



Caracterização Geométrica de Pontes de Concreto Armado de Acordo com a Época de Construção

Matheus Sant'Anna Andrade¹, Pedro Manoel Monteiro Verly¹, Xavier das Neves Romão², Diôgo Silva de Oliveira¹, José Carlos Lopes Ribeiro¹, José Maria Franco de Carvalho¹

¹Universidade Federal de Viçosa / Departamento de Engenharia Civil / matheus.andrade@ufv.br / pedro.verly@ufv.br / diogooliveira@ufv.br / jcarlos.ribeiro@ufv.br / josemaria.carvalho@ufv.br

² Universidade do Porto / Departamento de Engenharia Civil / xnr@fe.up.pt

Resumo

Com o passar dos anos e atualização das normas de projeto, também houve a mudança da configuração geométrica de pontes de concreto armado construídas no século passado. Algumas seções transversais padrão são conhecidas e estão disponíveis no Manual de Inspeção de Obras de Arte Especiais do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT), no entanto, as seções apresentadas são uma “média” do que era adotado em cada época. As pontes objeto desse estudo estão presentes no Sistema de Gerenciamento de Obras de Arte Especiais do DNIT. Neste trabalho, foram analisadas pontes de pelo menos um estado de cada região do Brasil. Este trabalho avaliou características geométricas das pontes de concreto armado com duas longarinas construídas em diferentes épocas e criou distribuições de probabilidades para descrever as seguintes informações: o comprimento do vão principal, o comprimento do vão em balanço, a largura da seção transversal e o espaçamento entre as longarinas. As épocas avaliadas nesse trabalho incluem pontes construídas até 1960, entre 1960 e 1975, entre 1975 e 1985 e após 1985. A partir do levantamento dessas informações, foi possível atualizar as seções conhecidas de épocas passadas, bem como entender como se dá a variação dos parâmetros geométricos visando simular inúmeras configurações de pontes que podem ser utilizadas em outros estudos. Devido à ausência de dados, não foi possível caracterizar informações sobre o alargamento da seção corrente das longarinas, bem como informações sobre a espessura das lajes e dimensões das mísulas.

Palavras-chave

Pontes; Concreto Armado; Estruturas Existentes; Configuração Geométrica.

Introdução

O envelhecimento das pontes é um problema global e vem afetando diversos países (ANDRADE et al., 2023; BLACK, 2022; JSCE, 2021). Dessa forma, pontes existentes necessitam de um processo de avaliação estrutural que seja capaz de analisar a sua segurança frente às demandas de tráfego atual, que aumentaram significativamente nas últimas décadas em termos de variedade, quantidade e capacidade de carga (JUNGES; PINTO; MIGUEL, 2017; MENDES; MOREIRA; PIMENTA, 2012).

Nesse contexto, a análise dos parâmetros geométricos dessas pontes torna-se essencial para compreender suas condições de dimensionamento e avaliar os impactos devido às solicitações provenientes de cargas móveis. O Manual de Inspeção de Obras de Arte Especiais do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT, 2004), fornece informações sobre pontes comumente construídas em décadas passadas. Em relação à geometria das estruturas, é possível identificar quatro épocas principais, sendo elas: pontes construídas antes de 1960, pontes construídas entre 1960 e 1975, pontes construídas em 1975 e 1985 e, por fim, pontes construídas após 1985. Essas seções variam principalmente de acordo com a largura da ponte e tipo de guarda corpo. Outro parâmetro importante para determinar a época de construção de uma ponte, é o trem-tipo de projeto, apesar de não ser uma característica geométrica da estrutura.

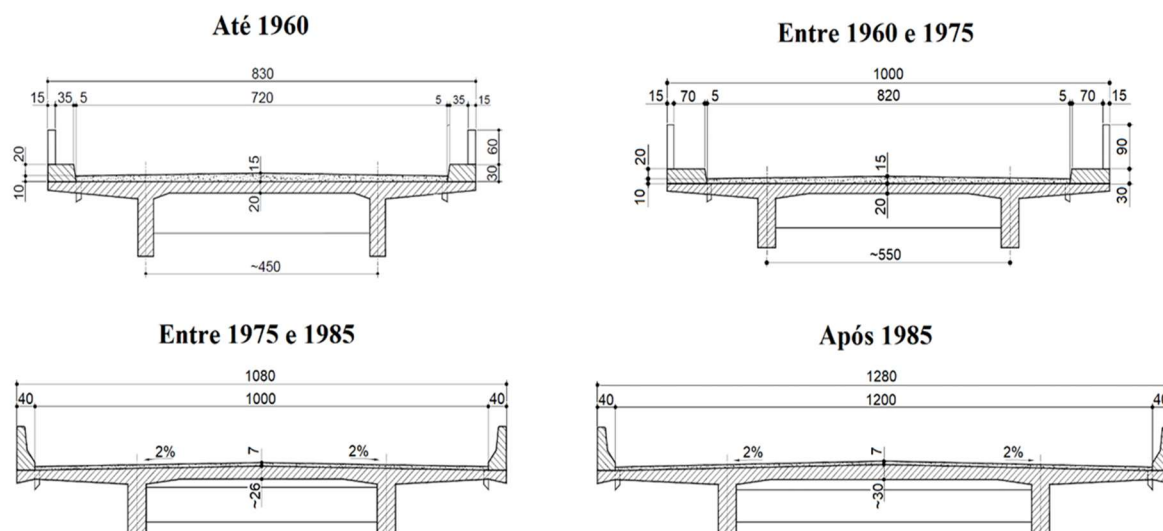


Figura 1 - Seções comumente utilizadas em décadas passadas de acordo com o DNIT (2004)

Além disso, CAVALCANTE et al. (2021) avaliaram um conjunto de 250 pontes na Região Nordeste do Brasil buscando criar portfólios de pontes com características estruturais semelhantes. Os autores utilizaram variáveis aleatórias discretas e contínuas para descrever a variabilidade de parâmetros como: comprimento do vão, largura da seção transversal, altura dos encontros, espessura da laje, entre outros.

De maneira semelhante, este estudo busca realizar uma análise detalhada dos parâmetros geométricos de pontes construídas em décadas passadas, visando verificar se as seções propostas de fato representam o conjunto de pontes rodoviárias brasileiras e, além de apresentar uma seção “média” para cada época, caracterizar a distribuição das variáveis aleatórias que descrevem a geometria específica de pontes construídas conforme as seções apresentadas na Figura 1. Espera-se que, com o desenvolvimento deste trabalho, este sirva como base para o desenvolvimento futuro de análises mais robustas e completas.

Metodologia

A avaliação das pontes brasileiras se deu por meio de dois bancos de dados de pontes cadastradas no SGO (DNIT, 2024). O primeiro banco de dados, composto por 5 mil pontes, fornece informações gerais sobre a época de construção das estruturas e o seu sistema estrutural. Dessas pontes, 55% são pontes em viga de concreto armado, se caracterizando como o esquema estrutural mais utilizado no Brasil. A distribuição das pontes por época de construção é apresentada na Figura 2. Inicialmente, é importante destacar a ausência de informações em 41% das pontes, para as quais não se sabem o ano de construção.

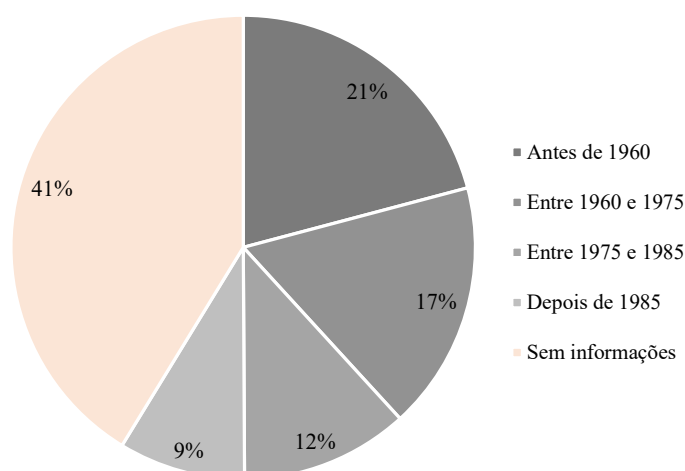


Figura 2. Caracterização das pontes por ano de construção.

O segundo banco de dados é composto por 1581 pontes localizadas em 23 estados brasileiros e cobrindo as cinco regiões do país. Este segundo banco de dados conta apenas com ponte em viga de concreto armado com duas longarinas, conforme as seções apresentadas na Figura 1. Dentre as pontes que não possuíam informação

quanto ao ano de construção, utilizou-se o manual do DNIT como referência e o software YearBuilt (SOUZA, 2025). As épocas de construção foram divididas conforme o Manual de Inspeção de Obras de Arte Especiais DNIT (2004), sendo elas: antes de 1960, entre 1960 e 1975, entre 1975 e 1985, e após 1985. Para cada uma dessas épocas foram coletadas informações sobre pontes que compreendem as seguintes variáveis: comprimento do vão principal (L), comprimento do vão em balanço (L_{bal}), relação entre a altura total da seção transversal e o comprimento do vão (H/L) e o posicionamento das longarinas na seção transversal do tabuleiro, definido pela razão entre o balanço transversal e a distância entre o eixo das longarinas (ab/a). As demais variáveis que não fazem parte do escopo deste trabalho foram determinadas, quando disponíveis, de acordo com o Manual de Inspeção de Obras de Arte Especiais DNIT (2004). Dentre essas informações, encontram-se a espessuras das lajes, detalhamento das mísulas da laje e do alargamento das longarinas.

Resultados

Dentre as pontes que compõem o banco de dados de análise, 225 (14%) foram construídas antes de 1960, 850 (54%) entre 1960 e 1975, 288 (18%) entre 1975 e 1985, e 218 (18%) após 1985. Por região do país, 10% são da região Norte, 32% da região Nordeste, 22% da região Sudeste, 23% da região Sul e 13% da região Centro-Oeste. Com base nos dados coletados, foram definidas distribuições probabilísticas capazes de descrever a variáveis de geometria analisadas neste trabalho, conforme apresentado na Tabela 1. Além disso, para cada época de construção foi definida uma seção “média” criada a partir das médias de cada parâmetro analisado.

Tabela 1. Distribuições das variáveis geométricas de pontes antigas.

Ano de construção	Variável	Distribuição	Média	Desvio-padrão
Até 1960	L	Normal	15,66	4,67
	L_{bal}	Normal	4,61	1,47
	H/L	Normal	0,109	0,02
	ab/a	Normal	0,32	0,09
1960 a 1975	L	Normal	18,93	4,99
	L_{bal}	Normal	5,02	1,33
	H/L	Normal	0,101	0,02
	ab/a	Normal	0,453	0,09
1975 a 1985	L	Normal	21,56	4,81
	L_{bal}	Normal	5,14	1,29
	H/L	Normal	0,095	0,013
	ab/a	Lognormal	0,418	1,19
Após 1985	L	Normal	20,52	4,30
	L_{bal}	Normal	4,62	1,12
	H/L	Normal	0,098	0,014
	ab/a	Lognormal	0,461	1,21

Pontes construídas até 1960

Pontes desse período se caracterizam pela largura da seção transversal reduzida, compatível com a largura das rodovias construídas nessa época. O vão médio para essas pontes é de 15,66 m, com balanço médio igual a 4,71 m. A largura média da seção transversal da ponte é de 8,23 metros, muito próxima ao valor de referência de 8,30 m fornecido pelo DNIT (Figura 1). O posicionamento das longarinas na seção transversal é definido pela razão ab/a média igual a 0,32, o que equivale a uma distância entre eixos média de 502 cm. A altura da seção transversal (longarina + laje) se relaciona com o comprimento do vão por um valor médio igual a 0,109, o que equivale a uma altura de 171 cm para o vão médio de 15,66m. A seção transversal “média” de pontes construídas nessa época, é apresentada na Figura 3. As distribuições dos dados apresentados na Tabela 1, são mostradas na Figura 4.

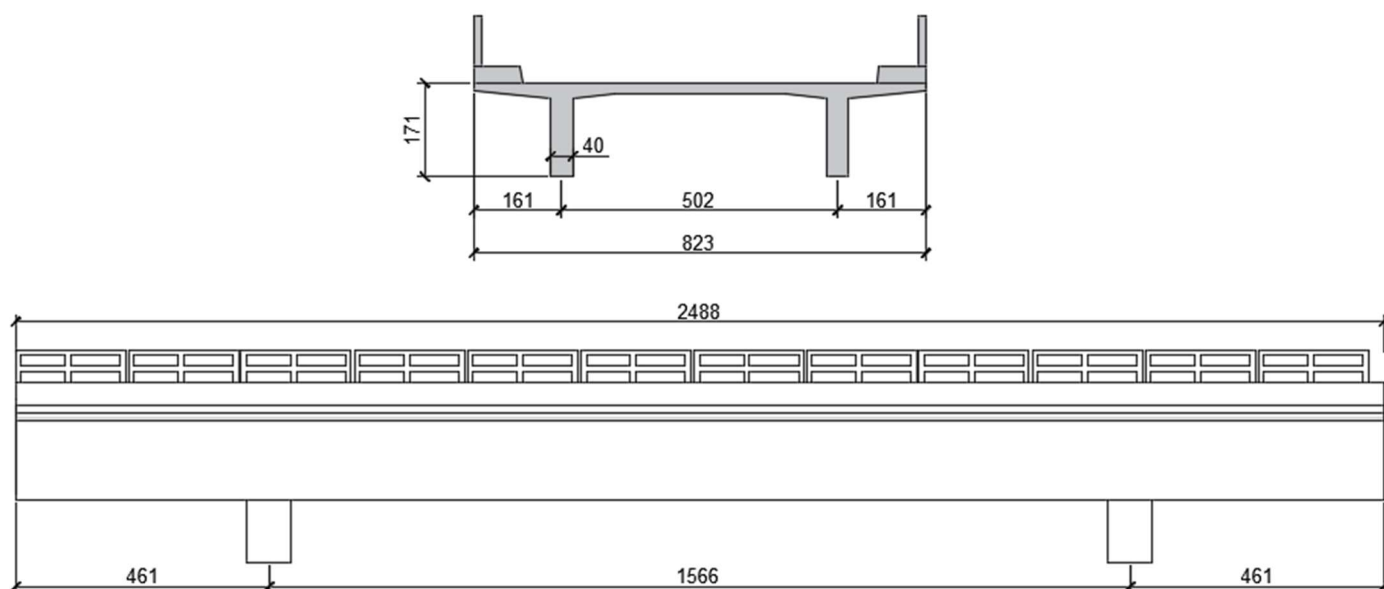


Figura 3. Ponte “média” construída antes de 1960.

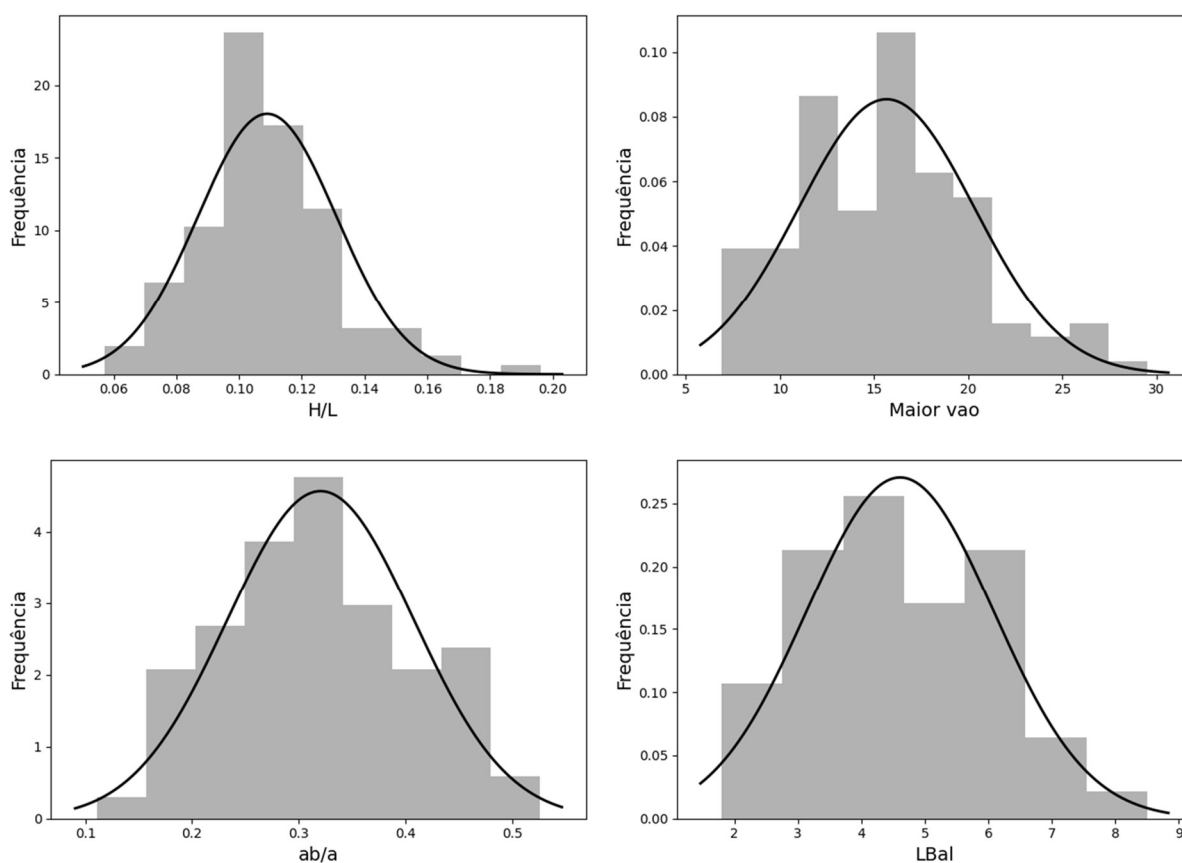


Figura 4. Caracterização das propriedades geométricas de pontes construídas antes de 1960.

Pontes construídas entre 1960 e 1975

Novamente, observou-se que para as pontes construídas nessa época a largura da seção se aproximou consideravelmente do valor de referência fornecido, sendo que a largura média obtida foi igual 10,09 metros enquanto a seção de referência possui largura de 10 m. O vão médio de pontes construídas nesse período é igual a 18,93 m, com um balanço médio de 5,02 m. A relação entre o comprimento do vão e a altura da seção transversal é igual a 0,101, o que equivale a uma altura média de 191 cm. A distância entre os eixos das longarinas é igual a 529 cm, o que equivale a uma relação média ab/a igual a 0,45. A seção transversal “média” de pontes construídas nessa época, é apresentada na Figura 5, enquanto as distribuições que caracterizam o comportamento das variáveis são mostradas na Figura 6.

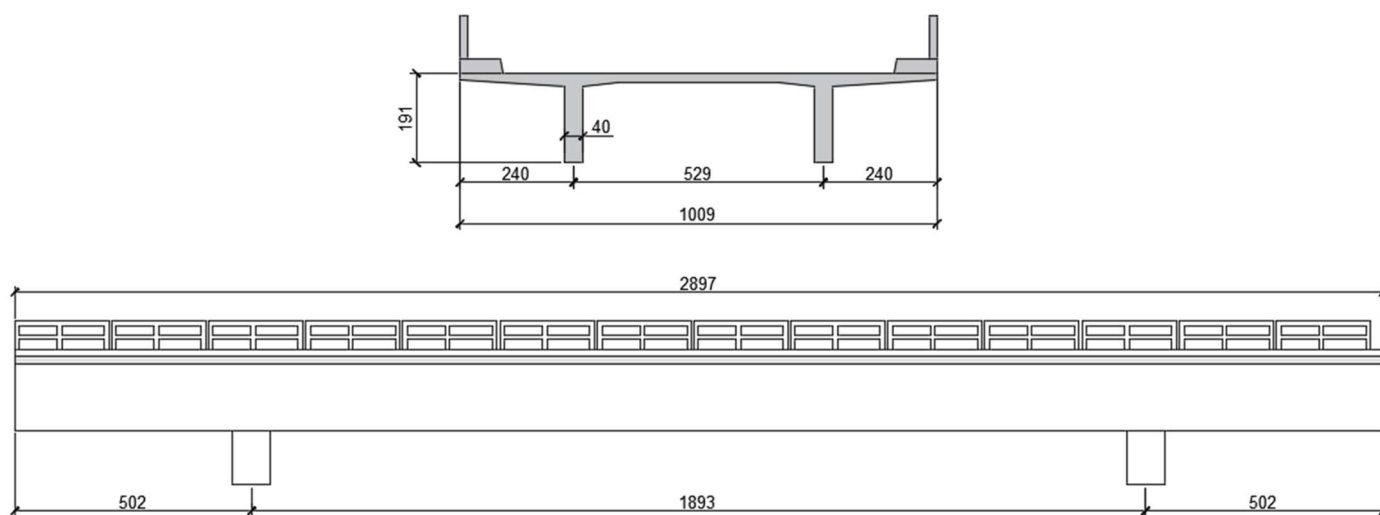


Figura 5. Ponte “média” construída entre 1960 e 1975.

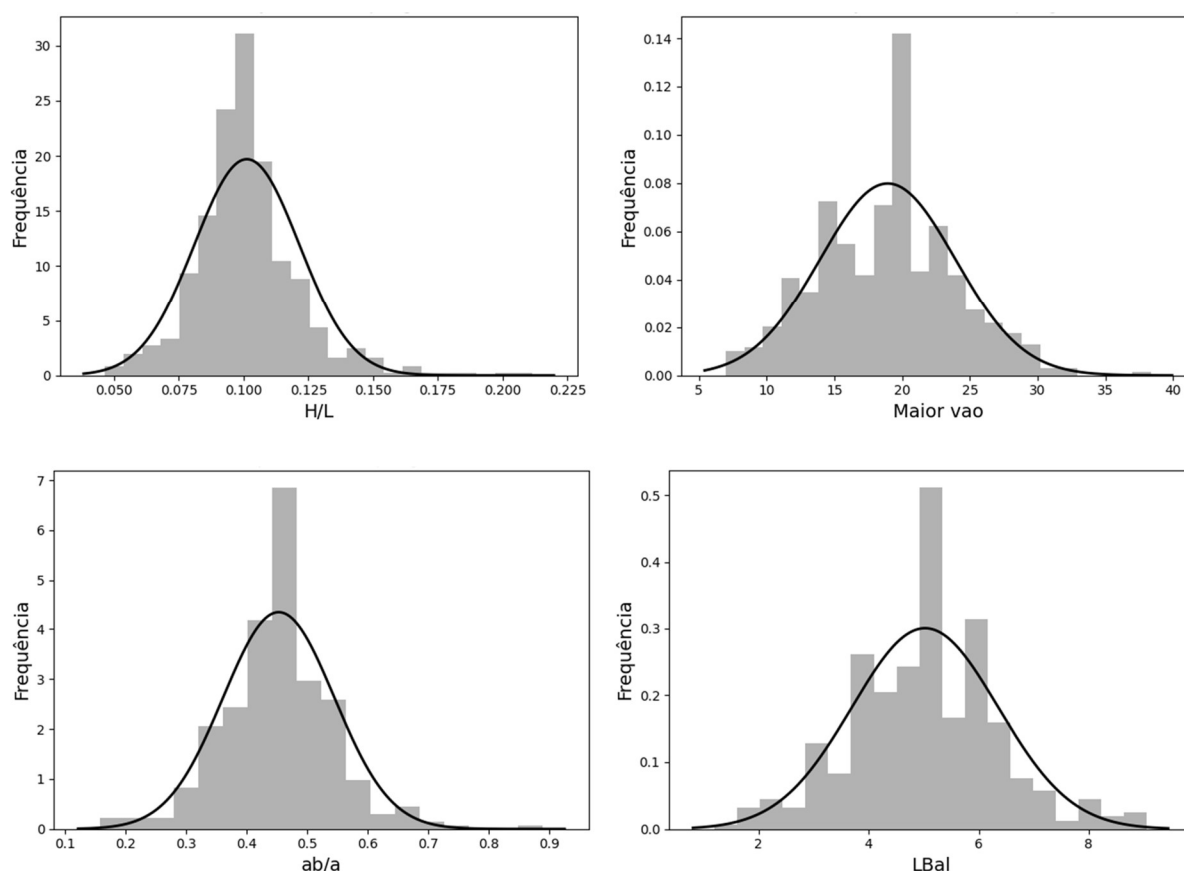


Figura 6. Caracterização das propriedades geométricas de pontes construídas entre 1960 e 1975.

Em relação ao período anterior, notou-se o crescimento dos valores do vão e balanço médios, enquanto a relação entre a altura da seção e o comprimento do vão não foi significativamente afetado. Com relação ao posicionamento das longarinas na seção transversal, houve o aumento da relação ab/a , o que indica a “aproximação” das longarinas. Percebe-se que a distância entre os eixos das longarinas aumentou devido ao aumento da largura da seção transversal, no entanto, essa distância é equivalente a uma porção menor do tabuleiro devido, principalmente, ao considerável aumento nos balanços transversais da laje.

Ainda, é interessante destacar que todas as distribuições mostradas na Figura 6 apresentam valores de pico, o que correspondem a valores preferenciais para as variáveis. Aparentemente, existia uma tendência de construir pontes com vão de 20 m e balanços de 5m, buscando manter uma relação ab/a igual a 0,45 e H/L igual a 0,10. Outro ponto a se destacar sobre algumas pontes construídas nessa época é o detalhe construtivo do guarda-rodas, que em muitos casos se encontra parcialmente conectado à laje do tabuleiro e não totalmente apoiado

sobre ela, conforme pode ser observado na Figura 7. Essa característica construtiva é muito comum em pontes do início da década de 1960, mas não é observada com tanta frequência em pontes construídas no final dessa década e início da década de 1970.

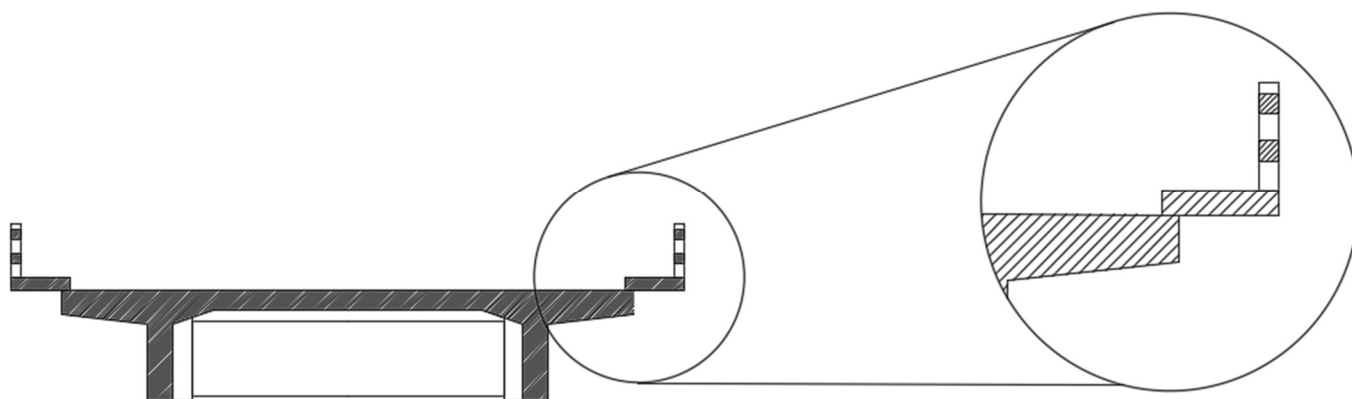


Figura 7. Detalhe construtivo referente ao guarda-corpo de algumas pontes construídas entre 1960 e 1975.

Pontes construídas entre 1975 e 1985

Com relação à largura da seção transversal, o valor médio obtido é muito próximo ao valor de referência fornecido pelo DNIT (2004) – 10,72 e 10,80, respectivamente –. No entanto, é importante destacar que a largura da seção não apresenta uma distribuição contínua e bem definida, mas sim valores “preferenciais”. Pontes construídas nesse período apresentam características semelhantes a ambos períodos anterior e posterior. Dessa forma, muitas pontes possuem largura próxima a 10 metros, inclusive com valores inferiores, enquanto outras apresentam largura que variam entre 10m e 13m. Para obtenção da seção média, foi considerada a largura média calculada, mesmo que esta não seja representativa de todas as pontes construídas nesse período.

Observou-se um vão médio igual a 21,56 m, com um balanço igual a 5,14. A relação entre o comprimento do vão e a altura da seção levou a uma altura média de 205 cm. O espaçamento entre as longarinas aumentou novamente, enquanto os balanços transversais da laje apresentam variação praticamente nula, o que conduziu a uma leve redução na relação ab/a . A seção transversal “média” de pontes construídas nessa época, é apresentada na Figura 8, enquanto as distribuições que caracterizam o comportamento das variáveis são mostradas na Figura 9. Em relação aos períodos anteriores, é possível perceber um novo aumento no comprimento do vão, enquanto o balanço médio não sofreu grande variação. Outra mudança a ser destacada é a utilização da barreira *New Jersey*, que se tornou popular a partir desse período.

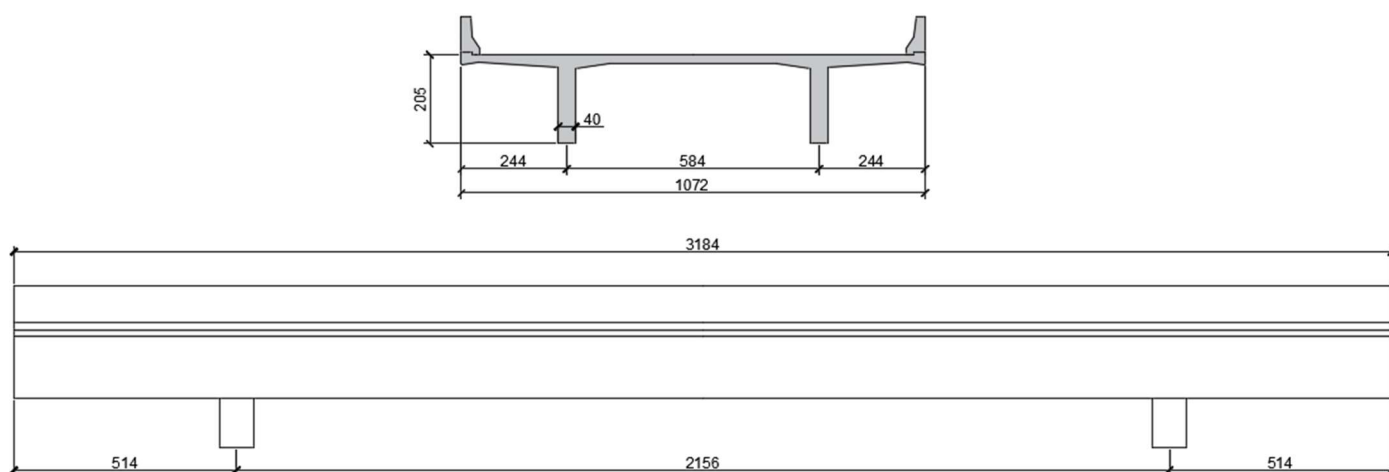


Figura 8. Ponte “média” construída entre 1975 e 1985.

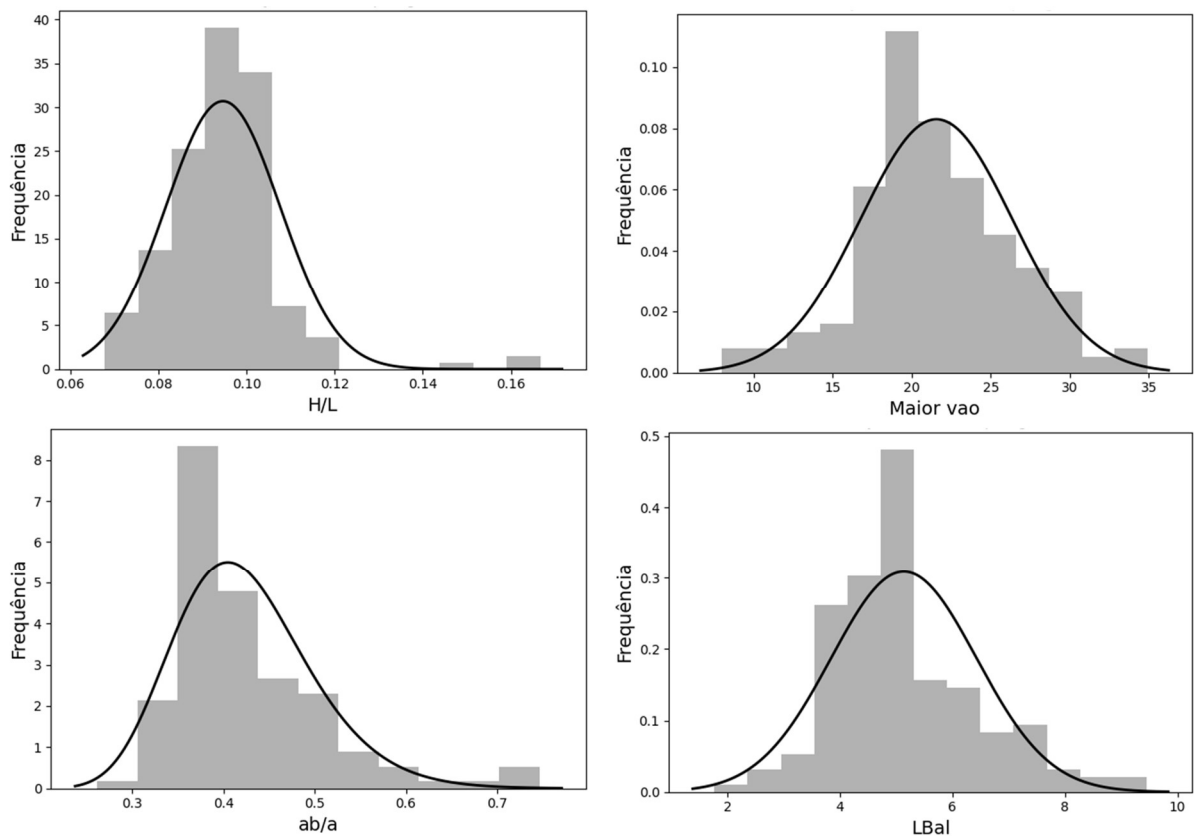


Figura 9. Caracterização das propriedades geométricas de pontes construídas entre 1975 e 1985.

Pontes construídas após 1985

Pontes construídas após 1985 apresentam uma largura média de 12,64 m, com espaçamento entre longarinas igual a 658 cm e balanços transversais de 303 cm. O aumento de ambas medidas em relação ao período anterior também levou ao aumento da relação ab/a . Em relação ao comprimento do vão médio, houve uma leve redução, atingindo o valor de 20,52m, essa redução foi acompanhada também pela leve redução dos balanços para 4,62m. A relação entre o comprimento do vão e a altura da seção foi levemente reduzida, o que conduziu a uma altura média de 202 cm.

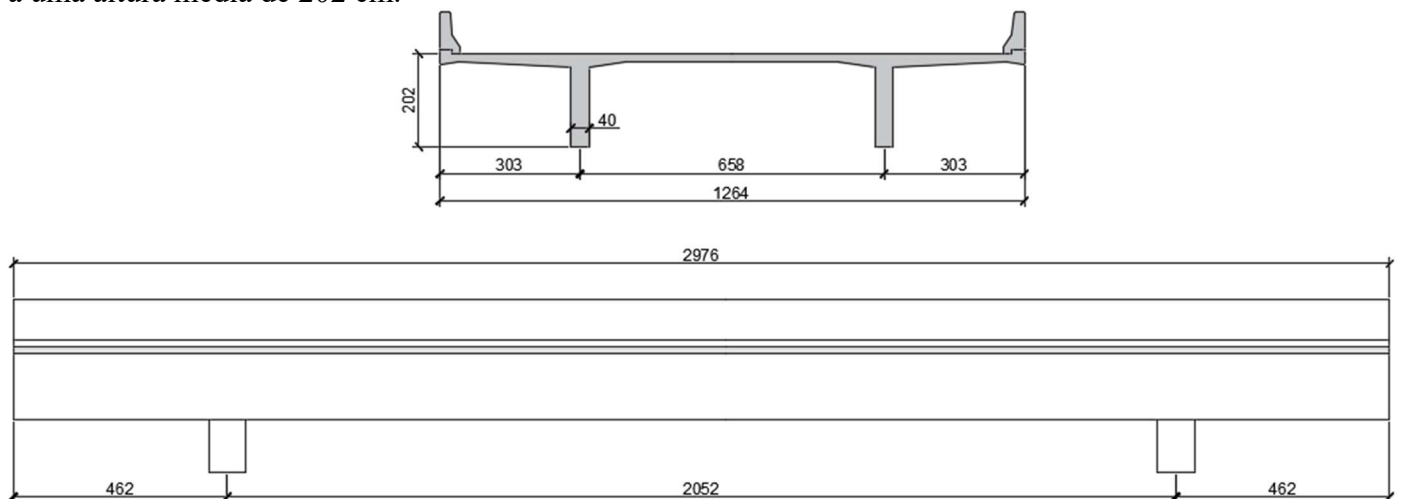


Figura 10. Ponte “média” construída após 1985.

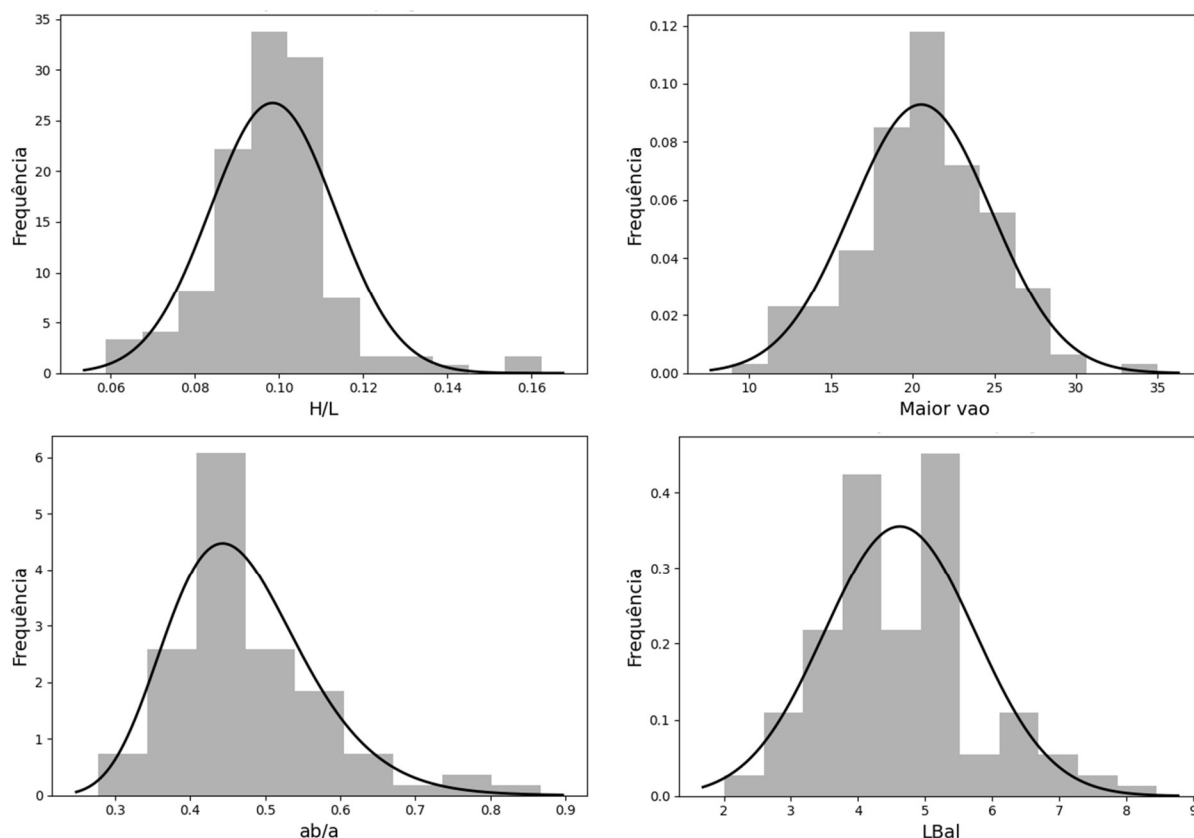


Figura 11. Caracterização das propriedades geométricas de pontes construídas após 1985.

Outras características

Além das seções padrão apresentadas anteriormente, outras características foram identificadas dentro do conjunto de pontes geridas pelo DNIT. Muitas pontes construídas antes de 1960, sendo caracterizadas pelo pequeno vão e elevado número de longarinas (04 ou mais), conforme ilustrado pela Figura 12. Como característico desta época de construção, estas pontes possuíam larguras em torno de 8,3 m e, com o passar dos anos, muitas dessas estruturas passaram por projeto de alargamento, resultando em seções transversais típicas como a apresentada na Figura 12. Tais pontes são encontradas principalmente em estados da região Nordeste do Brasil.

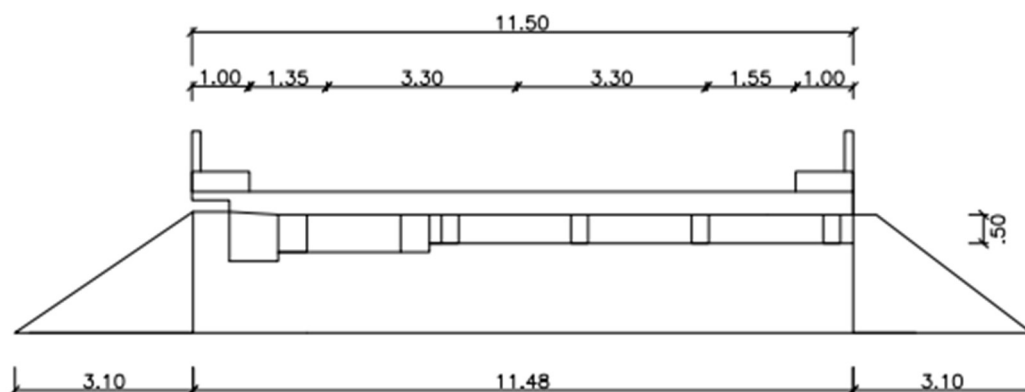


Figura 12. Seção transversal de uma ponte inicialmente construída com 04 longarinas, posteriormente alargada e com a inclusão de novas longarinas.

Outro ponto a ser destacado são pontes com duas longarinas principais e uma longarina de enrijecimento da laje, conforme ilustrado pela Figura 13. Esse elemento permitiu aumentar o espaçamento entre as longarinas principais, reduzindo o comprimento dos balanços longitudinais. Ainda, pontes construídas antes de 1960 também podem apresentar o aumento da altura da seção transversal próximo aos apoios, ao invés de um alargamento, como é comumente utilizado atualmente.

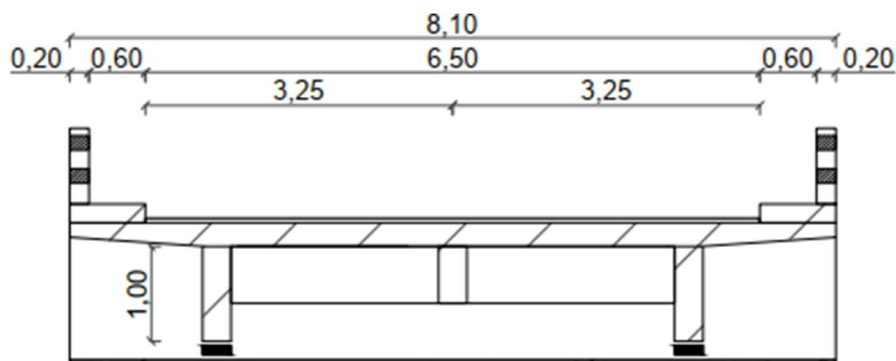


Figura 13. Seção transversal de uma ponte com duas longarinas principais e uma longarina de enrijecimento.

Conclusões

Este trabalho avaliou a configuração geométrica de pontes de concreto armado construídas no século passado. Quatro épocas principais foram avaliadas com base em dados prévios fornecidos pelo Manual de Inspeção de Obras de Arte Especiais do DNIT. Em geral, observou-se que as seções fornecidas pelo DNIT se aproximam das dimensões reais das pontes analisadas neste trabalho, especialmente quanto à largura da ponte. As maiores diferenças observadas dizem respeito ao espaçamento entre as longarinas na seção transversal.

A caracterização de variáveis aleatórias para descrever o comportamento de parâmetros geométricos de pontes existente contribui para futuras análises que visem avaliar pontes existentes e a sua segurança estrutural. Dessa forma, o presente trabalho serve como base para o desenvolvimento futuro de análises mais robustas e completas.

Financiamento

Este estudo foi financiado pelo Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT) por meio do Projeto 291 - TED 703/2020.

Referências

ANDRADE, M. S. et al. **Metodologia de avaliação estrutural de longarinas de pontes de concreto armado sem dados de projeto: uma análise probabilística**. XIV Congresso Brasileiro de Pontes e Estruturas. **Anais...**Rio de Janeiro: maio 2023.

BLACK, A. P. **2022 Bridge Report**. [s.l: s.n.]. Disponível em: <<https://artbabridgereport.org/reports/2022-ARTBA-Bridge-Report.pdf>>. Acesso em: 10 nov. 2022.

CAVALCANTE, G. H. F. et al. Proposal of representative portfolios for federal roadway bridges in Northeastern Brazil. 2 ago. 2021.

DNIT. **Manual de Inspeção de Pontes Rodoviárias**. 2. ed. Rio de Janeiro: [s.n.].

DNIT. **SGO - Sistema de Gerenciamento de Obras de Arte Especiais**. Disponível em: <<https://sgoinspetor.dnit.gov.br/sgo-inspetor/index.jsf?codItemMenu=1920>>. Acesso em: 9 nov. 2022.

JSCE. **Japan's Infrastructure Grades 2020 & Introduction of Maintenance Technologies**. [s.l: s.n.].

JUNGES, P.; PINTO, R. C. A.; MIGUEL, L. F. F. B-WIM systems application on reinforced concrete bridge structural assessment and highway traffic characterization. **Revista IBRACON de Estruturas e Materiais**, v. 10, n. 6, p. 1338–1365, nov. 2017.

MENDES, P. T. C.; MOREIRA, M. L. T.; PIMENTA, P. M. Reinforced concrete bridges: effects due to corrosion and concrete young modulus variation. **Revista IBRACON de Estruturas e Materiais**, v. 5, n. 3, p. 388–419, jun. 2012.

SOUZA, C. F. DE S. **YearBuild.** , 2025.