

DESEMPENHO ESTRUTURAL E SUSTENTABILIDADE: UMA ANÁLISE APROFUNDADA EM PROJETOS DE PONTES DE CONCRETO

STRUCTURAL PERFORMANCE AND SUSTAINABILITY: AN IN-DEPTH ANALYSIS OF CONCRETE BRIDGE PROJECTS

Evandro Fabricio Roza Junior¹
Marcelo Rodrigo de Matos Pedreiro²

RESUMO: A análise estrutural de pontes de concreto armado é um processo fundamental para garantir a segurança e a funcionalidade dessas estruturas. Ela envolve uma série de etapas, que incluem a análise de cargas, o dimensionamento estrutural e a verificação de segurança. Pontes são projetadas para suportar cargas variadas, como veículos, pedestres e condições climáticas adversas, e a análise correta dessas cargas é fundamental para o dimensionamento adequado da estrutura. O processo é essencial para garantir a segurança e a durabilidade dessas estruturas para atender as normas e regulamentos específicos.

Palavras-chave: Pontes. Concreto armado. Dimensionamento estrutural.

4900

ABSTRACT: The structural analysis of reinforced concrete bridges is a fundamental process to ensure the safety and functionality of these structures. It involves a series of steps, which include load analysis, structural design and safety verification. The process is essential to ensure the safety and durability of these structures to meet specific standards and regulations.

Keywords: Bridges. Reinforced concrete. Structural design.

INTRODUÇÃO

O objetivo geral deste trabalho é realizar um estudo abrangente sobre a análise de cargas, dimensionamento estrutural e verificação de segurança de pontes de concreto armado, considerando diferentes tipos de carregamentos e condições de uso. O trabalho busca aprofundar o conhecimento nessas áreas, visando contribuir para o desenvolvimento de soluções seguras, eficientes e econômicas no projeto e construção de pontes de concreto armado.

¹Engenharia Civil Universidade Brasil, Campus Fernandópolis.

²Orientador. Professor do curso de Engenharia Civil, Universidade Brasil, Campus Fernandópolis.

PRINCIPAIS ANÁLISES PARA PROJEÇÃO DE UMA PONTE DE CONCRETO

Todo engenheiro civil, independente da sua área de função deve entender o processo que deve seguir para concluir a projeção e execução com sucesso de qualquer projeto, mas esse sendo uma ponte de concreto ele deve se atentar aos seguintes passos.

- Análise de Cargas
- Modelagem Estrutural
- Dimensionamento Estrutural
- Verificação de segurança
- Condições de Uso

1. Análise de Cargas

A análise de cargas é um processo fundamental na engenharia estrutural e é essencial para garantir que uma ponte, edifício ou qualquer outra estrutura seja projetada para suportar as forças que atuarão sobre ela durante sua vida útil.

1.2 O primeiro passo é calcular o peso próprio dos materiais de construção usados na ponte usando a NBR 6120. Isso inclui o peso do concreto, aço e outros materiais que compõe a estrutura. É importante determinar o peso da estrutura para garantir que a fundação e os elementos de suporte estejam dimensionados adequadamente. Essa carga é inerente à própria estrutura e não muda com o tempo, a menos que haja modificações na estrutura

4901

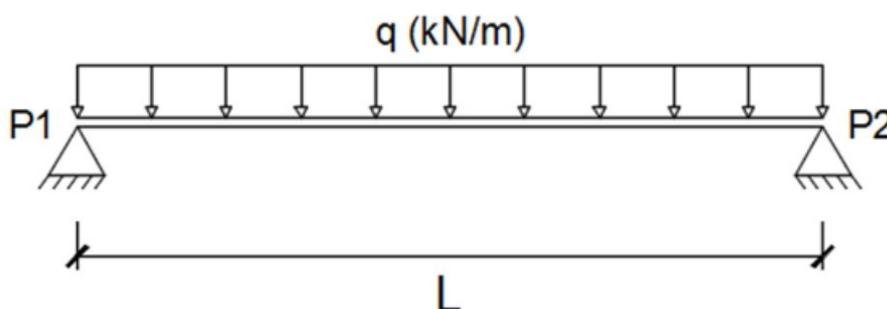
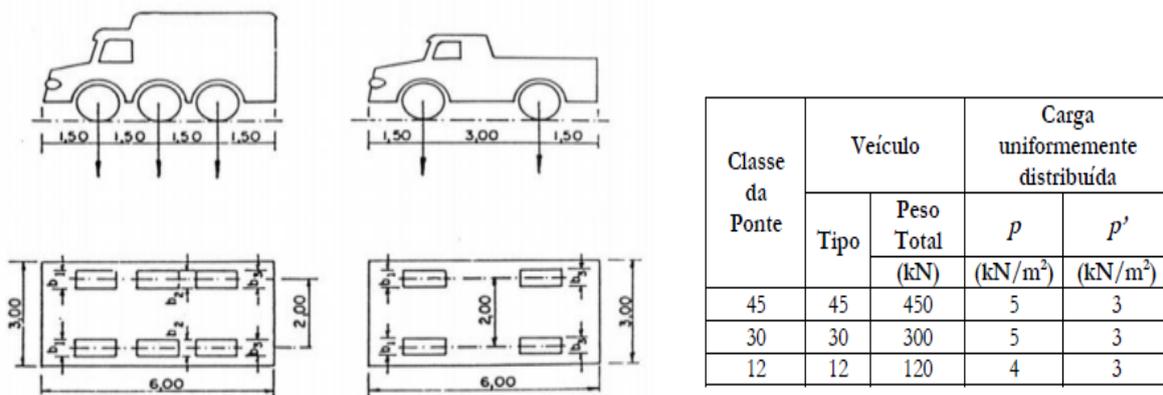


Figura 1: representação de esquema de distribuição de carga de peso próprio.

1.3 A carga de trafego refere-se as cargas dinâmicas aplicadas a estrutura devido ao trafego de veículos, pedestres ou qualquer outra atividade humana. Para pontes isso inclui o peso dos veículos que atravessam a ponte, bem como a distribuição dessas cargas os engenheiros devem

considerar o tipo de veículos que usarão a ponte, a frequência de tráfego e a carga máxima que a ponte deve suportar em seu ponto crítico. O peso de um veículo não é distribuído uniformemente sobre a estrutura, geralmente veículos tem eixos que concentram o peso em pontos específicos. O projeto deve levar em consideração o peso por eixo, a distancia entre os eixos e a configuração do veículo para determinar as cargas máximas. O trem-tipo recomendado pela NBR 7188 (2013) possui dimensões de 6,0 m de comprimento e 3,0 m de largura e está localizado na posição mais desfavorável da estrutura. A carga p e p' são referentes, respectivamente, a carga de multidão e carga nos passeios. A Figura 1 mostra os dois diferentes trens-tipos considerados pela NBR 7188 (2013) bem como seus respectivos carregamentos.

Figura 2: Tipologia do trem-tipo



Diferentes classes de veículos bem como seus carregamentos. Fonte: NBR 7188 (2013).

1.4. Cargas dinâmicas são aquelas que além do peso estático dos veículos, as pontes também experimentam cargas dinâmicas devido ao movimento dos veículos. Essas cargas dinâmicas incluem efeitos como vibrações, oscilações e impactos, que podem ser significativos, especialmente em pontes sujeitas a tráfego intenso.

1.5. Cargas de impacto referem-se a forças súbitas e intensas que podem ocorrer durante situações como colisões de veículos ou quedas de objetos pesados. O projeto da ponte deve levar em consideração essas possíveis cargas de impacto para garantir a integridade estrutural.

1.6. Cargas climáticas incluem forças externas naturais do ambiente em que a estrutura se encontra, como vento, neve, chuva e terremotos. O vento pode criar forças de pressão, sucção, pressão e sucção juntas onde devem ser levadas em consideração para não levar a estrutura em colapso. A força de pressão soprada contra a superfície da estrutura sendo planas tende a aumentar essa pressão. Já a força de sucção pode por si só anular a força de pressão ou causar uma pressão negativa na estrutura dependendo da superfície, causando também o colapso. O

mesmo para as demais condições ambientais. A análise das condições climáticas é importante para garantir a segurança a segurança e estabilidade da estrutura em todas as condições meteorológicas. As variações de temperatura podem afetar significativamente o desempenho das pontes. A expansão e contração térmica podem resultar em movimentos estruturais, como dilatação e contração das juntas. Esses efeitos devem ser considerados para evitar problemas como distorções não desejadas e tensões excessivas nos materiais.

1.7. Cargas de construção e manutenção são aquelas que durante a construção e a manutenção da ponte, cargas adicionais podem ser aplicadas temporariamente à estrutura. Isso inclui o peso de equipamentos de construção, andaimes, guindastes, etc.

1.8. Cargas de Pressão Hidrostática devem ser levadas em consideração em pontes sobre corpos d'água, as cargas de pressão hidrostática devem ser consideradas. Isso envolve a pressão exercida pela água nas fundações e pilares da ponte.

A análise de cargas é um processo complexo e crítico na engenharia estrutural, pois garante que as estruturas sejam seguras e confiáveis em todas as situações de carga. Qualquer erro na análise de cargas pode resultar em falhas estruturais graves, levando a catástrofes coletivas e riscos imensuráveis, por isso, é uma parte fundamental do processo de projeto e construção de pontes e edifícios.

2. MODELAGEM ESTRUTURAL

2.1 A modelagem estrutural é um processo essencial no projeto de pontes de concreto e em muitas outras estruturas civis. Ela envolve a criação de um modelo matemático ou digital da estrutura, que permite aos engenheiros analisar o comportamento da ponte sob diferentes condições de carga, verificar a segurança e a capacidade da estrutura, otimizar o design e prever seu desempenho. Ela envolve o uso de software de análise estrutural avançado e a expertise dos engenheiros para tomar decisões informadas durante todo o processo de projeto e construção.

2.2 Tipos de modelos estruturais: Os engenheiros podem utilizar diferentes tipos de modelos estruturais, incluindo modelos analíticos, modelos de elementos finitos (FEA) e modelos físicos em escala. Modelos analíticos são baseados em equações matemáticas que descrevem o comportamento da estrutura. Modelos de elementos finitos são usados para representar a estrutura em detalhes, dividindo-a em pequenos elementos para análises precisas. Modelos físicos em escala envolvem a construção de modelos físicos reduzidos da ponte para testes em laboratório.

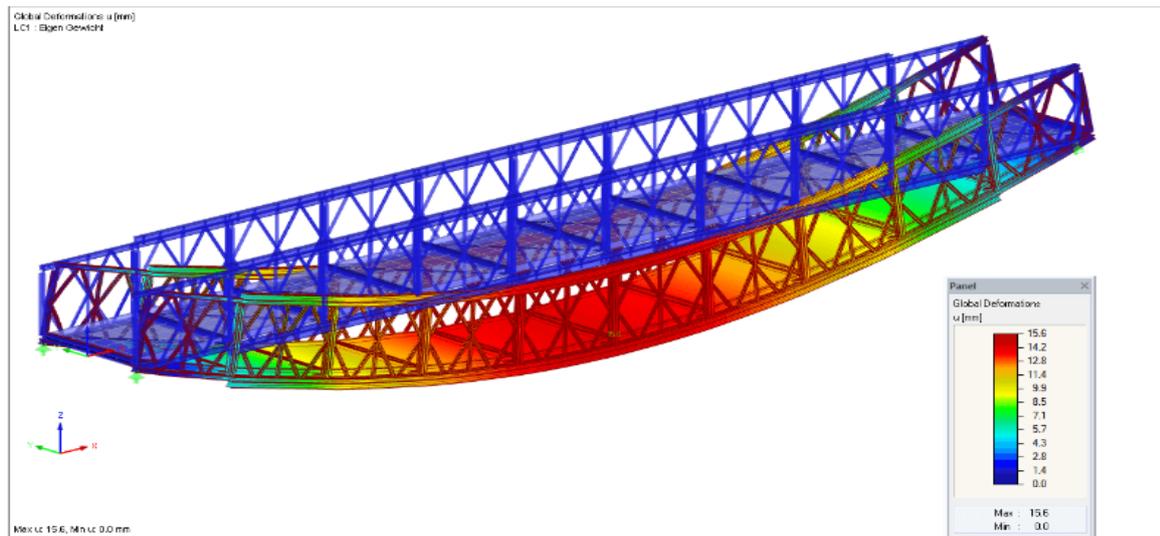


Figura 3: Exemplo de modelagem usando software.

2.3 A análise é realizada para calcular as tensões, deformações e deslocamentos na estrutura sob diferentes condições de carga. Isso ajuda a determinar a segurança e a capacidade da ponte, bem como a identificar áreas de concentração de tensão que podem ser pontos críticos.

3. DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL

4904

3.1 O dimensionamento estrutural é uma etapa crucial no projeto de pontes de concreto e em qualquer outra estrutura. Envolve a determinação das dimensões e das características dos elementos estruturais, como vigas, pilares, lajes e fundações, para garantir que a estrutura seja capaz de resistir eficientemente às cargas aplicadas durante sua vida útil.

3.2. Cargas e Combinações de Cargas; antes de iniciar o dimensionamento, é necessário conhecer todas as cargas que a ponte deve suportar, como o peso próprio, carga de tráfego, cargas climáticas (vento, neve) e cargas sísmicas, se aplicável. As combinações de cargas são consideradas, pois diferentes condições de carga podem ocorrer simultaneamente.

3.3. O dimensionamento estrutural é um processo iterativo, e os engenheiros ajustam as dimensões e as características dos elementos estruturais com base nos resultados da análise e em considerações práticas. A colaboração entre engenheiros estruturais, de materiais e de geotecnia é fundamental para garantir um projeto de ponte seguro e eficiente. Com essa etapa tende a fazer cálculos matemáticos e de física e dimensionamentos de elementos estruturais para que eles resistam aos esforços que lhe são solicitados e ofereça segurança para obra.

4. VERIFICAÇÃO DE SEGURANÇA

A verificação de segurança é uma etapa crítica no projeto de pontes de concreto, assegurando que a estrutura seja capaz de resistir a todas as condições de carga a que será submetida durante sua vida útil. Essa verificação é realizada de acordo com normas e códigos de engenharia específicos e inclui várias análises para garantir que a ponte seja segura e atenda aos padrões estabelecidos.

4.1. Critérios de Projeto e Normas; os engenheiros devem seguir normas e códigos de projeto específicos ao dimensionar a estrutura. Isso garante que a ponte atenda aos padrões de segurança e desempenho estabelecidos.

4.2. Avaliação de Danos Potenciais; em casos de eventos extremos, como terremotos, a verificação de segurança inclui a avaliação de danos potenciais à estrutura. Essa análise é fundamental para a segurança pública e a integridade estrutural.

4.3. Resistência dos Materiais; leva-se em consideração a resistência dos materiais utilizados na construção, como o concreto e o aço de reforço. Propriedades mecânicas desses materiais, como resistência à compressão e à tração, são fundamentais no processo de dimensionamento.

4.4. Estado Limite Último; quando falamos sobre o Estado Limite Último, estamos considerando a situação em que a estrutura está prestes a atingir o ponto de colapso. Em outras palavras, é o estado em que a estrutura não pode mais resistir às cargas aplicadas sem sofrer um colapso. Este estado é muitas vezes associado ao esgotamento completo da capacidade de carga da estrutura.

4.5. Estado Limite de Serviço; é um conceito fundamental na engenharia estrutural que se concentra nas condições em que uma estrutura fornece desempenho adequado durante sua vida útil em termos de deformações, vibrações, estabilidade e outros aspectos relacionados ao uso e à função da estrutura. Diferentemente do Estado Limite Último, que trata do colapso iminente da estrutura, o Estado Limite de Serviço lida com a operação normal e durabilidade da construção ao longo do tempo.

4.6. Detalhamento Construtivo; o dimensionamento não se limita apenas às dimensões gerais da estrutura. Também envolve o detalhamento construtivo, como a especificação de armaduras, espessuras de lajes e paredes, além de outros elementos essenciais.

4.7. Aspectos Econômicos; além de atender a critérios de segurança, o dimensionamento busca soluções eficientes do ponto de vista econômico, otimizando o uso de materiais sem comprometer a segurança estrutural.

Fatores de Segurança são aplicados para garantir que a estrutura seja capaz de suportar cargas além das estimadas durante a análise. Isso leva em conta a incerteza nas condições de carga e nas propriedades dos materiais. A verificação de segurança em pontes de concreto é um processo abrangente e rigoroso que garante que a estrutura seja projetada para resistir a todas as condições de carga previstas e que atenda aos mais altos padrões de segurança e desempenho.

5. CONDIÇÕES DE USO

Certamente, as condições de uso da ponte, como restrições de velocidade, volume de tráfego, tipo de veículos e variações de temperatura, desempenham um papel crucial na análise e no projeto da estrutura.

5.1. A restrição de velocidade é uma consideração importante para a segurança do tráfego na ponte. A geometria da via, curvas, inclinações e outros fatores influenciam a velocidade segura e eficiente para os veículos. As restrições de velocidade podem ser impostas por normas de tráfego locais ou regulamentos específicos para a ponte.

4906

5.2. O volume de tráfego refere-se à quantidade de veículos que utilizam a ponte durante um determinado período de tempo. O projeto deve levar em consideração a capacidade da ponte para acomodar o volume esperado, garantindo que a estrutura seja eficiente e não sujeita a congestionamentos.

5.3. Diferentes pontes são projetadas para suportar diferentes tipos de veículos. Isso inclui desde veículos leves até caminhões pesados. O tipo e a frequência dos veículos que utilizarão a ponte afetam as cargas aplicadas à estrutura, e o projeto deve considerar essas variações para garantir a resistência adequada.

5.4. Algumas pontes podem ter restrições de peso para veículos pesados. Isso é especialmente importante para garantir que a estrutura seja preservada contra danos estruturais causados por cargas excessivas.

5.5. A sinalização e os sistemas de segurança também são parte integrante das condições de uso. Elementos como iluminação adequada, sinalização clara, barreiras de segurança e calçadas para pedestres contribuem para a segurança global da ponte.

5.6. As condições de uso também afetam os programas de manutenção planejados para a ponte. O acesso a áreas específicas para inspeções e reparos deve ser considerado no projeto inicial.

5.7. A ponte deve ser projetada considerando a integração eficiente com a rede viária circundante, garantindo uma transição suave entre a ponte e as estradas de acesso.

Ao considerar todas essas condições de uso, os engenheiros podem criar projetos de pontes que sejam seguros, eficientes e duráveis, atendendo às demandas específicas do ambiente em que estão inseridas. A integração cuidadosa desses fatores contribui para a funcionalidade e a segurança a longo prazo da estrutura.

CONCLUSÃO

A análise estrutural de pontes de concreto armado é um processo minucioso de grande dificuldade assim como outras construções de grande porte, e o processo deve ser cauteloso e que garanta a segurança e o desempenho adequado dessas estruturas. As pontes são elementos vitais da infraestrutura, sendo responsáveis por permitir a passagem segura de pessoas, veículos e cargas. Portanto, é fundamental que elas sejam projetadas e construídas de acordo com normas técnicas e critérios de segurança estabelecidos.

4907

REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS

MARTHA, Luiz Fernando. Análise de Estruturas - Conceitos e Métodos Básicos. 16 de março de 2022.

CAVALCANTE, Gustavo Henrique Ferreira. Pontes em Concreto Armado: Análise e Dimensionamento. 1 de novembro de 2019.

EL DEBS, Mounir Khalil. Pontes de Concreto: com ênfase na Aplicação de Elementos Pré-moldados. 19 de novembro de 2021.

CAMPOS, João Carlos de. Elementos de Fundações em Concreto. 28 de junho de 2022.

MARCHETTI, Osvaldemar. Pontes de Concreto Armado. 11 de maio de 2018.

BOTELHO, M. (26 setembro 2019). Concreto Armado - Eu te amo.