

Estudo de casos para pré-dimensionamento e estimativa de custos de pilares de pontes em vigas

Glória Beatriz Aguiar de Barros

Instituto Federal de São Paulo (IFSP), Votuporanga, SP, Brasil

Beatriz Adolfo Pereira da Silva

Instituto Federal de São Paulo (IFSP), Votuporanga, SP, Brasil

Gustavo Cabrelli Nirschl

Instituto Federal de São Paulo (IFSP), Votuporanga, SP, Brasil

Resumo: As pontes, como toda obra de engenharia, requerem um orçamento estimativo para fornecer subsídios para as tomadas de decisões no âmbito da escolha dos materiais, processos construtivos e modelo estrutural adotado. No Brasil, existe atualmente um balizador público que fornece um simulador de custos médios gerenciais para uma obra de ponte, disponível em *website*, de autoria da FGV, IBRE e DNIT. O simulador necessita que o usuário escolha, entre outros, a região da obra, seu porte, seu tipo e sua área construída, exibindo como resultado o custo estimativo total da obra. Os tipos disponíveis são: ponte ou viaduto em longarinas de concreto armado; em balanços sucessivos; e passagem inferior em concreto armado. Não há estimativas para outros tipos de pontes como estaiada, pênsil, em estrutura metálica. Não há divisão dos custos estimativos da estrutura entre suas partes, como encontros, pilares, fundações e superestrutura. Buscando, no futuro, criar um simulador mais abrangente, neste trabalho, estudaram-se os pilares de seis pontes em viga, na forma de seu pré-dimensionamento e custo estimativo. Foi encontrado um índice de custo médio de pilares de 5,700% do custo total e um índice de área de pilares médio de 1,203% da área total da ponte em vigas.

Palavras-chave: Pré-dimensionamento. Estimativa de custos. Pilares de pontes.

Abstract: Bridges, like all engineering works, require an estimated budget to support decision-making in terms of choosing materials, construction processes and the adopted structural model. In Brazil, there is currently a public beacon that provides a simulator of average management costs for a bridge project, available on a website, authored by FGV, IBRE and DNIT. The simulator requires the user to choose, among others, the region of the work, its size, its type and its built area, displaying the total estimated cost of the work as a result. The available types are: bridge or viaduct in reinforced concrete stringers; in successive swings; and underpass in reinforced concrete. There are no estimates for other types of bridges, such as cable-stayed, suspension, metallic structure. There is no division of the estimated costs of the structure between its parts, such as endings, pillars, foundations and superstructure. Seeking, in the future, to create a more comprehensive simulator, in this paper, the pillars of the six beam bridges were studied, in the form of their pre-dimensioning and estimated cost. An average pillar cost index of 5.700% of the total cost and an average Pillar area index of 1.203% of the total area of the bridge in beams were found.

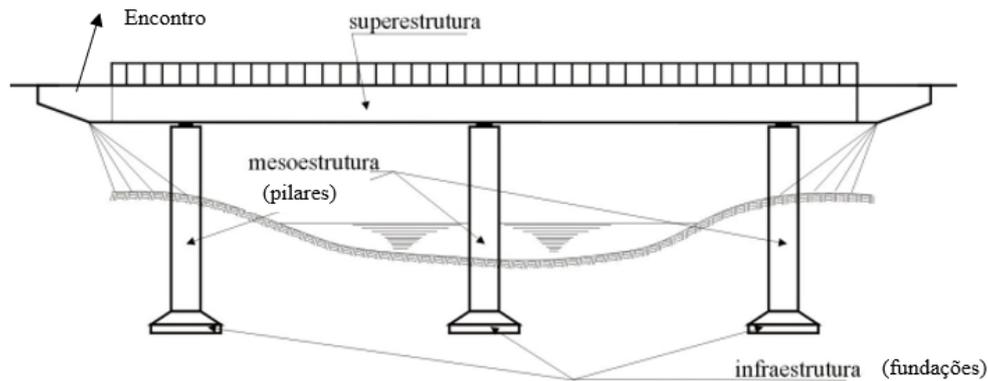
Keywords: *Pre-dimensioning. Cost estimate. Bridge pillars.*

INTRODUÇÃO

Conforme a NBR 7187:2021, ponte é a obra destinada a permitir a transposição de um obstáculo natural (como rio, córrego e vale) e viaduto é a obra destinada a permitir a transposição de um obstáculo artificial (como avenida e rodovia). Porém, Mendes (2017) cita que o viaduto é um tipo de ponte. Seguindo este último autor, neste trabalho, o termo ponte está sendo aplicado às pontes e viadutos.

Conforme Vitório (2002), ilustrado na figura 1, as partes integrantes de uma ponte, em geral, são a superestrutura (exemplos: lajes, vigas), a mesoestrutura (pilares e possíveis travamentos), a infraestrutura (fundações) e os encontros. Os encontros são considerados por alguns autores como constituintes da mesoestrutura e por outros como fazendo parte da infraestrutura.

Figura 1 - Partes integrantes de uma ponte.



Fonte: Adaptado de Vitório (2002).

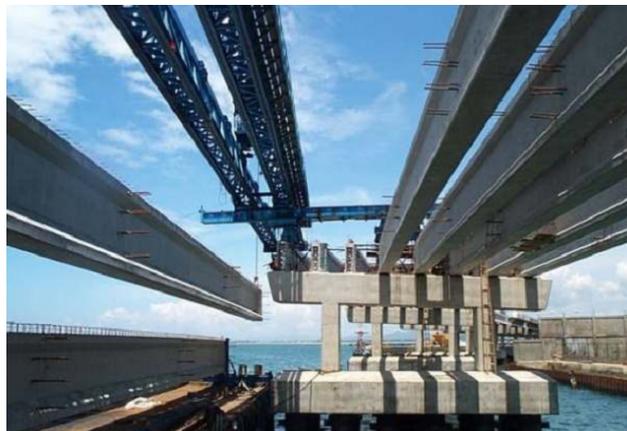
1. Superestrutura de pontes

Há várias formas de conceber a superestrutura de uma ponte, sendo, por exemplo, em laje, em viga, treliça, estaiada, pênsil, em arco e em quadro rígido.

De acordo com o DNER (1996), pontes em vigas vencem vãos de 10 metros, em concreto armado, a 100 metros, em concreto protendido. Além disso, o autor cita que esse tipo de ponte é normalmente utilizada em vãos de até 50 metros para vigas moldadas in loco e de até 40 metros para vigas pré-moldadas.

França (2011) apresenta solução de ponte em vigas em pilares de seção retangular com vigas pré-moldadas de travamento transversal, formando um pórtico (figura 2). As vigas, ilustradas na figura, são lançadas com o auxílio de treliças, sendo a mais conhecida a treliça lançadeira SICET. Esta funciona com um automotor e auxilia na inserção das vigas pré-moldadas.

Figura 2 - Execução de pilares e travamento transversal de ponte em vigas pré-moldadas.



Fonte: França (2011).

2. Pilares de pontes

Pfeil (1979) comenta que a função dos pilares é receber as cargas horizontais e verticais da superestrutura e transmiti-las para as fundações, que transmitem para o terreno. As cargas verticais são provocadas pelo peso próprio da estrutura e pelas cargas úteis, que são as cargas geradas pelos veículos. As cargas horizontais são predominantemente provocadas pelo vento, que tem grande importância principalmente em pilares altos (de 50 a 100 m, como cita o autor) e, portanto, devem ser consideradas no seu dimensionamento. Outro tipo de carga horizontal, por exemplo, é a pressão da água nos pilares em rios sujeitos a grandes enchentes, que podem também trazer troncos de árvores pela enxurrada.

Além disso, a norma NBR 7188: 2024 — Ações devido ao tráfego de veículos rodoviários e de pedestres em pontes, viadutos e passarelas cita cargas especiais para certos elementos, sendo, no caso dos pilares, cargas horizontais por estarem sujeitos a choques acidentais de veículos.

Gomes (2006) comenta que os pilares das pontes podem ser feitos de concreto moldados *in-loco* e pré-moldados, pilares metálicos ou paredes de concreto (pilar-parede), cuja escolha depende da solução estrutural da superestrutura, da economia de material e de mão de obra. Os pilares de concreto, sejam moldados *in-loco* ou pré-moldados, são o tipo mais comum de pilar usado em pontes e viadutos. Já os pilares metálicos são mais utilizados em pontes treliçadas, estaiadas ou pontes pênséis. Os pilares-parede são geralmente usados em pequenos vãos que transpõem galerias ou passagem de pedestre, cita o autor.

No caso de pilares metálicos e de concreto pré-moldado, geralmente são necessárias estruturas auxiliares para içamento das peças. Estas estruturas geralmente se tratam de guindastes (ou gruas; mesmo significado), cuja escolha do tamanho e capacidade depende, segundo Gomes (2006), da capacidade de carga do solo, do espaço do canteiro de obras e outros.

No caso de pilares-parede ou pilares moldados *in-loco*, são utilizadas formas de madeira ou metálicas, variando a forma de acordo com a seção do pilar. Além disso, a concretagem deve obedecer às etapas definidas conforme a resistência da forma à pressão do concreto no decorrer do pilar.

3. Orçamento de pontes

Conforme Conforto e Spranger (2008), citados por Lopes (2017), a elaboração de estimativas de custos consiste no emprego de metodologias de avaliação que permitem prever o valor e a composição de custo total a ser incorrido na realização de determinado empreendimento, ainda que, a partir de dados de Engenharia, apenas preliminares ou pouco detalhados sobre o projeto.

Conforme Brasil (2020), o Custo Médio Gerencial (custo estimativo total da obra) estabelece referências de custos para tomadas de decisões, na fase de planejamento, e que normalmente precedem os projetos e os orçamentos dos empreendimentos de infraestrutura de transportes.

No contexto desse trabalho, no Brasil, existe atualmente um balizador público que fornece um simulador de custos médios gerenciais para uma obra de ponte, disponível em Fundação Getúlio Vargas (2019) de autoria da FGV, IBRE e DNIT. O simulador necessita que o usuário escolha, entre outros, a região da obra, seu porte, seu tipo e sua área construída, exibindo como resultado o custo estimativo total da obra. Os tipos disponíveis no citado simulador são: ponte ou viaduto em longarinas de concreto armado; em balanços sucessivos; e passagem inferior em concreto armado. Não há estimativas para outros tipos de pontes como estaiada, pênsil, em estrutura metálica e não há divisão dos custos estimativos da estrutura entre suas partes, como encontros, pilares, fundações e superestrutura.

A proposta deste trabalho é justamente fornecer dados para, no futuro, com base também em outros trabalhos do mesmo grupo de pesquisa, criar um simulador mais abrangente em termos de tipos de ponte e em termos de estimativas de custo e quantitativo detalhadas nas várias partes de uma ponte.

METODOLOGIA

Buscando, no futuro, criar um simulador mais abrangente do que o apresentado na introdução, neste trabalho, estudaram-se os pilares de seis pontes, na forma de seu pré-dimensionamento e custo estimativo, a fim contribuir na criação de índices.

Estas informações foram procuradas em bibliografias e/ou em projetos de pontes já realizados, tendo sido obtidos os dados apresentados no item sobre os resultados.

Todos os custos descritos no artigo são sem BDI (Benefícios e Despesas Indiretas) e sem desoneração.

Nas tabelas 1 a 8, os custos totais foram atualizados pelo DrCalc.net (Cálculo, 2023) para o ano de 2024.

Para validar a consideração dos valores médios dos índices de custo e quantitativos, optou-se pela análise do desvio-padrão. Bastos e Duquia (2007) citam que a variância consiste em uma medida de dispersão que leva em conta todos os valores de uma distribuição para o cálculo, sendo expressa pela equação 1.

$$s^2 = \frac{\sum(x-\bar{X})^2}{(n-1)}, \quad \text{equação 1.}$$

Onde s^2 corresponde à variância, x aos valores observados, \bar{X} à média e n ao número de amostras estudadas.

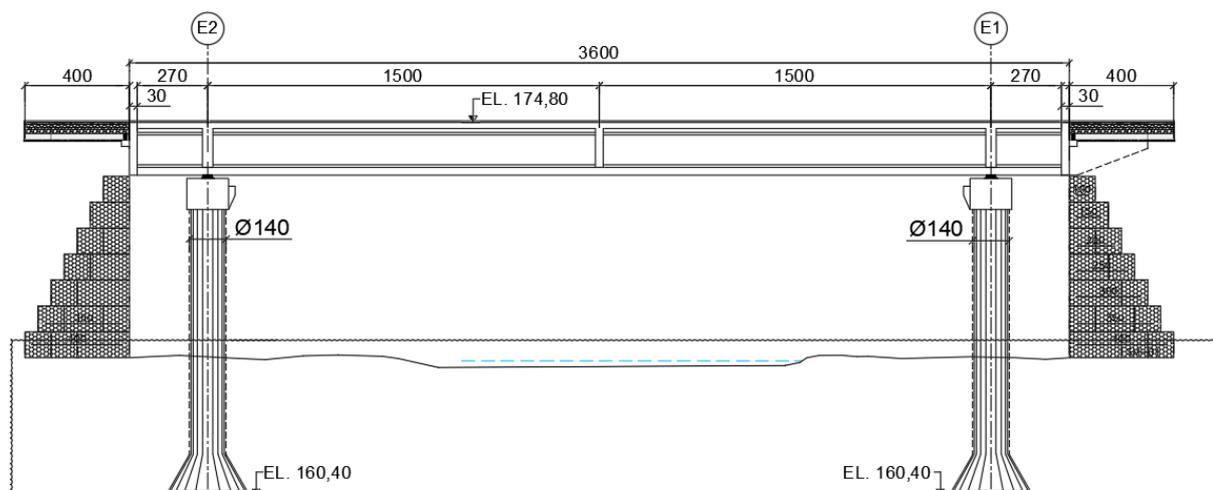
Os autores citam que o desvio-padrão é amplamente utilizado na literatura científica como medida de dispersão dos dados. Ele estima o quanto, em média, cada valor se distancia da própria média aritmética de uma distribuição, com a vantagem de preservar a unidade de mensuração original das observações, algo que não ocorre com a variância. Para calculá-lo, basta extrair a raiz quadrada da fórmula da variância (equação 1). Os autores citam que, se o desvio-padrão for maior do que metade da média aritmética, pode-se considerar inadequado seu uso e colocar sob suspeita o resultado apresentado.

RESULTADOS

OBRA 1: Ponte sobre o Ribeirão do Lipa.

Mato Grosso (2017) apresenta uma ponte sobre o Ribeirão do Lipa, conforme a figura 3, sendo em vigas com entreixo de pilares de 30 m, sendo 3 pilares por eixo, com diâmetro de 140 cm e altura de até 12,38 m. Total de 6 pilares. A ponte tem 36 m de comprimento e 15 m de largura.

Figura 3 - Ponte sobre o Ribeirão do Lipa (cotas em cm).



Fonte: adaptado de Mato Grosso (2017).

A tabela 1 apresenta o custo da ponte sobre o Ribeirão do Lipa referente aos pilares.

Tabela 1 - Custo dos pilares da ponte sobre o Ribeirão do Lipa.

DESCRIÇÃO	UNID.	QTD.	CUSTO UNITÁRIO	CUSTO TOTAL
Forma de placa compensada plastificada	m ²	250,54	R\$ 58,46	R\$ 14.646,57
Concr. Estr. fck=30 MPa - c.raz.usoger.conf.lanc.ab/bc	m ³	62,41	R\$ 376,56	R\$ 23.501,11
Concr. Estr. fck=25 MPa - c.raz.usoger.conf.lanc.ab/bc	m ³	41,5	R\$ 360,80	R\$ 14.973,20
Fornecimento, preparo e colocação formas aço CA-50	kg	8143	R\$ 7,66	R\$ 62.375,38
Escoramento com madeira de OAE	m ³	198,4	R\$ 59,85	R\$ 11.874,24
Graute fgk=25 MPa; traço 1:0,02:1,2:1,5 (cimento/cal/areia grossa/brita 0) - preparo mecânico com betoneira 400 L. AF_02/2015	m ³	8,8	R\$ 321,74	R\$ 2.831,31
Transporte comerc. c/ carr.	tk·m	1321,4477	R\$ 0,42	R\$ 555,01

Rodov. Pavim.

TOTAL R\$ 130.756,82

TOTAL ATUALIZADO (2024) R\$208.101,73

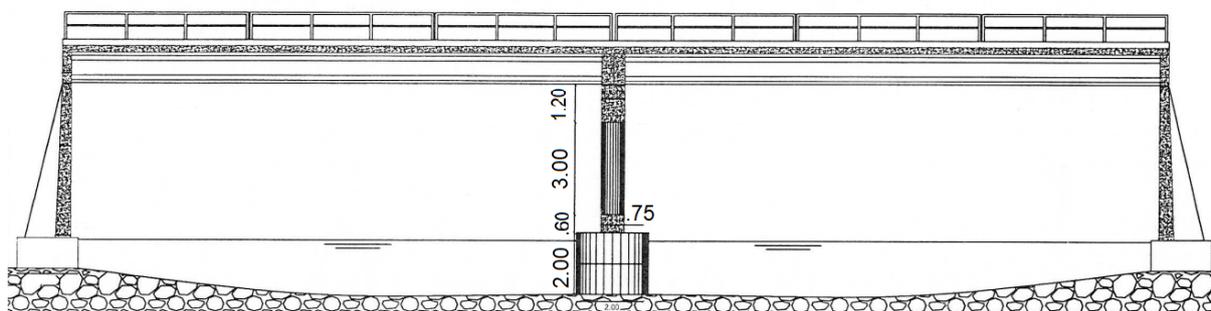
Fonte: adaptado de Mato Grosso (2017).

Segundo Mato Grosso (2017), o custo total da ponte foi de R\$ 1.780.695,03, atualizado para R\$ 2.834.006,83 (2024).

OBRA 2: Ponte no Arroio Taboão.

Boa Vista do Taboado (2023) apresenta uma ponte no Arroio Taboão (interior do município), conforme a figura 4, sendo em vigas com entreixo de pilares de 18 m, sendo 2 pilares por eixo, com diâmetro de 75 cm e altura de 3 m. Total de 2 pilares. A ponte tem 36 m de comprimento e 7,50 m de largura.

Figura 4 - Ponte em vigas no Arroio Taboão (cotas em m).



Fonte: adaptado de Boa Vista do Taboado (2023).

A tabela 2 apresenta o custo da ponte no Arroio Taboão referente aos pilares.

Tabela 2 – Custo dos pilares da ponte no Arroio Taboão (continua).

DESCRIÇÃO	UNID.	QTD.	CUSTO UNITÁRIO	CUSTO TOTAL
Fabricação de fôrma para pilares e estruturas similares	m ²	84,13	R\$ 277,75	R\$ 23.367,11
Montagem e desmontagem de forma de viga, escoramento	m ²	84,13	R\$ 177,42	R\$ 14.926,34
Armação de aço por m ³ de concreto	unid	20,65	R\$ 1.186,10	R\$ 24.492,97

DESCRIÇÃO	UNID.	QTD.	CUSTO UNITÁRIO	CUSTO TOTAL
Concreto usinado bombeável fck=25 Mpa, inclui bombeamento		m ³	20,65	R\$ 563,17 R\$ 11.629,46
Transporte com caminhão basculante de 10 m ³ , em vi urbana		m ³ ·km	2643	R\$ 0,93 R\$ 2.457,99
Transporte com caminhão basculante de 10 m ³ , em vi urbana		m ³ ·km	83	R\$ 2,98 R\$ 247,34
Transporte com caminhão basculante de 10 m ³ , em vi urbana		m ³ ·km	496	R\$ 2,35 R\$ 1.165,60
Transporte com caminhão basculante de 10 m ³ , em vi urbana		m ³ ·km	83	R\$ 2,98 R\$ 247,34
Transporte com caminhão carroceira 9 t, em vi urbana		t·km	90	R\$ 2,72 R\$ 244,80
TOTAL				R\$ 78.778,95
TOTAL ATUALIZADO (2024)				R\$81.375,92

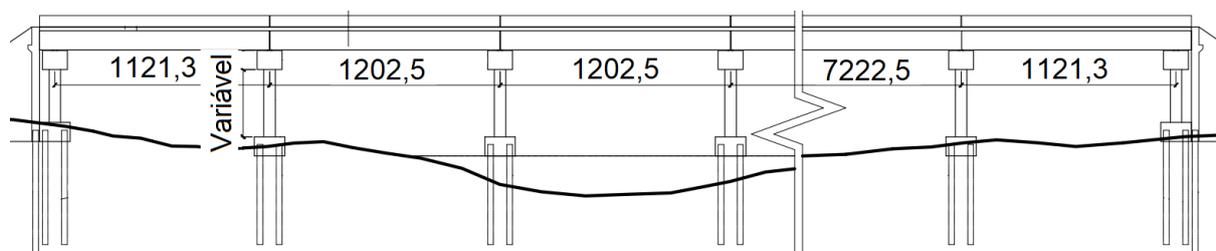
Fonte: adaptado de Boa Vista do Taboado (2023).

Segundo Boa Vista do Taboado (2023), o custo total da ponte foi de R\$1.091.503,02, atualizado para R\$1.127.484,74 (2024).

OBRA 3: Ponte em vigas sobre o rio Trairão.

Cumaru do Norte (2020) apresenta uma ponte sobre o rio Trairão, conforme a figura 5, sendo em vigas com entreixo de pilares de até 12,025 m, sendo 3 pilares por eixo, com dimensões de 0,80x0,80 m e altura de até 4,76 m. Total de 33 pilares. A ponte tem 120 m de comprimento e 8,60 m de largura.

Figura 5 - Ponte sobre o rio Trairão (cotas em cm).



Fonte: adaptado de Cumaru do Norte (2020).

A tabela 3 apresenta o custo da ponte sobre o rio Trairão referente aos pilares.

Tabela 3 - Custo dos pilares da ponte sobre o rio Trairão.

DESCRIÇÃO	UNID.	QTD.	CUSTO UNITÁRIO	CUSTO TOTAL
Formas para concreto em chapa de madeira compensada resinada e=15 mm (REAP 1x) – Pilares e Transversinas	m ²	517,70	R\$ 85,66	R\$ 44.346,18
Concreto c/ seixo FCK=35 MPa (incl. preparo e lançamento)	m ³	84,27	R\$ 839,76	R\$ 70.766,58
Armação p/ concreto – Pilares e Transversinas	kg	16.853,76	R\$ 13,46	R\$ 226.851,61
TOTAL				R\$ 341.964,37
TOTAL ATUALIZADO (2024)				R\$ 468.768,06

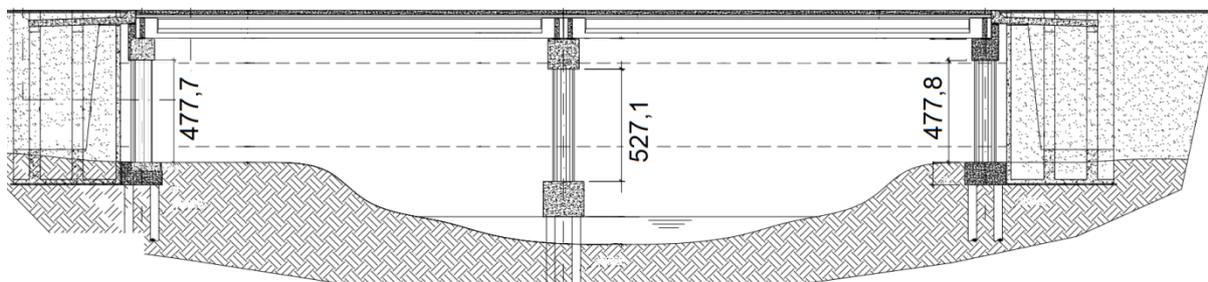
Fonte: adaptado de Cumaru do Norte (2020).

Segundo Cumaru do Norte (2020), o custo total da ponte foi de R\$4.444.536,89, atualizado para R\$ 6.092.614,09 (2024).

OBRA 4: Ponte sobre o córrego Jaguaribe.

Mato Grosso (2023) apresenta a ponte sobre o córrego Jaguaribe, conforme a figura 6, sendo em vigas com intereixo de pilares de 20 m, com 2 pilares por eixo, de 1,0 m de diâmetro e altura máxima de 5,271 m. Total de 6 pilares. A ponte tem 40 m de comprimento e 8,80 m de largura.

Figura 6 - Ponte sobre o córrego Jaguaribe (cotas em cm).



Fonte: adaptado de Mato Grosso (2023).

A tabela 4 apresenta o custo dos pilares da ponte sobre o córrego Jaguaribe.

Tabela 4 - Custo dos pilares da ponte sobre o córrego Jaguaribe.

DESCRIÇÃO	UNID.	QTD.	CUSTO UNITÁRIO	CUSTO TOTAL
Adensamento de concreto por vibrador de imersão	m ³	60,78	R\$ 3,27	R\$ 198,75
Armação em aço CA-50 – fornecimento, preparo e colocação	kg	7.158,00	R\$ 13,88	R\$ 99.353,04
Concreto para bombeamento fck = 30 MPa – confecção em central dosadora de 30 m ³ /h – areia e brita comerciais	m ³	60,78	R\$ 462,52	R\$ 28.111,97
Escoramento com pontaletes D = 15 cm – utilização 1 vez – confecção e instalação	m ³	191,86	R\$ 53,44	R\$ 10.253,00
Fôrmas curvas de compensado plastificado 10 mm – uso geral – utilização de 2 vezes – confecção, instalação e retirada	m ²	93,15	R\$ 122,63	R\$ 11.422,98
Fôrmas curvas de compensado plastificado 14 mm – uso geral – utilização de 3 vezes – confecção, instalação e retirada	m ²	108,17	R\$ 87,36	R\$ 9.449,73
Lançamento livre de concreto usinado por meio de caminhão betoneira – confecção em central dosadora de 30 m ³ /h	m ³	60,78	R\$ 48,30	R\$ 2.935,67
Plataforma de trabalho em madeira apoiada no solo- altura de até 6 m – utilização de 5 vezes – confecção, instalação e retirada	m ³	508,15	R\$ 61,84	R\$ 31.424,00
TOTAL				R\$193.149,14
TOTAL ATUALIZADO (2024)				R\$ 198.542,23

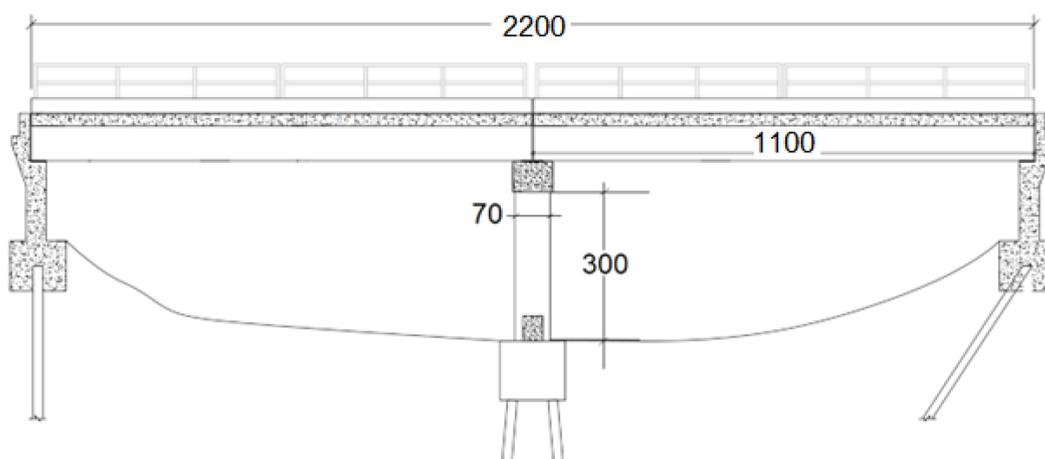
Fonte: adaptado de Mato Grosso (2023).

Segundo Mato Grosso (2023), o custo total da ponte foi de R\$4.414.801,09, atualizado para R\$4.538.070,72 (2024).

OBRA 5: Ponte em vigas na vicinal Jabutizinho.

Jacundá (2022) apresenta a ponte na vicinal Jabuzinho, conforme a figura 7, sendo em vigas com intereixo de pilares de 11,00 m (considerando o intereixo entre o pilar central e o início do encontro), 4 m de largura, dimensões de 0,70x0,70 m e altura máxima de 3,00 m. Total de 2 pilares no eixo.

Figura 7 - Ponte na vicinal Jabutizinho (cotas em cm).



Fonte: adaptado de Jacundá (2022).

A tabela 5 apresenta o custo do custo da ponte na vicinal Jabutizinho referente aos pilares.

Tabela 5 - Custo dos pilares da ponte na vicinal Jabutizinho (continua).

DESCRIÇÃO	UNID.	QTD.	CUSTO UNITÁRIO	CUSTO TOTAL
Armação de pilar ou viga de uma estrutura convencional de concreto armado em uma edificação térrea ou sobrado utilizando aço CA-50 de 16,0 mm - montagem.	kg	212,02	R\$ 10,05	R\$ 2.130,80
Armação de pilar ou viga de uma	kg	658,00	R\$ 14,19	R\$ 9.337,02

estrutura convencional de concreto armado em uma edificação térrea ou sobrado utilizando aço CA-50 de 8,0 mm - montagem.

Fabricação, montagem e desmontagem de fôrma para bloco de coroamento, em chapa de madeira compensada resinada, e=17 mm, 2 utilizações.

Concreto c/ seixo fck=30 MPa (incl. lançamento e adensamento)

m ²	38,40	R\$ 114,07	R\$ 4.380,29
m ³	7,68	R\$ 748,83	R\$ 5.751,01
TOTAL			R\$ 21.599,12

TOTAL ATUALIZADO (2024) R\$23.937,28

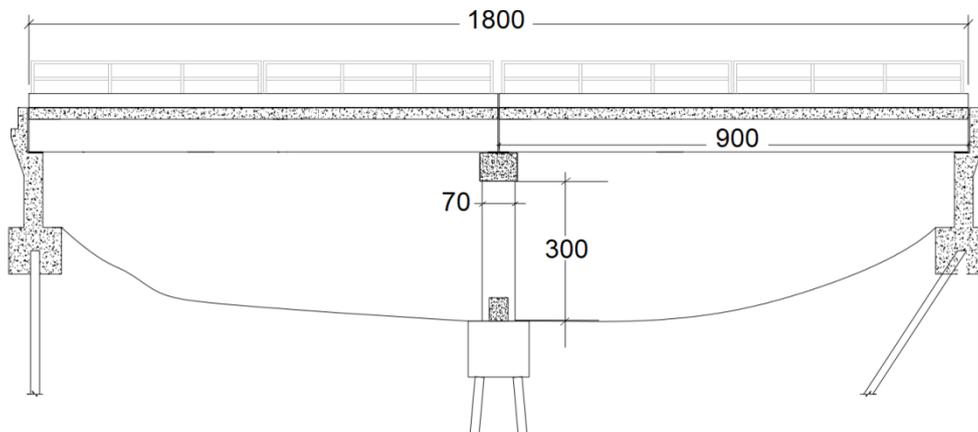
Fonte: adaptado de Jacundá (2022).

Segundo Jacundá (2022), o custo total da ponte foi de R\$665.444,55, atualizado para R\$737.480,51 (2024).

OBRA 6: Ponte em vigas em Alto Paraíso.

Jacundá (2022) apresenta a ponte na Rua Pitinga, conforme a figura 8, sendo em vigas com entreixo de pilares de 9,00 m (considerando o entreixo entre o pilar central e o início do encontro), 8 m de largura, dimensões de 0,70x0,70 m e altura máxima de 3,00 m. Total de 2 pilares no eixo.

Figura 8 - Ponte na Rua Pitinga (cotas em cm).



Fonte: adaptado de Jacundá (2022).

A tabela 6 apresenta o custo do custo da ponte na Rua Pitinga referente aos seus pilares.

Tabela 6 - Custo dos pilares da ponte na Rua Pitinga.

DESCRIÇÃO	UNID.	QTD.	CUSTO UNITÁRIO	CUSTO TOTAL
Armação de pilar ou viga de uma estrutura convencional de concreto armado em uma edificação térrea ou sobrado utilizando aço CA-50 de 16,0 mm - montagem.	kg	424,04	R\$ 10,05	R\$ 4.261,60
Armação de pilar ou viga de uma estrutura convencional de concreto armado em uma edificação térrea ou sobrado utilizando aço CA-50 de 8,0 mm - montagem.	kg	1316,00	R\$ 14,19	R\$ 18.674,04
Fabricação, montagem e desmontagem de fôrma para bloco de coroamento, em chapa de madeira compensada resinada, e=17 mm, 2 utilizações.	m ²	38,40	R\$ 114,07	R\$ 4.380,29
Concreto c/ seixo fck=30 MPa (incl. lançamento e adensamento)	m ³	7,68	R\$ 748,83	R\$ 5.751,01
			TOTAL	R\$33.066,94
			TOTAL ATUALIZADO (2024)	R\$36.646,52

Fonte: adaptado de Jacundá (2022).

Segundo Jacundá (2022), o custo total da ponte foi de R\$764.791,74, atualizado para R\$847.582,27 (2024).

Os dados obtidos das seis obras apresentadas estão resumidos e ampliados na tabela 7.

Tabela 7 - Tabela resumo dos resultados obtidos.

Obra	Intereixo pilares (m)	Dimensões pilares (m)	Altura pilares (m)	Custo pilares	R\$/m ³ de pilar	R\$ de pilar/m ² de ponte	Área pilar/ponte (%)	Custo pilar/total (%)
1	30,00	Ø 1,40	até 12,38	208.101,73	2.002,71	385,37	1,710%	7,343%
2	18,00	Ø 0,75	3,00	81.375,92	3.940,72	301,39	0,327%	7,217%
3	até 12,02	0,80x0,80	até 4,76	468.768,06	5.562,69	454,23	2,047%	7,694%
4	20,00	Ø 1,00	até 5,30	198.542,23	3.266,57	564,04	1,339%	4,375%
5	11,00	0,70x0,70	3,00	23.937,28	3.116,83	272,01	1,114%	3,246%
6	9,00	0,70x0,70	3,00	36.646,52	4.771,68	254,49	0,681%	4,324%
MÉDIAS					3.776,87	371,92	1,203%	5,700%

Fonte: descritas anteriormente.

As variações dos índices em torno da média observadas na tabela 7 podem ser explicadas por vários fatores, entre eles: ponte é uma obra de arte especial, tendo diferenças relacionadas à mão de obra local (variando de acordo com a região, estado e cidade), local da obra (locais afastados geram um custo maior para transporte) e custo dos materiais por região.

Na tabela 8 estão os cálculos da variância e desvio-padrão, conforme a metodologia.

Tabela 8 - Cálculos de variância e desvio-padrão com os dados da tabela 7 (continua).

Índice	Média	Variância	Desvio-padrão	Desvio-padrão/média
R\$/m ³ de pilar	3.776,87	1.609.869,89	1.268,81	0,34
Índice	Média	Variância	Desvio-padrão	Desvio-padrão/média
R\$ de pilar/m ² de ponte	371,92	13.606,03	116,64	0,32
Área pilar/ponte (%)	1,203	0,41	0,64	0,53
Custo pilar/total (%)	5,700	3,73	1,93	0,34

Fonte: próprio autor.

Conforme a tabela 8, exceto para área de pilar por área de ponte, os desvios-padrão dos índices estão abaixo de 0,5, o que não invalida o conjunto de dados, conforme explicado na metodologia.

Apesar da relação de desvio-padrão por média do índice de área de pilar por área de ponte ter dado acima de 0,50, os autores consideram que a diferença é muito baixa, sendo aqui considerado adequado para o artigo.

Portanto, feitas estas considerações, podem-se usar os valores médios para comparações de validação de suas ordens de grandeza.

Para o índice de área de pilares em uma obra residencial, Pereira (2019) cita que os pilares correspondem a 1,4% da área total, sendo que neste trabalho, este índice corresponde a 1,203%. Já para o índice de custo de pilar por m³, Pereira (2019) cita o custo de R\$1.621,31, que corresponde a R\$2.344,94 em 2024. Neste trabalho, este índice corresponde a R\$3.776,87. Observa-se que, apesar dos índices serem diferentes por conta do tipo de obra, os seus valores estão na mesma ordem de grandeza.

CONCLUSÃO

O estudo, portanto, cumpriu com os objetivos propostos inicialmente (dados de pré-dimensionamento e estimativa de custos) e trouxe resultados na mesma ordem de grandeza entre as obras, demonstrando que o custo dos pilares em obras de pontes em vigas correspondeu, neste trabalho, em média, a 5,700% do custo total. E, como uma estimativa inicial para pré-dimensionamento, a área dos pilares neste trabalho corresponde, em média, a 1,203% da área da ponte em vigas.

O custo por metro cúbico de pilar correspondeu, neste trabalho, em média, a R\$3.776,87, já o custo do pilar por metro quadrado de ponte correspondeu, neste trabalho, em média, a R\$371,92.

Sugere-se, para trabalhos futuros, o estudo de pontes de maior porte e outros tipos de superestruturas.

Os dados desta pesquisa e de outros trabalhos poderão ser utilizados num futuro *software* de pré-dimensionamento e estimativa de custos de pontes, em que o



usuário poderá escolher o tipo de superestrutura da ponte e terá a divisão dos custos estimativos por parte integrante da ponte.

REFERÊNCIAS

ARAÚJO, Daniel de Lima. **Projeto de ponte em concreto armado com duas longarinas**. Goiânia: UFG, 1999. Disponível em: <https://ctec.ufal.br/ees/disciplinas/ec2/PontePauSeco.pdf>. Acesso em: 8 jul. 2023.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 7188**: Ações devido ao tráfego de veículos rodoviários e de pedestres em pontes, viadutos e passarelas: ABNT, 2024.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 7187**: Projeto de pontes, viadutos e passarelas de concreto: ABNT, 2021.

BASTOS, João Luiz Dornelles; DUQUIA, Rodrigo Pereira. **Medidas de dispersão**: os valores estão próximos entre si ou variam muito?. 2007. Notas de epidemiologia e estatística. Disponível em: <https://revistaseletronicas.pucrs.br/ojs/index.php/scientiamedica/article/download/1650/7895>. Acesso em: 25 abr. 2024.

BOA VISTA DO TABOADO. **TOMADA DE PREÇOS 01/2023**.2023. Disponível em: <https://boavistadocadeado.rs.gov.br/licitacao/visualizar/id/4283/?tomada-de-precos-012023>. Acesso em: 28 fev. 2024.

BRASIL. Ministério da Infraestrutura. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT). **Custo Médio Gerencial**. [S. l.], 2020. Disponível em: <https://www.gov.br/dnit/pt-br/assuntos/planejamento-e-pesquisa/custos-e-pagamentos/custos-e-pagamentos-dnit/custo-medio-gerencial>. Acesso em: 17 ago. 2022.

CÁLCULO de atualização monetária. 2023. Disponível em: <https://drcalc.net/correcao.asp?it=3&ml=Calc>. Acesso em: 20 fev. 2024.



CUMARU DO NORTE. **Concorrência Pública N° 003/2020**. 2020. Disponível em: <https://pmcn.pa.gov.br/concorrenca-publica-n-003-2020/>. Acesso em: 21 ago. 2023.

DNER – Departamento Nacional de Estradas de Rodagem. **Manual de Projeto obras-de-arte especiais**. Rio de Janeiro, 1996. Disponível em: http://www.deecc.ufc.br/Download/TB820_Pontes%20II/MPDNIT.pdf. Acesso em: 27 mar. 2023.

FRANÇA, Alda Luisa Veiga Ferreira. **Métodos executivos de obras de arte especiais: estudo de caso em construção em meio urbano**. Rio de Janeiro: UFRJ, 2011. Disponível em: <http://monografias.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10006962.pdf>. Acesso em: 27 maio 2023.

FUNDAÇÃO GETÚLIO VARGAS (Rio de Janeiro/RJ). Instituto Brasileiro de Economia - IBRE. **SIMULADOR DE CUSTOS MÉDIOS GERENCIAIS**. [S. l.], 2019. Disponível em: <https://simuladorcmg-ibre.fgv.br/>. Acesso em: 23 fev. 2024.

GOMES, Izak da Silva. **Sistemas construtivos de pontes e viadutos com ênfase em lançamento de vigas com treliças lançadeiras**. São Paulo: Universidade Anhebi-Morumbi, 2006. Disponível em: <http://engenharia.anhembibr.com.br/tcc-06/civil-51.pdf>. Acesso em: 2 abr. 2023.

JACUNDÁ. **Tomada de preços N° 002/2022-001-PMJ**. 2022. Disponível em: <https://jacunda.pa.gov.br/tomada-de-precos-no-2-2022-001-pmj/>. Acesso em: 23 ago. 2023.

LOPES, Rafael Azevedo Cançado. **Estimativa de custo para o pré-projeto de pontes rodoviárias mistas de aço e concreto**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2017. Disponível em: https://www.repositorio.ufop.br/bitstream/123456789/10165/1/DISSERTA%C3%87%C3%83O_EstimativaCustoPR%C3%A9.pdf. Acesso em: 17 ago. 2022.

MARCHETTI, Osvaldemar. **Pontes de concreto armado**. São Paulo: Edgard Blucher, 2008.



MATO GROSSO. **Concorrência pública n. 07-2017**. 2017. Disponível em:
https://www.sinfra.mt.gov.br/concorrenca-publica-n.-07-2017/-/document_library/cskSLr1UOKp4/view_file/9489262. Acesso em: 29 fev. 2024.

MATO GROSSO. Secretaria de Estado de Infraestrutura e Logística. **Concorrência Pública Eletrônica no 16/2023 (Comissão Permanente de Licitação - CPL)**. 2023. Disponível em:
<https://www.sinfra.mt.gov.br/-/22446975-31>. Acesso em: 21 ago. 2023.

MENDES, Luiz Carlos. **Pontes**. Editora da Universidade Federal Fluminense (EDUFF). 2ª ed. Rio de Janeiro, 2017.

PEREIRA, Larissa Furlanetto. **Software on-line para estimativa de custos e insumos de edificações**: introdução e estrutura de concreto armado. 2020. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo, Votuporanga, 2020. Disponível em:
https://pergamumweb.com.br/pergamumweb_ifsp/vinculos/000063/000063c2.pdf. Acesso em: 11 mar. 2024.

PFEIL, Walter. **Pontes em concreto armado**. Rio de Janeiro, 1979.

VITÓRIO, Afonso. **Pontes rodoviárias**: fundamentos, conservação e gestão. Recife, CREA-PE, 2002. Disponível em:
http://vitorioemelo.com.br/publicacoes/Pontes_Rodoviaras_Fundamentos_Conservacao_Gestao.pdf. Acesso em: 15 jun. 2016.