



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO
CENTRO DE CIÊNCIAS DE BALSAS
COORDENAÇÃO DO CURSO DE ENGENHARIA CIVIL**

JOSÉ WILSON LEAL JUNIOR

**AVALIAÇÃO ECONÔMICA DA SUBSTITUIÇÃO DE PONTES
DE MADEIRA POR PONTES MISTAS DE CONCRETO
ARMADO E AÇO NA ZONA RURAL DE BALSAS-MA**

**BALSAS-MA
2024**

José Wilson Leal Junior

Avaliação econômica da substituição de pontes de madeira por pontes mistas de concreto armado e aço na zona rural de Balsas-MA

Trabalho de Conclusão de Curso na modalidade Artigo Científico, submetido à Coordenação de Engenharia Civil da Universidade Federal do Maranhão como parte dos requisitos necessários para obtenção do Título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Me. Leandro Gomes Domingos

Balsas-MA
2024

Ficha gerada por meio do SIGAA/Biblioteca com dados fornecidos pelo(a) autor(a).
Diretoria Integrada de Bibliotecas/UFMA

Leal Junior, José Wilson.

AVALIAÇÃO ECONÔMICA DA SUBSTITUIÇÃO DE PONTES DE MADEIRA POR PONTES MISTAS DE CONCRETO ARMADO E AÇO NA ZONA RURAL DE BALSAS-MA / José Wilson Leal Junior. - 2024.
20 p.

Orientador(a): Leandro Gomes Domingos.

Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Maranhão, Balsas, 2024.

1. Análise econômica. 2. Ponte de madeira. 3. Ponte mista de aço e concreto armado. I. Domingos, Leandro Gomes. II. Título.

José Wilson Leal Junior

Avaliação econômica da substituição de pontes de madeira por pontes mistas de concreto armado e aço na zona rural de Balsas-MA

Trabalho de conclusão de curso na modalidade Artigo Científico, submetido à Coordenação de Engenharia Civil da Universidade Federal do Maranhão como parte dos requisitos necessários para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Aprovado em: 05 janeiro de 2024.

Prof. Me. Leandro Gomes Domingos – Orientador

Prof(a). Dr(a). Carla Caroline Alves Carvalho – Examinadora Interna

Prof. Esp. Willame Braga Lima – Examinador Interno

Balsas-MA

2024



Avaliação econômica da substituição de pontes de madeira por pontes mistas de concreto armado e aço na zona rural de Balsas-MA

Economic evaluation of the wooden bridges replacement for steel-reinforced concrete composite bridges in the Balsas-MA rural zones

Evaluación económica de la sustitución de puentes de madera por puentes de hormigón armado y acero en la zona rural de Balsas-MA

DOI: 10.55905/revconv.17n.2-089

Originals received: 01/04/2024

Acceptance for publication: 01/23/2024

José Wilson Leal Junior

Graduando em Engenharia Civil

Instituição: Universidade Federal do Maranhão

Endereço: Balsas – Maranhão, Brasil

E-mail: leal.jose@discente.ufma.br

Leandro Gomes Domingos

Mestre em Engenharia Sanitária pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN)

Instituição: Universidade Federal do Maranhão

Endereço: Balsas – Maranhão, Brasil

E-mail: leandro.gd@ufma.br

RESUMO

Um rio é um obstáculo natural na passagem entre dois pontos. Uma forma para transpor esse obstáculo é através da construção de uma ponte que pode ser de rocha, madeira, aço, concreto ou uma associação desses materiais. Em Balsas, cidade do interior do Maranhão, é comum a utilização de pontes de madeira para interligar as comunidades rurais entre si e entre a zona urbana do município. Todavia, o tráfego de veículos pesados tem levado ao colapso dessas pontes, causando isolamento e transtornos a essas comunidades. O objetivo deste estudo foi avaliar economicamente a substituição de três pontes de madeira por pontes mistas de aço e concreto armado localizadas em Balsas, pois as estruturas mistas resistem mais as cargas aplicadas quando comparadas as pontes de madeira construídas na região. Para tanto, foram feitos e comparados o orçamento da substituição da ponte de madeira pela construção da ponte mista. Os resultados indicaram que as pontes mistas possuem maior custo, mas, ao se analisar economicamente a proposição, através do valor presente líquido, taxa de lucratividade, *payback* descontado e custo-benefício, verificou-se que a proposição é economicamente viável quando a vida útil da ponte de madeira é de apenas um ano. Com isso, conclui-se que a substituição da ponte de madeira por ponte mista de aço e concreto armado se faz necessário nas pontes com maiores casos de ruína. Contudo, se for levado em consideração os transtornos causados pelo isolamento em função do colapso da ponte de madeira, a substituição da ponte de madeira por pontes mistas se faz necessário.



Palavras-chave: ponte de madeira, ponte mista de aço e concreto armado, análise econômica.

ABSTRACT

A river is a natural obstacle in the passage between two points. One way to overcome this obstacle is building a bridge that can be made of rock, wood, steel, concrete, or a combination of these materials. In Balsas, Maranhão's country town, it is common to use wooden bridges to connect rural communities to each other and to the city's downtown. However, heavy vehicle traffic has led to the collapse of these bridges, causing isolation and disruption to these communities. The study purpose was to economic evaluation of the wooden bridges replacement for steel-reinforced concrete composite bridges in Balsas, as composite structures are more resistant to applied loads when compared to wooden bridges built in the region. Therefore, replacing budgets for wooden bridge were made and compared with composite bridges construction. The results indicated that composite bridges have a higher cost, but, when analyzing the proposition economically, through net present value, internal rate of return, discounted payback, and cost-benefit, it was found that the proposition is economically viable when the wooden bridge service life lasts for one year. Therefore, it can be concluded that replacing the wooden bridge with a composite bridge is necessary for bridges with a higher collapse incidence. Nevertheless, if the problems caused by isolation due to the collapse of the wooden bridge are considered, replacing the wooden bridge with composite bridges is necessary.

Keywords: wooden bridge, steel-reinforced concrete composite bridge, economic evaluation.

RESUMEN

Un río es un obstáculo natural en el paso entre dos puntos. Una forma de superar este obstáculo es construir un puente, que puede ser de roca, madera, acero, hormigón o una combinación de estos materiales. En Balsas, ciudad del interior de Maranhão, los puentes de madera se utilizan habitualmente para conectar las comunidades rurales entre sí y con la zona urbana del municipio. Sin embargo, el tráfico de vehículos pesados ha provocado el colapso de estos puentes, causando aislamiento y molestias a estas comunidades. El objetivo de este estudio fue evaluar económicamente la sustitución de tres puentes de madera por puentes mixtos de acero y hormigón armado ubicados en Balsas, ya que las estructuras mixtas son más resistentes a las cargas aplicadas en comparación con los puentes de madera construidos en la región. Para ello, se analizó y comparó el presupuesto de sustitución del puente de madera y de construcción del puente mixto. Los resultados mostraron que los puentes mixtos son más caros, pero cuando se analizó económicamente la propuesta utilizando el valor actual neto, la tasa de rentabilidad, la amortización descontada y el coste-beneficio, se comprobó que la propuesta es económicamente viable cuando la vida útil del puente de madera es de sólo un año. En consecuencia, se puede concluir que la sustitución del puente de madera por un puente mixto de acero y hormigón armado es necesaria para los puentes con mayor probabilidad de derrumbe. Sin embargo, si tenemos en cuenta la perturbación causada por el aislamiento debido al derrumbe del puente de madera, es necesario sustituir el puente de madera por puentes mixtos.

Palabras clave: puente de madera, puente mixto de acero y hormigón armado, análisis económico.



1 INTRODUÇÃO

A criação e o desenvolvimento das cidades brasileiras geralmente estão atrelados aos cursos d'água, pois foi através desses elementos que as cidades se desenvolveram, apesar de lhe “virar as costas”, conforme relata Assad (2013), quando o rio ou outro curso d'água se torna o principal meio de escoamento de esgoto. Por outro lado, um rio, por exemplo, pode se tornar um empecilho na expansão da cidade tendo em vista que é uma barreira natural. Sendo assim, é necessário a adoção de elementos que possam vencer essa barreira. Em muitos casos, adota-se a ponte.

Denomina-se ponte “a obra destinada a permitir a transposição de obstáculos à continuidade de uma via de comunicação qualquer” (Marchetti, 2008, p. 1). Portanto, a ponte tem a função de encurtar os caminhos e, segundo Cavalcante (2019), está intrinsecamente ligada ao nível de progresso das cidades, desempenhando um papel crucial em termos econômicos em uma ampla gama de cenários relacionados ao transporte de indivíduos e bens. Tendo em vista a sua importância, é necessário que seja feita com materiais que garantam a segurança no transporte de bens e pessoas.

Historicamente, as primeiras pontes surgiram de forma natural, com a queda de troncos de árvores sobre rios estreitos, possibilitando a passagem. Com o passar do tempo, essa ideia foi melhorada e novos materiais foram utilizados. Madeira e rocha foram os materiais usados na antiguidade até o surgimento de novos materiais na revolução industrial (Pinho; Bellei, 2007). Nesse período, pontes foram construídas de início de ferro fundido. De acordo com Pfeil e Pfeil (2008), a primeira ponte totalmente em ferro fundido foi construída em 1779. No século seguinte, o concreto foi sendo utilizado em vários tipos de estruturas, incluindo as pontes.

Tendo em vista a versatilidade do aço e do concreto, de acordo com Pinho e Bellei (2007), a partir da década de 1930 e com incrementos significativos após a Segunda Guerra Mundial, teve início a construção de pontes mistas de aço-concreto. Apesar da adoção desse modelo construtivo não ser novo, em estradas vicinais rurais a adoção de madeira em pontes é mais comum.

Embora pontes de madeira tenham custo de construção relativamente baixo, conforme observado por Mascia e Soriano (2004), elas podem ter uma durabilidade limitada e um desempenho estrutural inferior. Em virtude disso, especialmente considerando que frequentemente essas estruturas de madeira são construídas sem controle técnico adequado, a



avaliação da substituição do material utilizado nas pontes de estradas vicinais emerge como uma opção a ser considerada.

De acordo com Porfírio (2021), as estradas vicinais desempenham um papel fundamental na conexão entre áreas urbanas e rurais, facilitando o transporte e a comercialização das atividades produtivas e insumos essenciais para a agricultura. Além disso, servem como a principal via de acesso aos serviços de saúde, educação e lazer disponíveis nas áreas urbanas para os moradores das regiões mais remotas, contribuindo, assim, para o fortalecimento dos laços de desenvolvimento econômico e social, especialmente nas comunidades camponesas e entre os agricultores. Adicionalmente, em regiões onde existem cursos d'água ou outros obstáculos naturais, a construção de pontes torna-se essencial para evitar o isolamento dessas comunidades.

Balsas, localizada no sul do Maranhão, é o maior município do estado, possuindo mais de 13 mil km², dos quais boa parte faz parte da zona rural. Economicamente, o município possui intensa atividade agrícola, se destacando como sendo o maior produtor de grãos do estado (Perfil da Agropecuária..., 2021). Ainda, a região rural dispõe de córregos, rios e outros obstáculos, o que obriga a prática da construção de pontes para suprir a necessidade de trafegabilidade por essas regiões.

Infelizmente, devido ao alto tráfego, condições de construção e manutenção, muitas estradas e pontes da região do município estão em más condições. De acordo com Calil Júnior *et al.* (2006), a condição precária das estradas e pontes vicinais tende a desencorajar a permanência das pessoas nas comunidades rurais, uma vez que torna o trânsito difícil, proporciona desconforto e insegurança aos usuários, além de aumentar os custos de transporte para os produtores e os gastos de manutenção para as administrações municipais.

Em Balsas é comum o uso de pontes de madeira nos povoados rurais (Balsas, 2018), mas, assim como em muitos locais do Brasil (Calil Júnior *et al.*, 2006), essas estruturas são construídas por profissionais sem a devida preocupação técnica, resultando em estruturas onerosas, inseguras e com vida útil limitada, sendo então necessário reformas frequentes e até mesmo substituições, sobretudo no período chuvoso.

Tendo em vista essa situação e os problemas causados as comunidades que ficam isoladas quando uma ponte vem a colapsar, o presente trabalho tem como objetivo avaliar economicamente a substituição de pontes de madeira por pontes mistas de concreto armado e aço.



1.1 PONTES DE MADEIRA EM BALSAS – MA

Balsas tem condições naturais que exigem a construção de pontes para interligar o município e é comum nas comunidades rurais a utilização de pontes de madeira, conforme comentado. Analisando o Portal de Transparência do Município em relação aos processos de licitação¹, se encontra no sistema, quando se pesquisa pelo termo “ponte”, dez processos, dos quais seis são destinados para a construção e reforma de pontes. No processo de licitação de 2018 (Balsas, 2018), são indicadas 41 pontes cujas características resumidas estão indicadas na Tabela 1.

Tabela 1 – Características das pontes indicadas em Balsas (2018).

Variável	Distância do centro da cidade (km)	Comprimento (m)	Largura (m)	Pórticos	Longarinas	Transversinas	Pilares
Mínimo	0	4	4,2	2	6	2	4
Média	106,5	13,6	4,2	3,7	6,1	3,7	7,3
Máximo	342	75	5,0	12	8	12	24

Fonte: adaptado de Balsas (2018).

Boa parte das pontes estão distantes do centro de Balsas o que, de certa forma, pode ser um empecilho em situações de necessidade de manutenção ou até mesmo fiscalização para evitar que usem a estrutura de forma incorreta. A prefeitura alerta para o uso, limitando o peso permitido na passagem de algumas pontes (Figura 1A), mas é comum que caminhões pesados destruam a estrutura (Figura 1B). Quando o caminhão é mais curto que a ponte, necessitando ficar com toda carga em cima da ponte, o problema é maior. Caminhões longos, maiores que o comprimento da ponte, por exemplo, não aplicam toda a carga na estrutura.

¹ <https://transparencia.balsas.ma.gov.br/acessoInformacao/licitacao/tce/exibir>



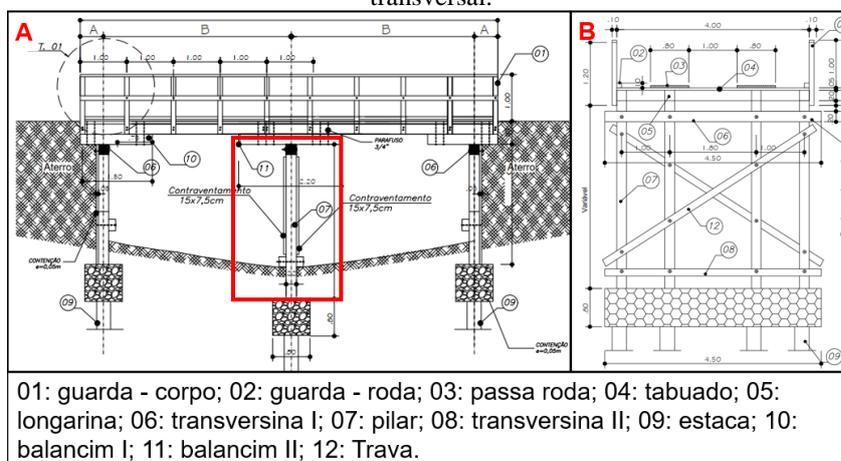
Figura 1 – À esquerda, uma placa limitando o peso máximo. À direita, colapso da ponte causado por um caminhão de três eixos.



Fonte: dos autores.

Em termos de dimensões, quase todas as pontes possuem largura de 4,2 m, limitando a passagem de um veículo por vez. O comprimento varia bastante, mas cerca de 75% possuem até 12 m de comprimento. A quantidade de pórticos, longarinas, transversinas e pilares varia em função do comprimento da ponte. Sobre cada um desses elementos, um projeto genérico para uma ponte de 8,0 m de madeira indica o que representa cada elemento (Figura 2A). Observa-se nesse projeto que não está sendo indicado o barrote que é o elemento que fica entre o passa roda (Figura 2B). A função do barrote é evitar que motos passem pela ponte fora do passa roda. Na Figura 2A, o retângulo em vermelho indica o pórtico.

Figura 2 – Detalhes dos elementos da ponte de madeira. À direita, seção longitudinal. À esquerda, seção transversal.



01: guarda - corpo; 02: guarda - roda; 03: passa roda; 04: tabuado; 05: longarina; 06: transversina I; 07: pilar; 08: transversina II; 09: estaca; 10: balancim I; 11: balancim II; 12: Trava.

Fonte: adaptado de Balsas (2018).



1.2 PONTE MISTA MODELO

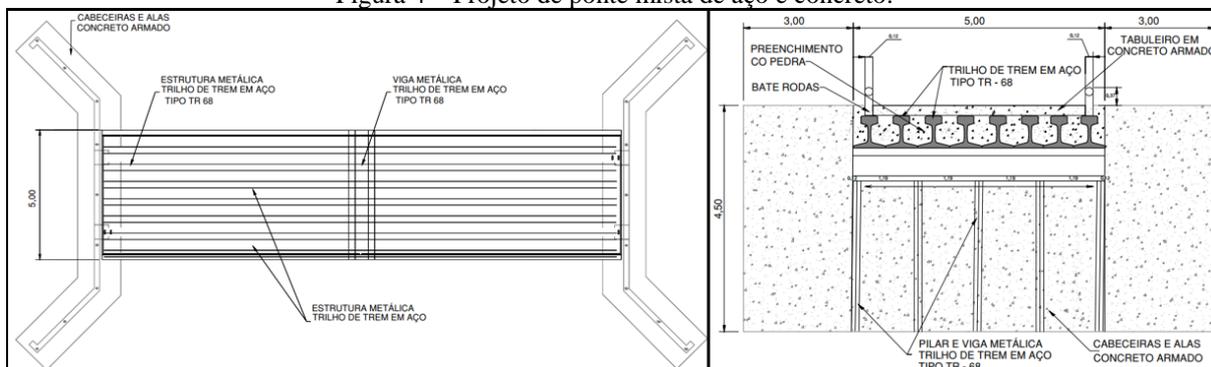
Uma construtora, ao ver a problemática de rompimento das pontes de madeira, propôs a prefeitura de Balsas, sem custo algum, uma ponte modelo mista de aço e concreto armado (Figura 3). Não foi possível ter acesso ao projeto dessa ponte, mas, recentemente, a prefeitura lançou um edital (Balsas, 2023a) de construção de pontes mistas de aço e concreto que foi baseado nessa ponte modelo. De acordo com Balsas (2023b), a ponte é composta por cabeceira construída em concreto armado e o tabuleiro é formado por concreto armado e trilhos de trem (Figura 4). A mesma seção transversal do trilho de trem também é utilizada como pilar e viga para pontes acima de seis metros de comprimento.

Figura 3 – Ponte modelo.



Fonte: dos autores.

Figura 4 – Projeto de ponte mista de aço e concreto.



Fonte: adaptado de Balsas (2023b).

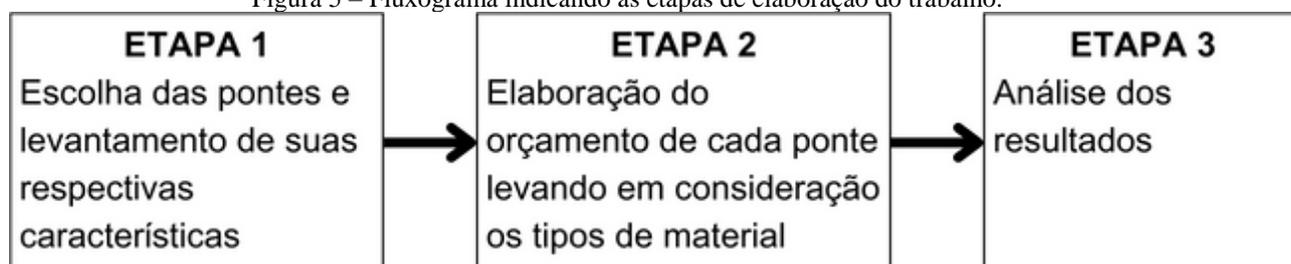


2 METODOLOGIA

A natureza desta pesquisa se classifica como sendo quantitativa, tendo em vista que lida com fatos e suas conclusões partem de critérios matemáticos. Em relação ao tipo de pesquisa conforme o procedimento de coleta, classifica-se como sendo estudo de caso, pois os procedimentos adotados neste estudo voltam-se “para um caso específico com o objetivo de conhecer suas causas de modo abrangente e completo” (Menezes *et al.*, 2019, p. 44).

De forma prática, o estudo foi elaborado com base no fluxograma indicado na Figura 5. A seguir, são descritas as ações desenvolvidas em cada etapa.

Figura 5 – Fluxograma indicando as etapas de elaboração do trabalho.



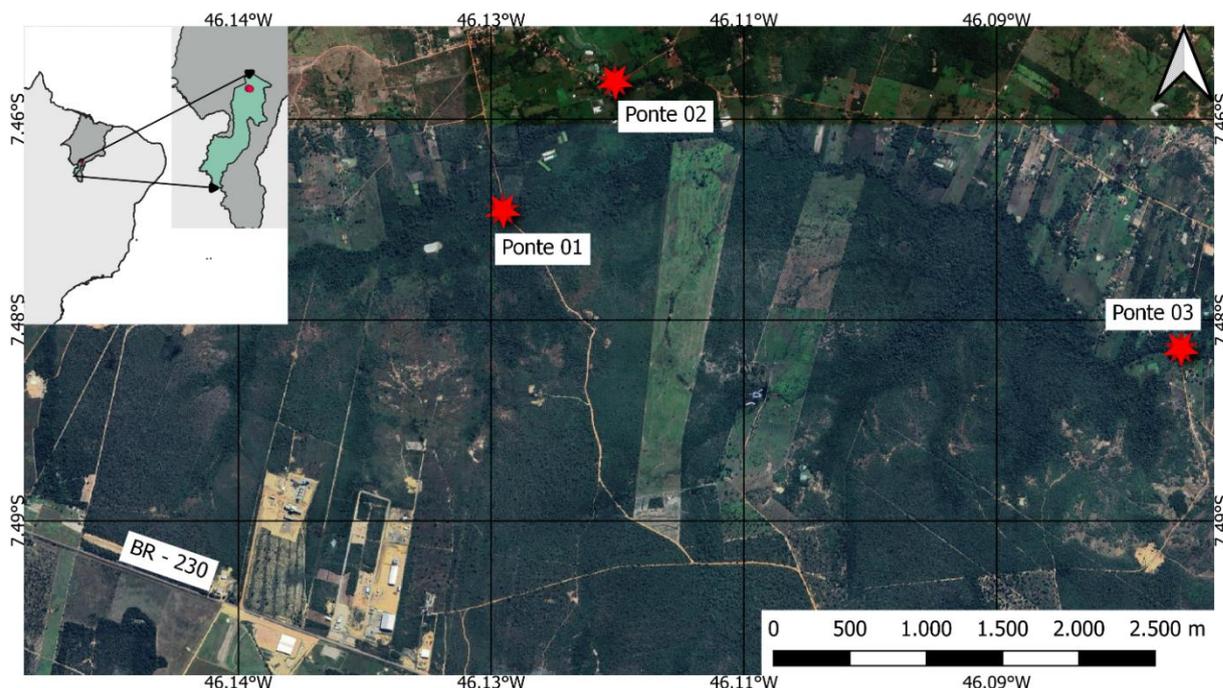
Fonte: Fonte: dos autores.

Etapa 1

Dentre as várias pontes listadas em Balsas (2018), escolheram-se três (Figura 6) que dão acesso à dois povoados da zona rural do município: duas pontes (Ponte 01 e Ponte 02) situadas no povoado Angelim, que fica distante 21 km do centro da cidade, e uma ponte (Ponte 03) localizada no povoado Jenipapo, situado à 10 km do centro da cidade. Optou-se por essas pontes por terem sido reformadas recentemente, estarem em uma mesma rota e por terem fluxo diário de veículos considerável.



Figura 6 – Pontes do estudo.



Fonte: adaptado de Google Earth (2023) e IBGE (2022).

As características de cada ponte foram levantadas no dia 15 de agosto de 2023. Na ocasião foram realizadas medições das pontes com auxílio de uma trena de fibra de 15 m; foi feito o levantamento das partes constituintes (pilar, balancim, passa roda etc.), levando em consideração a quantidade de madeira utilizada e suas respectivas dimensões. Ainda, realizou-se inspeções visuais para verificar possíveis danos como, por exemplo, rachaduras, e foram feitos registros fotográficos.

Etapa 2

De posse da quantidade da madeira, bem como das suas dimensões, foram feitos os orçamentos das pontes com o auxílio do software OrçaFascio. Esse software, segundo o manual do usuário (OrçaFascio, 2019), possui um banco de dados com mais de 70 mil composições, além de estar atrelado ao Sistema Nacional de Pesquisas de Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI) e contar com base de composições analíticas estaduais. O programa, que é pago, é acessado e usado via web, conta com um módulo de Orçamento que é capaz de:

1. Montar planilha orçamentária;
2. Montar cronogramas físicos e financeiros;



3. Realizar descontos no orçamento para se montar uma proposta em caso de licitação;
4. Emissão de relatórios sintéticos, analíticos e curva ABC.

As composições utilizadas no orçamento das pontes de madeira foram as mesmas indicadas na licitação de Balsas (2021). Por exemplo, o item do código 04006, “madeira serrada em pinus, mista ou equivalente da região – bruta”, foi retirado do banco de dados do SINAPI do mês de maio de 2021. Sendo assim, foi utilizado o mesmo código para o orçamento neste trabalho. A composição do Sistema de Orçamentos de Obras de Sergipe (ORSE) do mês de abril de 2021 também foi utilizado. Outra observação importante nesse orçamento é que o item Pilar de madeira 20 x 20 cm faz referência aos itens pilar, longarina, transversina e balancim. Por mais que esses itens tenham dimensões diferentes, somam-se seus volumes. Essa medida é utilizada para os elementos tabuado, passa roda, travas, barrote e guarda-roda que são contabilizados no item madeira serrada em pinus, mista ou equivalente da região – bruta. Ressalta-se que o orçamento foi para a substituição da ponte de madeira existente e não a construção de uma nova ponte. Por fim, utilizou-se a Bonificação e Despesas Indiretas (BDI) de 24,03%, que foi indicando em Balsas (2021).

Em relação ao orçamento das pontes mistas de aço e concreto armado, foram feitos com base em observações dos materiais e das atividades que foram realizadas na construção da ponte. Acompanhou-se o serviço e verificou-se o que era utilizado. Com isso, itens do banco de dados do software foram escolhidos com base no que foi realizado na prática. Para se manter o padrão em termos de preço, foram utilizadas as composições do SINAPI do mesmo período do orçamento da ponte de madeira e, complementando, utilizou-se o banco de composições do Sistema de Custos Referenciais de Obras (SICRO) do mês de abril de 2021. Quando não foi possível utilizar uma composição do banco de dados do software, uma nova composição foi criada com base nos serviços e materiais que foram utilizados. O BDI utilizado foi o mesmo indicado em Balsas (2021).

Etapa 3

A última etapa consistiu em analisar todos os dados obtidos, montar tabelas e gráfico para análise. Para tanto, utilizou-se planilhas eletrônicas na manipulação dos dados. Esta etapa também consistiu em comparar os resultados com outros processos de licitação de construção e



reforma de pontes de madeira. Os processos de licitação foram obtidos dos portais da transparência das prefeituras quando os documentos estavam disponibilizados, pois, em muitos casos, encontrou-se a indicação do processo licitatório, mas os documentos não estavam mais acessíveis, geralmente processos de 2019 para trás.

Por fim, foi feito a viabilidade econômica do projeto, através de métodos de análise de investimento e, em seguida, avaliação do custo-benefício. De início, se analisou a Valor Presente Líquido (VPL), a Taxa Interna de Retorno (TIR) e o *Payback* Descontado. Os índices utilizados levaram em consideração que a ponte de madeira tem uma vida útil de um ano e a ponte mista tem vida útil de cinco anos. Sendo assim, no ano zero considerou-se como investimento o valor a mais necessário para a construção da ponte mista e, nos anos seguintes, o custo da ponte de madeira como sendo o valor ganho tendo em vista que a ponte mista evitaria a reforma da ponte de madeira. Esses modelos utilizam uma Taxa Mínima de Atratividade (TMA) que, para este estudo, adotou-se a taxa Selic atual de 13,75%. O Sistema Especial de Liquidação e de Custódia (Selic)² é a taxa básica de juros da economia que serve para influenciar outras taxas de juros no país e é utilizada pelo Banco Central para controlar a inflação do país.

Na análise de custo-benefício, considerou-se como custo a construção da ponte mista e os benefícios a economia gerada em função de não precisar dar manutenção a ponte de madeira a cada ano. Nesse modelo também se utilizou a vida útil da ponte mista de cinco anos, a necessidade de manutenção anual da ponte de madeira e a taxa Selic de 13,75%. Considerou-se que a ponte mista não necessita de manutenção anual. Utilizou-se a Equação 1 para se obter o benefício durante o período analisando. Essa equação, basicamente, ajusta o valor do custo da construção da ponte mista para ser subtraído do custo anual de reforma da ponte de madeira. Se esse cálculo for positivo, a substituição da ponte é viável economicamente.

$$A = P \left[\frac{(1+i)^n - 1}{i(1+i)^n} \right] \quad [1]$$

Onde:

² <https://www.bcb.gov.br/controleinflacao/taxaselic>



P: valor presente;

A: aplicação;

n : período analisado, neste caso anual e igual a cinco;

i : taxa de juros, adotou-se a taxa Selic de 13,75%.

3 RESULTADOS

3.1 QUANTITATIVO DAS PONTES DE MADEIRA

Todas as pontes estudadas possuem 4,0 m de largura que é o suficiente para a passagem de um veículo por vez. Em relação ao comprimento, a Ponte 01 (Figura 7) é a maior, com 12,0 m, seguido da Ponte 02 (Figura 8) e Ponte 03 (Figura 9), com 8,0 e 9,0 m, respectivamente. No dia da visita, percebeu-se que o passa roda da Ponte 1 encontra-se danificado e, assim como as demais pontes, nem todos os elementos indicados em projeto (Figura 2) se encontram na ponte como, por exemplo, o guarda-corpo. De uma maneira geral, percebe-se que em todas as pontes a madeira dos elementos constituintes foi utilizada de outra ponte. A explicação disso é que geralmente utilizam componentes da ponte anterior danificada na construção da nova ponte, ou seja, há uma reutilização de peças quando é necessário construir uma nova ponte.

Figura 7 – Ponte 01.



Fonte: dos autores.



Figura 8 – Ponte 02.



Fonte: dos autores.

Figura 9 – Ponte 03.



Fonte: dos autores.

O levantamento quantitativo dos elementos das pontes de madeira (Tabela 2) indicou que a Ponte 2 e a Ponte 3 possuem a mesma quantidade de elementos, diferindo apenas em uma dimensão no elemento passa roda, guarda-rodas e tabuado. Esses mesmos três elementos diferem em relação à Ponte 1 em uma das dimensões. No cálculo de volume de balancim, longarina, pilar e transversina, volume esse utilizado no orçamento, se obteve 7,32 m³ para a Ponte 1 e 4,62 m³ para as outras pontes. Em relação à madeira restante, para a Ponte 1 se obteve 4,45 m³, 3,50 m³ para a Ponte 2 e 3,09 m³ para a Ponte 3.



Tabela 2 – Quantidades e dimensões dos elementos das pontes de madeira.

Elemento	Ponte 01 - Angelim		Ponte 02 - Angelim		Ponte 03 - Jenipapo	
	Quant.	Dimensões	Quant.	Dimensões	Quant.	Dimensões
Balancim	18	20cmx20cmx2,0m	6	20cmx20cmx2,0m	6	20cmx20cmx2,0m
Longarina	18	20cmx20cmx4,5m	12	20cmx20cmx45cm	12	20cmx20cmx45cm
Pilar	12	20cmx20cmx4,0m	9	20cmx20cmx4,0m	9	20cmx20cmx4,0m
Transversina	4	20cmx20cmx4,5m	3	20cmx20cmx4,5m	3	20cmx20cmx4,5m
Barrote	10	10cmx6cmx1,0m	7	10cmx6cmx1,0m	7	6cmx10cmx1,0m
Guarda-roda	2	10cmx6cmx12,0m	2	10cmx10cmx9,0m	2	6cmx10cmx8,0m
Passa Roda	2	70cmx6cmx12,0m	2	70cmx6cmx9,0m	2	70cmx6cmx8,0m
Tabuado	1	12mx4mx6cm	1	9mx4mx6cm	1	8mx4mx6cm
Travas	6	6cmx20cmx5,0m	6	6cmx20cmx5,0m	6	6cmx20cmx5,0m
Total	73	-	48	-	48	-

Fonte: dos autores.

3.2 ORÇAMENTO DAS PONTES DE MADEIRA

Para as três pontes, observou-se a necessidade dos três itens principais: serviços preliminares, recuperação e mão de obra, e limpeza final da obra (Tabela 3). O primeiro e o último item têm o mesmo quantitativo para as três pontes, diferindo apenas no item dois que é proporcional ao tamanho da ponte. Portanto, a Ponte 1 tem o maior quantitativo de materiais e serviços quando comparado as outras pontes. Ressalta-se que nesse orçamento, bem como no indicado em Balsas (2021), não está incluso o item referente as fundações das pontes, apesar de indicação desse elemento no projeto (Figura 2), e aqui considera-se a reforma da ponte e não a construção de um novo elemento.

Tabela 3 – Código, banco de orçamento, elementos, unidades e quantidades das três pontes de madeira.

Item	Código	Banco	Descrição	Und.	Quant. P1	Quant. P2	Quant. P3
1			SERVIÇOS PRELIMINARES				
1.1	98525	SINAPI	Limpeza mecanizada de camada vegetal, vegetação e pequenas árvores (diâmetro de tronco menor que 0,20 m), com trator de esteiras.	m ²	48,00	48,00	48,00
1.2	93358	SINAPI	Escavação manual de vala com profundidade menor ou igual a 1,30 m.	m ³	96,00	96,00	96,00
2			RECUPERAÇÃO E MÃO DE OBRA				
2.1	88262	SINAPI	Carpinteiro de formas com encargos complementares	hora	320,00	240,00	214,00
2.2	88239	SINAPI	Ajudante de carpinteiro com encargos complementares	hora	320,00	240,00	214,00
2.3	4006	SINAPI	Madeira serrada em pinus, mista ou equivalente da região - bruta	m ³	4,45	3,50	3,09
2.4	2691	ORSE	Pilar de madeira 20 x 20cm (pau d'arco) pilar de madeira 20 x 20cm (pau d'arco).	m ³	7,32	4,62	4,62
2.5	9783	ORSE	Barra roscada zincada ø 3/8"	m	400,00	300,00	267,00
2.6	13348	SINAPI	Arruela em aço galvanizado, diâmetro externo de 35mm, espessura de 3mm, diâmetro do furo de 18mm	Uni.	200,00	150,00	134,00



2.7	4342	SINAPI	Porca zincada, sextavada, diâmetro 3/8"	Uni.	200,00	150,00	134,00
2.8	5070	SINAPI	Prego de aço polido com cabeça 17 x 30 (2 3/4 x 11)	kg	15,00	12,00	10,00
3 LIMPEZA FINAL DE OBRA							
3.1	9537	SINAPI	Limpeza final da obra	m ²	60,00	60,00	60,00

Fonte: dos autores.

Analisando agora o custo de cada ponte (Tabela 4), percebe-se que os itens mais onerosos são os dos materiais que constituem a ponte de madeira, no caso os itens 2.3 e 2.4. Esse resultado é esperando tanto no serviço de reforma, conforme observado nos processos licitatórios de Balsas (2021), Lago de Pedra (2022), Alto Parnaíba (2022), Feira Nova do Maranhão (2023) e Barreirinhas (2023), quanto no serviço de construção de ponte de madeira, de acordo com os processos licitatórios de Sambaíba (2021), Barra do Corda (2022) e Chapadinha (2022). Na construção de pontes se incluem geralmente o item de fundações.

Em relação aos custos (Tabela 4), a Ponte 1, por ser maior, é a mais cara e as outras pontes possuem custos parecidos por terem dimensões e características similares. Percentualmente, levando em consideração a ponte de menor custo, a Ponte 2 é 3,33% mais cara e a Ponte 1 é 49,48% mais cara. Em termos comparativos de custos com outras pontes de madeira de processos licitatórios de outros municípios do Maranhão, fica difícil de ser traçar um paralelo, pois cada ponte, sendo reformada ou construída, possui características próprias locais, exigindo itens não considerados no orçamento proposto, por exemplo. Além disso, as licitações foram lançadas em tempos distintos, com tabelas de preços de épocas diferentes.

Tabela 4 – Custo por item e total para cada ponte de madeira. Valores em reais.

Item	Valor Unit com BDI	Total Ponte P1	Total Ponte P2	Total Ponte P3
1		6897,12	6897,12	6897,12
1.1	0,33	15,84	15,84	15,84
1.2	71,68	6881,28	6881,28	6881,28
2		94051,88	62832,77	60578,42
2.1	24,27	7766,40	5824,80	5193,78
2.2	19,81	6339,20	4754,40	4239,34
2.3	2041,44	9084,41	7145,04	6308,05
2.4	9257,66	67766,07	42770,39	42770,39
2.5	6,24	2496,00	1872,00	1666,08
2.6	1,23	246,00	184,50	164,82
2.7	0,14	28,00	21,00	18,76
2.8	21,72	325,80	260,64	217,20
3		169,80	169,80	169,80
3.1	2,83	169,80	169,80	169,80
		R\$101.118,80	R\$69.899,69	R\$67.645,34

Fonte: dos autores.



3.3 ORÇAMENTO DAS PONTES MISTAS

Para o orçamento desse tipo de ponte (Tabela 5), verificou-se a necessidade três elementos principais: serviços preliminares, infraestrutura e superestrutura. Os quantitativos dos serviços preliminares, infraestrutura e o subitem superestrutura das alas para as três pontes ficaram iguais, pois eles não dependem do comprimento da ponte. No subitem 3.1.1 foi necessário fazer uma composição própria porque não foi possível encontrar tal serviço no banco de dados do software utilizado. Essa composição é composta por soldador, ajudante, máquina de solda e a matéria prima formada pelo trilho, que é fornecido por um vendedor local.

Tabela 5 – Código, banco de orçamento, elementos, unidades e quantidades das três pontes mistas.

Item	Código	Banco	Descrição	Und.	Quant. P1	Quant. P2	Quant. P3
1			SERVIÇOS PRELIMINARES				
1.1	99059	SINAPI	Locação convencional de obra, utilizando gabarito de tábuas corridas pontaletadas a cada 2,00m - 2 utilizações.	M	40,00	46,00	30,00
2			INFRAESTRUTURA				
2.1			FUNDAÇÃO DA PONTE				
2.1.1	2306113	SICRO3	Estaca trilho TR 68 - fornecimento e cravação	M	84,00	84,00	84,00
2.2			FUNDAÇÃO DAS ALAS				
2.2.1	102312	SINAPI	Escavação mecanizada de vala com prof. de 3,0 m até 4,5 m (média montante e jusante/uma composição por trecho), escavadeira (1,2 m ³), larg. de 1,5 m a 2,5 m, em solo de 2a categoria, em locais com alto nível de interferência.	m ³	48,00	48,00	48,00
2.2.2	100897	SINAPI	Estaca escavada mecanicamente, sem fluido estabilizante, com 40cm de diâmetro, concreto lançado por caminhão betoneira (exclusive mobilização e desmobilização).	M	24,00	24,00	24,00
3			SUPERESTRUTURA				
3.1			SUPERESTRUTURA DA PONTE				
3.1.1	CPU 00004	Próprio	Barra de trilhos TR-68, soldados por caldeamento usados na confecção de transversinas e/ou longarinas de pontes mistas.	M	216,00	165,00	148,00
3.1.2	92771	SINAPI	Armação de laje de estrutura convencional de concreto armado utilizando aço CA-50 de 10,0 mm - montagem.	Kg	785,68	589,26	527,04
3.1.3	92482	SINAPI	Montagem e desmontagem de fôrma de laje maciça, pé-direito simples, em madeira serrada, 1 utilização.	m ²	48,00	36,00	32,00
3.1.4	103675	SINAPI	Concretagem de vigas e lajes, Fck=25 MPa, para lajes maciças ou nervuradas com uso de bomba - lançamento, adensamento e acabamento.	m ³	6,72	5,04	4,48



3.2		SUPERESTRUTURA DAS ALAS					
3.2.1	92482	SINAPI	Montagem e desmontagem de fôrma de laje maciça, pé-direito simples, em madeira serrada, uma utilização.	m ²	96,00	96,00	96,00
3.2.2	102730	SINAPI	Armação de muro ala e muro testa utilizando aço CA-50 de 10 mm - montagem.	Kg	785,68	785,68	785,68
3.2.3	96557	SINAPI	Concretagem de blocos de coroamento e vigas baldrames, Fck 30 MPa, com uso de bomba, lançamento, adensamento e acabamento.	m ³	14,40	14,40	14,40

Fonte: dos autores.

Em relação aos custos (Tabela 6), a Ponte 1, por ser maior, tem o maior custo e as outras pontes têm custos próximos. Fazendo o mesmo paralelo com as pontes de madeira em que se levou consideração o custo com base na ponte mais barata, a Ponte 2 é 7,37% mais cara e a Ponte 1 é 27,9% mais cara, não seguindo as percentagens encontradas para as pontes de madeira. O que se justifica essa diferença é os quantitativos da Ponte 1 mista não serem tão elevados a ponto de aumentar custo da obra de arte.

Tabela 6 – Custo por item e total para cada ponte mista. Valores em reais.

Item	Valor			
	Unit. com	Total Ponte P1	Total Ponte P2	Total Ponte P3
BDI				
1		2239,60	2575,54	1679,70
1.1	55,99	2239,60	2575,54	1679,70
2		29528,04	29528,04	29528,04
2.1		26287,80	26287,80	26287,80
2.1.1	312,95	26287,80	26287,80	26287,80
2.2		3240,24	3240,24	3240,24
2.2.1	9,89	474,72	474,72	474,72
2.2.2	115,23	2765,52	2765,52	2765,52
3		238149,59	194367,37	179828,64
3.1		183476,91	139694,69	125155,96
3.1.1	695,67	150264,72	114785,55	102959,16
3.1.2	17,01	13364,42	10023,31	8964,95
3.1.3	332,69	15969,12	11976,84	10646,08
3.1.4	577,18	3878,65	2908,99	2585,77
3.2		54672,68	54672,68	54672,68
3.2.1	332,69	31938,24	31938,24	31938,24
3.2.2	17,93	14087,24	14087,24	14087,24
3.2.3	600,50	8647,20	8647,20	8647,20
		R\$269.917,23	R\$226.470,95	R\$211.036,38

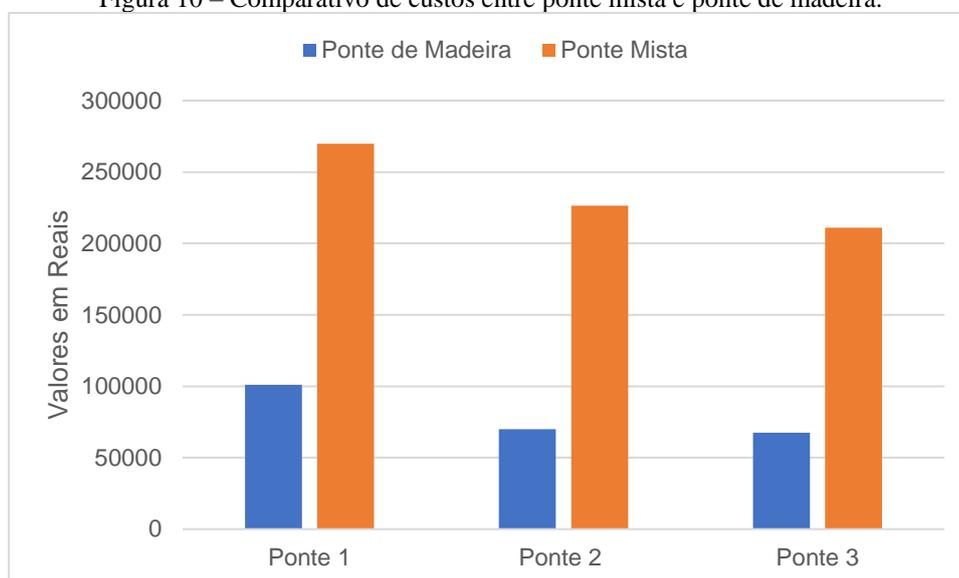
Fonte: dos autores.



3.4 COMPARATIVO ENTRE AS PONTES DE DIFERENTES MATERIAIS

Visivelmente, os custos das pontes mistas superam bastante os custos das pontes de madeira (Figura 10). Em termos percentuais, o valor para Ponte 1 mista é de 166,9% a mais do que a ponte de madeira. Seguindo a mesma lógica, a Ponte 2 mista é 234,0% e a Ponte 3 mista é 212,0% mais cara quando comparada com as pontes de madeira. Esses valores se explicam inicialmente porque se considerou a construção de nova estrutura para as pontes mistas, ao passo que a pontes de madeira se considerou a reforma.

Figura 10 – Comparativo de custos entre ponte mista e ponte de madeira.



Fonte: dos autores.

De início, a construção da ponte mista se torna onerosa para o poder público, mas é necessário analisar pelas técnicas de engenharia econômica. Inicialmente, avaliando as situações pelos métodos de análise de investimento (Tabela 7), a Ponte 1 é a que possui maior VPL e todas as pontes possui VPL positivo. De acordo com Bordeaux-Rêgo *et al.* (2013), o VPL positivo indica que o valor presente de todos os futuros fluxos de caixa será maior do que todo o capital investido, recuperando assim o capital, e o projeto gera um ganho de riqueza. As TIR de todas as alternativas apresentam valores maiores do que a taxa Selic, indicando que a troca da ponte de mista ser viável em comparação com a ponte de madeira. E, dentre as TIR, a Ponte 2 é a que se mais se aproxima do TMA, indicando ser a situação de maior risco. Por fim, o *payback* de maneira geral “avalia o tempo de recuperação do capital investido” (Nogueira, 2011, p. 72). Quando se adiciona o TMA, refina-se o método. Na análise feita, o tempo de recuperação do



capital investido de todas as pontes supera dois anos, mas é menor do que três anos. Com isso, o gestor pode indicar se esse valor fica dentro do esperado para o município.

Tabela 7 – Análise de investimento.

Parâmetros	Ponte 1	Ponte 2	Ponte 3
Valor Presente Líquido (VPL)	R\$ 147.007,50	R\$ 84.848,97	R\$ 90.243,09
Taxa Interna de Retorno (TIR)	24,0%	18%	21%
Payback Descontado (anos)	2,5	2,9	2,7

Fonte: dos autores.

Na análise de custo-benefício (Tabela 8), os resultados indicaram o real valor do investimento da ponte mista, mostrando que a diferença dos investimentos nas pontes mistas não é tão elevada quando se leva em consideração os benefícios da adoção desse tipo de estrutura. Quanto maior for os benefícios, maior é a diferença. No caso, a Ponte 1, maior entre as três, se destaca. Por outro lado, as pontes 2 e 3 possuem valores bem próximos aos custos da reforma das pontes de madeira, indicando que se pode analisar a não substituição em pontes menores.

Tabela 8 – Análise do Custo-Benefício.

Parâmetros	Ponte 1	Ponte 2	Ponte 3
P (R\$)	78.150,58	65.571,34	61.102,49
B - C (R\$)	22.968,22	4.328,34	6.542,85

Fonte: dos autores.

4 CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS

O rio é um empecilho natural na construção de uma estrada. Por isso, geralmente se adota a ponte como meio de ligar duas extremidades de forma mais curta. O material a ser utilizado para a construção dessa estrutura depende de vários fatores, podendo ser de madeira, aço, concreto ou uma junção desses elementos. Em zonas rurais dos municípios brasileiros, é comum a utilização de pontes de madeira para integrar comunidades interioranas a grandes centros, mas, em função do tipo de tráfego que passam nessas pontes, é necessário avaliar que tipo de estrutura se adequa mais.

Balsas, cidade do interior do Maranhão, possui extensão significativa, várias comunidades rurais e geografia com muitos rios e córregos perenes. Para favorecer a integração dessas comunidades, se adota pontes de madeira em suas estradas vicinais. Contudo, o tráfego de veículos pesados tem causado o colapso dessas estruturas, causando isolamento e transtornos a essas comunidades. Por causa disso, avaliou-se economicamente a substituição das pontes de



madeira por pontes mistas de aço e concreto tendo em vista que a estrutura mista é uma opção mais resistente quando comparada com a forma construtiva realizada nas pontes de madeira do município.

Foram realizados orçamentos de três pontes. Inicialmente, levantou-se os custos para a manutenção da ponte de madeira e, em seguida, os custos para a substituição dessa mesma ponte por uma ponte mista de aço e concreto armado. Os resultados indicaram um valor bem superior das pontes mistas o que, a princípio, indicaria a não adoção da proposição. Porém, foi realizado análise econômica para saber sua viabilidade levando em consideração a reforma da ponte de madeira realizada anualmente e vida útil da ponte mista de cinco anos. Com isso, chegou-se à conclusão de que a medida é viável economicamente para as três pontes, havendo retorno do investimento para menos de três anos e que os benefícios superam os custos. Apesar disso, são necessárias algumas ressalvas.

Os modelos adotados de análise econômica indicaram a viabilidade de substituição das pontes de madeira por pontes mistas em função da vida útil de cada tipo de ponte. Caso a realidade for de que a ponte de madeira tenha uma vida última maior de um ano, a viabilidade de substituição da ponte de madeira por ponte mista pode não ter um retorno tal como foi indicado neste estudo. Por outro lado, se o tempo de vida útil da ponte de madeira, que é influenciada diretamente pelo tráfego de caminhões pesados, for menor do que um ano, a substituição da estrutura se faz economicamente viável, isso sem citar a vida útil da ponte mista que pode ser maior do que a adotada. Acrescentando, os modelos utilizados não incluíram os transtornos causados pela interrupção do tráfego quando ocorre o colapso da ponte de madeira, o que poderia pesar para a sua substituição.

Os valores próximos entre custo e benefício obtidos nas pontes menores indicam a necessidade de avaliação da substituição da ponte de madeira por ponte mista. Na verdade, a prefeitura poderia avaliar quais pontes possuem maiores problemas de colapso causados por excesso de carga. Após isso, a substituição poderia ser realizada apenas nessas pontes tendo em vista o valor alto de investimento quando comparado as pontes de madeira.



REFERÊNCIAS

ALTO PARNAÍBA. **Tomada de preço n° 01/2022 – CPL, Edital.** Prefeitura municipal de Alto Parnaíba, 2022. Disponível em: <https://painel.sigantet.net.br/upload/0000000409/cms/publicacoes/28a1539974c548120834cb838c75b4bc.pdf>. Acesso em: 19 dez. 2023.

ASSAD, Leonor. Cidades nascem abraçadas a seus rios, mas lhes viram as costas no crescimento. **Ciência e Cultura**, São Paulo, v. 65, n. 2, p. 06-09, 2013. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.21800/S0009-67252013000200003>. Acesso em: 18 out. 2023.

BALSAS. Secretaria Municipal Permanente de Licitação e Contratos. **Edital de licitação**, pregão presencial SRP N° 27/2018, processo administrativo n° 15201/2018. 2018. Disponível em: <https://painel.sigantet.net.br/upload/0000000424/cms/publicacoes/6da06c21a6dcad0a9379d32c311610b5.pdf>. Acesso em: 18 out. 2023.

BALSAS. Secretaria Municipal Permanente de Licitação e Contratos. **Edital de licitação**, processo administrativo n° 23408/2021. 2021. Disponível em: <https://painel.sigantet.net.br/upload/0000000424/cms/publicacoes/d82c7ca2da8b1d0e77ad896b4c786a0f.pdf>. Acesso em: 20 out. 2023.

BALSAS. Secretaria Municipal Permanente de Licitação e Contratos. **Edital de licitação**, processo administrativo n° 56706/2023, concorrência pública n° 09/2023. Prefeitura municipal de Balsas, 2023a. Disponível em: <https://painel.sigantet.net.br/upload/0000000424/cms/publicacoes/1c11e488ea72f83aee9aaf30c0f8c627.pdf>. Acesso em: 13 dez. 2023.

BALSAS. **Projeto ponte mista concreto e aço (6,00 x 5,00 m).** Planta baixa, seção, detalhamento. Responsável técnico José Cássio Alves Lima. Prefeitura municipal de Balsas, 2023b. Disponível em: <https://painel.sigantet.net.br/upload/0000000424/cms/publicacoes/db4f68f773ee19cab58955b274b0ee77.pdf>. Acesso em: 18 dez. 2023.

BARRA DO CORDA. **Memorial descritivo & especificações técnicas.** Construção de uma ponte de madeira de lei localizada no povoado Baixão Fundo, no município de Barra do Corda – MA. Prefeitura do Municipal de Barra do Corda, 2022. Disponível em: <https://licitacoes.barradocorda.ma.gov.br/wp-content/uploads/2022/03/1.1-PROJETO.pdf>. Acesso em: 19 dez. 2023.

BARREIRINHAS. Coordenação central de licitações. **Concorrência n° 002/2023 – CCL/PMB.** Sistema de registro de preços – SRB. Processo administrativo n° 1.300/2023. Prefeitura municipal de Barreirinhas, 2023. Disponível em: https://www.barreirinhas.ma.gov.br/arquivos_download.php?pg=licitacao&id=210&subid=1272. Acesso em: 19 dez. 2023.



BORDEAUX-RÊGO, Ricardo; PAULO, Goret Pereira; SPRITZER, Ilda Maria de Paiva Almeida; ZOTES, Luis Pérez. **Viabilidade econômico-financeira de projetos**. 4. ed. Rio de Janeiro: Editora FGV, 2013.

CALIL JÚNIOR, Carlito; DIAS, Antonio Alves; GÓES, Jorge Luís Nunes de; CHEUNG, Andrés Batista; STAMATO, Guilherme Corrêa; PIGOZZO, Júlio Cezar; OKIMOTO, Fernando Sérgio; LOGSDON, Norman Barros; BRAZOLIN, Sérgio; LANA, Élcio Lacerda. **Manual de projeto e construção de pontes de madeira**. São Carlos: Suprema, 2006. 252p. Disponível: <https://www.usp.br/agen/wp-content/uploads/Manual-de-Pontes-de-Madeira.pdf>. Acesso: 19 out. 2023.

CAVALCANTE, Gustavo Henrique Ferreira. **Pontes em concreto armado: análise e dimensionamento**. São Paulo: Blucher, 2019.

CHAPADINHA. Secretaria Municipal de Infraestrutura. **Edital do regime diferencial de contratação eletrônico nº 019/2022**. Processo administrativo nº 1912/2023. Prefeitura Municipal de Chapadinha, 2022. Disponível em: <https://painel.sigant.net.br/upload/0000000457/cms/publicacoes/7c58d54c3ab73c93987fd94b1be26e96.pdf>. Acesso em: 19 set. 2023.

IBGE. **Malha municipal**. 2022. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/organizacao-do-territorio/malhas-territoriais/15774-malhas.html>. Acesso em: 18 out. 2023.

FEIRA NOVA DO MARANHÃO. **Edital de licitação – Sistema de Registro de Preços**. Processo administrativo nº 004/2023. Prefeitura Municipal de Feira Nova do Maranhão, 2023. Disponível em: <https://painel.sigant.net.br/upload/0000000470/cms/publicacoes/409ed69fc4cdd77701d70fdaa37a5f06.pdf>. Acesso em: 19 dez. 2023.

GOOGLE EARTH. **Imagens de Balsas obtidas pela extensão QuickMapService do software QGIS 3.18**. Acesso em: 19 out. 2023.

LAGO DE PEDRA. **Projeto básico: manutenção de pontes e bueiros no município de Lago de Pedra – MA**. Prefeitura de Lago de Pedra, 2022. Disponível em: https://www.lagodapedra.ma.gov.br/arquivos_download.php?pg=licitacao&id=313&subid=3267. Acesso em: 19 dez. 2023.

MARCHETTI, Osvaldemar. **Pontes de concreto armado**. 2. ed. São Paulo: Editora Blucher, 2018.

MENEZES, Afonso Henrique Novaes; DUARTE, Francisco Ricardo; CARVALHO, Luis Osete Ribeiro; SOUZA, Tito Eugênio Santos. **Metodologia científica: teoria e aplicação na educação a distância**. Petrolina: Fundação Universidade Federal do Vale do São Francisco. Disponível em: <https://portais.univasf.edu.br/dacc/noticias/livro-univasf/metodologia-cientifica-teoria-e-aplicacao-na-educacao-a-distancia.pdf>. Acesso em: 18 out. 2023.



PINHO, Fernando Ottoboni; BELLEI, Ildony Hélio. **Pontes e viadutos em vigas mistas**. Rio de Janeiro: IBS/CBCA, 2017.

PFEIL, Walter; PFEIL, Michèle. **Estruturas de aço**: dimensionamento prático de acordo com a NBR 8800:2008. 8. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2008.

MASCIA, N.T.; SORIANO, J. Benefits of timber-concrete composite action in rural bridges. **Material and Structures**, 37, 122–128, 2004. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/BF02486608>. Acesso em 18 out. 2023.

NOGUEIRA, Edemilson. **Introdução à engenharia econômica**. São Carlos: EdUFSCar, 2011.

ORÇAFASCIO. **Manual de utilização do OrçaFascio**. 2019. Disponível em: https://d335luupugsy2.cloudfront.net/cms/files/12419/1567167607MANUAL_ORAFASCIO-ORAMENTO_Mdulo_Oramento.pdf. Acesso em: 18 out. 2023.

Perfil da Agropecuária Maranhense 2020 – 2021. Secretaria de Estado da Agricultura, Pecuária e Pesca (SAGRIMA), 2021. Disponível em: <https://sigite.sagrima.ma.gov.br/wp-content/uploads/2022/04/PERFIL-DA-AGRICULTURA-2020-2021.pdf>. Acesso em: 18 out. 2023.

PORFÍRIO, Kade Richard Diniz. **Projeto de conservação de estradas vicinais** – estradas da Colidinha. Prefeitura de Nova Santa Helena, 2021. Disponível em: https://www.novasantahelena.mt.gov.br/Transparencia/fotos_licitacao/994.pdf. Acesso em: 18 out. 2023.

SAMBAÍBA. **Projeto básico**. Construção de duas pontes de madeira na zona rural no município de Sambaíba – MA. Prefeitura Municipal de Sambaíba, 2021. Disponível em: <https://painel.sigantet.net.br/upload/0000000573/cms/publicacoes/bfb355c04dedade7f9d269748df2cf41.pdf>. Acesso em: 19 dez. 2023.