Fernando Ottobonni. BELLEI, Ildony Hélio. Pontes e viadutos em vigas mistas. Rio de Janeiro: IBS/CBCA, 2007.