

Henrique Dinis

Pontes e viadutos

UMA VISÃO DE PROJETO



Editora
Mackenzie

Pontes e viadutos

UMA VISÃO DE PROJETO

UNIVERSIDADE PRESBITERIANA MACKENZIE

Reitor: Marco Tullio de Castro Vasconcelos

EDITORA MACKENZIE

Coordenador: John Sydenstricker-Neto

Conselho Editorial

Carlos Guilherme Santos Seroa da Mota

Elizeu Coutinho de Macedo

Helena Bonito Pereira

João Baptista Borges Pereira

Jônatas Abdias de Macedo

José Francisco Siqueira Neto

José Paulo Fernandes Júnior

Karl Heinz Kienitz

Luciano Silva

Marcel Mendes

Vladimir Fernandes Maciel

COLEÇÃO CONEXÃO INICIAL

Diretora: Maria Lucia Marcondes Carvalho Vasconcelos

Henrique Dinis

Pontes e viadutos

UMA VISÃO DE PROJETO

© 2021 Henrique Dinis

Todos os direitos reservados à Editora Mackenzie.
Nenhuma parte desta publicação poderá ser reproduzida por qualquer meio ou forma
sem a prévia autorização da Editora Mackenzie.

Coordenação editorial: Jéssica Dametta
Preparação de texto: Jéssica Dametta
Revisão: Millena Tafner
Diagramação: Pedro Videira Pancheri
Capa: Pedro Videira Pancheri
Projeto gráfico: Ana Claudia de Mauro

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

D585p Dinis, Henrique.
Pontes e viadutos : uma visão de projeto / Henrique Dinis –
São Paulo : Editora Mackenzie, 2021.
196 p.: il.; 23 cm. – (Coleção Conexão Inicial).

Inclui bibliografia comentada, glossário e índice.
ISBN 978-65-5545-256-3

1. Sistemas estruturais. 2. Engenharia civil. 3. Sistemas
construtivos. 4. Viadutos. 5. Pontes. I. Título. II. Série.

CDD 624

Bibliotecária Responsável: Jaqueline Bay Inacio Duarte- CRB 8/9509

EDITORA MACKENZIE

Rua da Consolação, 930
Edifício João Calvino, 6º andar
São Paulo – SP – CEP 01302-907
Tel.: (5511) 2114-8774 (editorial)
editora@mackenzie.br
www.mackenzie.br/editora

Editora afiliada:



Sumário

Sobre o autor	7
Apresentação	9
Introdução	13
Os sistemas construtivos das pontes ao longo do tempo	17
Concepção e implantação	41
Implantação	43
Aspectos que envolvem a formalização estrutural	50
A estética como resultado da forma: plástica da obra	58
Estruturas principais de pontes e viadutos	67
Características estruturais dos tabuleiros	68
Pilares	74
Encontros das pontes	84
Sistemas estruturais e processos construtivos	91
Pontes com tabuleiros celulares moldados <i>in loco</i>	94
Método dos balanços sucessivos	113
Pontes em vigas pré-moldadas	130
Pontes estaiadas	155

Presente e futuro	177
Referências	179
Bibliografia comentada	185
Glossário	189
Índice	193

Sobre o autor

HENRIQUE DINIS é engenheiro civil e doutor em Arquitetura e Urbanismo pela Universidade Presbiteriana Mackenzie (UPM). Profissionalmente atua na área de infraestrutura de transportes, urbana e regional, tendo sido responsável por inúmeros projetos de implantação de vias na cidade de São Paulo, como o Anel Viário Metropolitano de São Paulo – Corredor ABD. Iniciou sua carreira profissional com projetos de pontes, área em que se mantém atuante até hoje. Foram inúmeras as obras projetadas, como pontes sobre os rios Tietê, Sorocaba e Paraná; sobre represas de várias usinas hidrelétricas, como Billings, Nova Avanhandava, Três Irmãos e Porto Primavera; viadutos de transposição de linhas férreas, como da CPTM e de outras, em várias cidades do estado de São Paulo; viadutos sobre diversas avenidas na cidade de São Paulo, inclusive no Parque D. Pedro II, e em Guarulhos, Sorocaba, Catanduva, São Bernardo do Campo e Diadema; viadutos ferroviários e metroviários. No âmbito acadêmico, é professor na Escola de Engenharia da UPM, tendo sido responsável pela disciplina Pontes, durante muitos anos, e sendo atualmente responsável pela disciplina Estradas de Rodagem e Vias Férreas. Foi coordenador do curso de graduação em Engenharia Civil e do curso de especialização em Gerenciamento de Empreendimentos na Construção Civil na mesma Universidade.

Apresentação

As pontes sempre foram vistas com ênfase no seu âmbito estrutural, mesmo que envolvendo inúmeras disciplinas da engenharia. No entanto, seus sistemas estruturais estão diretamente relacionados às possibilidades construtivas, que, por sua vez, são condicionantes para sua implantação. Trata-se de um todo indissociável, mesmo que solucionado em suas partes, isoladamente.

A engenharia moderna estabeleceu suas bases por meio de modelos teóricos, utilizando-se de técnicas matemáticas para buscar resultados de análises que conduzissem ao melhor desempenho de suas formas, dimensões e interação entre os elementos estruturais que a compõe. No entanto, seus melhores resultados são ainda decorrentes da perfeita solução de um problema que tem como fundamento seus condicionantes construtivos. Pontes sempre foram construídas, mesmo nos tempos mais remotos da história recente da humanidade. Sem as bases da física e da matemática, até o fim da Idade Média, a engenharia era praticada por meio de suas próprias tradições, pelo uso das boas técnicas, que eram passadas de gerações a gerações, de mestres a pupilos, e o acúmulo de conhecimentos adquiridos pelos sucessivos fracassos e sucessos embasavam os conceitos construtivos fundamentais. Surgiam, assim, os primeiros sistemas estruturais e construtivos visando solucionar um problema de transposição.

Foi somente no início do século XVII que se vislumbraram as possibilidades de tratar a engenharia das estruturas como ciência, com o auxílio de métodos deterministas. Podemos estabelecer a marca da passagem entre os estágios do estado medieval para o moderno com Galileo, que fundamentou, em um de seus três livros, escritos quando confinado, uma

nova ciência voltada às estruturas, em que suas dimensões poderiam ser obtidas de forma exata, por meios analíticos. Certamente que a física não se encontrava suficientemente avançada para tal propósito, mas os conceitos introduzidos através de suas ideias serviram como fundamento para as bases dessa nova ciência.

Foi somente por meio de seus sucessores, como o inglês Robert Hooke, ao formular as bases da teoria da elasticidade, ou o inglês Isaac Newton e o alemão Gottfried Leibniz, entre outros, cujos méritos científicos foram relevantes, que se alcançou o aperfeiçoamento das teorias de cálculo utilizadas para descrever, quantificar e até qualificar os fenômenos físicos afins. Ao longo de todo o século XVIII, continuou-se a utilizar as práticas tradicionais para a construção de obras estruturais, em especial as pontes. No entanto, cada vez mais o desenvolvimento teórico foi gradativamente sendo empregado e, pouco a pouco, os antigos conhecimentos foram sendo adequados, tornando a engenharia, assim, mais racional e menos empírica.

Em 1760, fundou-se na França a École Nationale des Ponts et Chaussées, onde seu idealizador, Jean-Rodolphe Perronet, viria a reunir informações para unificar o estudo das pontes. Mais adiante, já no final do século XVIII, por sugestão de Gaspard Monge, mais um dos colaboradores para o desenvolvimento da engenharia, foi criada, por iniciativa do governo revolucionário que se iniciava na França, a École Polytechnique. Com o sucesso dessa iniciativa, ao longo do século XIX, foram fundadas escolas politécnicas baseadas no modelo francês em vários países do mundo, propiciando uma orientação às investigações e ao acúmulo de informações técnicas, possibilitando um grande impulso ao desenvolvimento das metodologias científicas.

Devemos citar, ainda, Claude-Louis-Marie Navier e Charles Coulomb, dois franceses que, no início do século XIX, implementaram o estado da arte através de vários métodos racionais, aplicados a casos práticos de engenharia, com base em fundamentos teóricos, por meio dos quais as técnicas das construções de pontes foram evoluindo. Pode-se dizer que

no início do século XX as bases da teoria das estruturas, da forma como hoje é aplicada, já estavam praticamente estabelecidas.

No entanto, no que se refere à utilização da teoria das estruturas para a otimização dos processos de dimensionamento, tratando-se especialmente de pontes, o cálculo estrutural jamais foi tratado como uma ciência exata. Poderão ser precisas, sim, as inúmeras equações que simulam o comportamento de suas estruturas, porém sua eficácia estará sempre condicionada à fidelidade dos modelos representativos de cálculo. Aí reside a grande dificuldade. Se, de um lado, os modelos forem fiéis, o número de incógnitas geradas poderá tornar inviável o processo de cálculo. Por outro lado, para se reduzir o número de incógnitas, deve-se impor simplificações aos modelos, o que os tornam inexatos. Dessa questão, aperfeiçoam-se sempre mais os modelos construtivos, buscando aproximar os modelos estruturais aos modelos de cálculo.

A grande ferramenta que revolucionou os conceitos de concepção dos modelos estruturais foi introduzida pelos computadores, o método dos elementos finitos, que possibilitou principalmente a análise do comportamento de estruturas planas, ou até volumétricas, quando inseridas em um sistema global. Esse tipo de consideração não era viável através dos métodos até então utilizados, baseados em modelos preestabelecidos.

Como resultado de tantas inovações, tornou-se possível conceber pontes sem as referências embasadas em modelos preconcebidos. Vislumbraram-se, então, construções com formas e sistemas estruturais jamais admitidos até então. No entanto, ficam ainda diante de todos os limitantes de projeto os condicionantes construtivos, que mesmo diante dos imensuráveis avanços da tecnologia ainda representam as bases que formulam os sistemas estruturais.

Neste livro, são abordadas as relações entre os condicionantes construtivos e os sistemas estruturais, os mais praticados quando aplicados aos projetos de pontes. Inicia-se a partir de um histórico da evolução dos sistemas construtivos no tempo, seguindo-se de abordagens sobre a prática da implantação das pontes e viadutos em áreas rurais ou urbanas.

Seguindo com aspectos mais teóricos, tece o contexto estrutural de uma ponte como um todo, debatendo a função estrutural de seus elementos constitutivos, os tabuleiros, pilares e encontros. O livro é então concluído com a descrição e justificativa, em detalhes, dos quatro sistemas de construção de pontes mais utilizados atualmente: em estrado celular moldado *in loco*, em balanços sucessivos, com tabuleiros formados por vigas pré-moldadas e, por fim, as pontes estaiadas.

PONTES E VIADUTOS

UMA VISÃO DE PROJETO

PONTES E VIADUTOS SÃO OBRAS VIÁRIAS DE TRANSPOSIÇÃO QUE envolvem estudos diversos para sua implantação. Visam otimizar o traçado das vias, encurtar distâncias, ou minimizar os movimentos nas interseções. Assim, devem interagir com o traçado das vias, adequando-se aos mais variados fatores intervenientes ao projeto: funcionais, estruturais e construtivos. A concepção desses projetos é resultado direto do sistema estrutural/construtivo adotado e das formas assumidas para que cumpram suas funções de transposição. Este livro tem como objetivo debater a importante questão do projeto, abordando aspectos que envolvem a implantação, os princípios projetuais e as possibilidades construtivas de pontes e viadutos. São detalhadas, a princípio, a evolução dos sistemas construtivos ao longo do tempo e, em seguida, abordagens sobre a prática da implantação. Adentrando em aspectos mais teóricos, a obra discute a função estrutural de seus elementos constitutivos e, por fim, apresenta a descrição e as justificativas de quatro dos sistemas de construção mais utilizados atualmente.



Editora
Mackenzie

ISBN 978-65-5545-256-3



9 786555 452563