

**AVALIAÇÃO DO GRAU DE RESISTÊNCIA DE DIFERENTES
ESTRUTURAS DE PONTES DE MASSA DE SÊMOLA NO ENSINO DE
ESTRUTURAS DE PONTES ESTAIADAS**

Ariston da Silva Melo Junior¹, Kleber Aristides Ribeiro², Luís Carlos Simei³, José Gustavo Oliveira Malta⁴, Prandy Lovo de Oliveira⁵, Abrão Chiaranda Merij⁶
^{1, 2, 3, 4, 5, 6} Faculdades Metropolitanas Unidas (FMU) – Escola de Engenharias

¹ Unicamp - FEAGRI

e-mails: ¹ ariston.junior@fmu.br / juniorariston@gmail.com

RESUMO — O presente trabalho analisa o comportamento estrutural de pontes feitas de macarrão, desenvolvido de forma didática para estudantes de engenharia das Faculdades Metropolitanas Unidas (FMU). O procedimento envolveu a confecção de 70 pontes, submetidas a ensaios de compressão e tração no laboratório do próprio campus da instituição. Observou-se que 90% dos modelos suportaram uma carga média de 12 kgf, sendo que o comprimento dos modelos que resistiram à carga na faixa linear variou de 100 a 110 cm. Ao analisar a variação da altura de cada modelo de ponte de macarrão e sua relação com a carga axial de tração/compressão, notou-se que a altura das pontes não exerceu influência significativa no aumento da resistência à carga. Quanto à altura média das pontes, 90% dos modelos suportaram uma carga média de 12 kgf. Esse resultado demonstrou que a ação da força de tração nas vigas superiores de macarrão não foi tão relevante quando comparada à compressão que a base dos modelos conseguia suportar.

Palavras-chave: tração, ponte e resistência.

**EVALUATION OF THE STRENGTH OF DIFFERENT SEMOLINA PASTA
BRIDGE STRUCTURES IN THE TEACHING OF CABLE-STAYED
BRIDGE STRUCTURES**

ABSTRACT — This study analyzes the structural behavior of pasta bridges, a project developed for educational purposes for engineering students at United Metropolitan Colleges (FMU). The procedure involved constructing 70 bridges and subjecting them to compression and tension tests at the institution's campus laboratory. It was observed that 90% of the models withstood an average load of 12 kgf, with the lengths of the models that resisted the load within the linear range varying from 100 to 110 cm. An analysis of the variation in height among the pasta bridge models and its relationship to

axial tensile/compressive loads revealed that bridge height did not significantly influence load-bearing capacity. Regarding the average bridge height, 90% of the models supported an average load of 12 kgf. This result demonstrated that the tensile forces acting on the upper pasta beams were not as significant as the compressive forces the base of the models could withstand.

Keywords: traction, bridge and resistivity.

1- INTRODUÇÃO

As primeiras pontes surgiram de forma natural, pela queda de troncos das árvores sobre os rios, criando a possibilidade de passagens à outra margem.

O homem aperfeiçoou os “incidentes” naturais e passou a criar outras pontes feitas de troncos, de pedras e pranchas associando-as a outros tantos recursos disponíveis na natureza, como cipós, cordas, pedras e travas feitas com pedaços de madeira, para que estas não fossem derrubadas facilmente.

Há indícios da construção das pontes em arco desde 4000 a.C., na Mesopotâmia e Egito e, mais tarde, na Pérsia e na Grécia (cerca de 500 a.C.). A estrutura mais antiga construída pelo homem e que chegou aos nossos dias foi a ponte de pedra, feita em arco, no Rio Meles, na região de Esmirna, na Turquia, construída no século IX a.C. (UFPR, 1999) (AHMADI, 1993).

A ponte Di Pietra, em Verona, Itália, cruza o Rio Ádige e foi concluída em 100 antes de Cristo. Destruída pelas tropas alemãs durante a segunda guerra, a ponte foi reconstruída em 1957 com materiais originais.

A partir de 1750, começa a era da produção industrial, das máquinas e da energia a vapor necessitaram na implantação de construções mais seguras de forma a garantir mais praticidade, rapidez e economia de tempo e dinheiro.

Após a Revolução Industrial, as pontes passaram a ganhar o destaque que até então cabia às suntuosas catedrais na arquitetura. Construir pontes para transpor vales e rios era essencial para fazer a economia acelerar e alavancar o progresso.

Modelos construídos em arco, utilizando o ferro, tornaram-se a ordem do dia a partir de 1779, quando foi construída a *Ironbridge* (ponte de ferro), em *Shropshire*, Inglaterra, eliminando a necessidade de utilizar balsas para cruzar o Rio Severn, o que custava muito tempo às indústrias da região (AHMADI, 1993).

Atualmente os modelos de pontes estaiadas são o que há de mais moderno e eficiente na construção civil.

2 - OBJETIVO

O intuito desse trabalho foi avaliar a estrutura de resistência de modelos de pontes estaiadas configuradas em sêmola (macarrão tipo espaguete) de modelos desenvolvidos pelos alunos dos cursos de engenharia civil e mecânica das Faculdades Metropolitanas Unidas (FMU).

Foram compilados 70 tipos de maquetes de pontes com dimensões e pesos distintos. Dessa forma, possibilitando o estudo do comportamento da aplicação de uma carga axial no centro de gravidade dos modelos distintos.

3 - METODOLOGIA DE ENSAIO

Foram construídas 70 tipos de pontes estaiadas de modo a verificar de forma acadêmico-científica o comportamento dos esforços de compressão e tração em fibras de carboidrato (macarrão tipo espaguete).

O procedimento contou com a adoção de um material único para todos os testes, variando apenas as características de: comprimento, altura e massa total da estrutura confeccionada.

O material utilizado contou com a adoção de 1 kg em média de macarrão de uma marca comercial e de um agente adesivo (cola quente) para unir os fios de macarrão.

A figura 1 mostra um esboço de um dos modelos levantados para ensaio de tração/compressão.

Os testes foram implementados no laboratório de estudos físicos da Escola de Engenharia no campus Galvão (denominado P20) em São Paulo, Capital.



FIGURA. 1: FASE DE UNIÃO DAS LATERAIS DAS TRELIÇAS.

A tabela 1 traz alguns dados levantados quanto as características resistivas do material adensado em 4 fios de macarrão.

TABELA 1: VALORES MÉDIOS PARA CURVA DE FLAMBAGEM ELÁSTICA DOS FIOS.

Numero de fios	Carga (kgf)	Raio médio (mm)	Momento de Inércia - I_o (cm ⁴)	Modulo Elástico (MPa)
4	27906	0,9	5,153. 10 ⁻⁵	3.600

Os dados apresentados na tabela 1 foram levantados graças ao auxílio de um equipamento de ensaios de carga no campus que colaborou com o estudo.

A figura 2 mostra o arranjo experimental do teste de carga a que foram expostos os modelos de pontes.

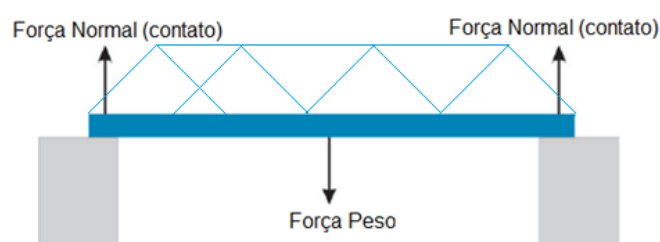


FIGURA 2: ESQUEMA GERAL DAS DISTRIBUIÇÕES DAS FORÇAS INICIAIS (NORMAL E PESO).

A força peso utilizada como esforço axial no centro de gravidade da maquete foi levantada com a adoção de pesos conhecidos que foram aplicados de forma gradual de modo a verificar o momento de fissura das fibras de macarrão e consequentemente da ruptura da ponte pela ação das forças de tração/compressão. A fase de análise foi levantada na forma gráfica para uma comparação entre as diferentes estruturas.

4 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Grande parte das pontes de estradas vicinais é executada em madeira e, embora tais estruturas representem baixo custo de execução, podem, conforme Brunner (2007), apresentar uma pequena durabilidade e um baixo desempenho estrutural.

Dentre os materiais de uso comum na construção de estruturas rurais, destaca-se a madeira que do ponto de vista ambiental constitui-se num recurso renovável e que requer baixo consumo energético para a sua produção (CARVALHO e FIGUEIREDO, 2004).

Para Carvalho e Figueiredo (2004) a madeira, conjuntamente com o concreto, pode constituir uma seção mista, resultando em diversas vantagens relacionadas, por exemplo, à resistência e à durabilidade da construção, conforme descrevem.

Em geral, utilizam-se nessas estruturas mistas sistemas de ligação formados por elementos metálicos dispostos ao longo da superfície de contato madeira-concreto, que devem influenciar o comportamento desse tipo de sistema estrutural. Em razão das propriedades diferentes dos três materiais envolvidos, há grande dificuldade de se prever o mecanismo de trabalho exato do sistema de ligação (DIAS *et al.*, 2007a).

Em razão das incertezas relacionadas ao módulo de deslizamento, pesquisas são realizadas a fim de comparar resultados experimentais com resultados de simulações.

A presente revisão bibliográfica tem por objetivo apresentar aspectos favoráveis de desempenho estrutural e durabilidade, proporcionados pelo método das estruturas mistas em madeira-concreto para construção de pontes de estradas vicinais.

Horizontes para aplicações da técnica de estrutura mista. Um elevado número de pontes de estradas vicinais no Brasil foi construído com madeira, havendo em grande parte ausência de projetos, programas de inspeções e medidas preventivas que assegurassem uma longa vida útil dessas obras. O baixo desempenho comprometimento da durabilidade pode estar associado a técnicas construtivas inadequadas (ABNT, 2003).

Conforme Clouston *et al.* (2005), as pontes rodoviárias e passarelas construídas somente em madeira estão sujeitas à deterioração mais acelerada pelas ações de uso e ambiental.

Calil Júnior (2006) descreve que algumas pontes recebem uma camada de solo sobre o tabuleiro de madeira, conforme ilustrado nas figuras 3A e 3B abaixo.



FIGURA 3: SEÇÃO TRANSVERSAL DE PAINEL MISTO EM MADEIRA-CONCRETO COM SISTEMA DE LIGAÇÃO DISCRETA (A) E DETALHE DE CONECTORES METÁLICOS INSTALADOS VERTICALMENTE NA VIGA DE MADEIRA (B). Calil Júnior (2006) .

Se, por um lado, essa camada de solo reduz o impacto ou atrito sobre a estrutura, por outro, representa um fator determinante para as condições da biodeterioração da madeira.

Observa-se ainda que essa camada de solo aumente à ação permanente sobre a construção.

No sistema de estradas paulistas, estima-se um total de 1100 km de pontes vicinais, conforme Calil Júnior (2006), das quais muitas necessitam de procedimentos imediatos de recuperação ou adequação.

Ressalta-se ainda a necessidade de construção de novas pontes, que são de extrema importância para a infraestrutura de transporte.

A madeira desempenhou valor histórico no desenvolvimento da humanidade e, graças à proximidade das fontes desse material natural e a sua fácil trabalhabilidade é ainda amplamente utilizada nas construções rurais. A produção e o processamento de madeira de reflorestamento, tais como pinus e eucalipto, são atrativos para o setor do agronegócio (ABNT, 2003).

No âmbito das grandes construções, o eucalipto, mais recentemente, tem sido empregado em pontes e passarelas, como ilustrado por Calil Júnior (2006).

Ceccotti (1995) e Dias *et al.* (2007a) ressaltam a importância desses ensaios, cujos resultados são dependentes de diversas variáveis, tais como: módulos de elasticidade e resistências da madeira e do concreto, da umidade da madeira, da temperatura, do tipo e das propriedades do elemento de ligação e das propriedades geométricas dos elementos acoplados.

Em razão das propriedades da madeira, Ceccotti (2007) adverte que as ligações por pinos não devem ser consideradas rígidas. Ressalta-se, nesta revisão, que a falta de normas específicas para tais ensaios tem dificultado o confronto de diversos valores de módulos de deslizamentos apresentados na literatura. Como a rigidez da ligação é também dependente das direções dos conectores, o uso de elementos metálicos inclinados em determinadas situações melhora o comportamento da ligação, uma vez que cada conector passa a ser solicitado à tração, enquanto que, nos conectores dispostos verticalmente (Figura 2), predominam as solicitações por flexão.

4.1 Esforços Resistivos de Barras

Quando se coloca um peso sobre uma ponte, esse peso se distribuirá sobre toda a estrutura da ponte, fazendo com que toda a estrutura sofra ação da força por carreamento. Cada barra da ponte sofrerá um esforço individual.

Os esforços mais comuns e importantes que uma barra sofre durante sua vida útil são: tração (4A) e compressão (4B).

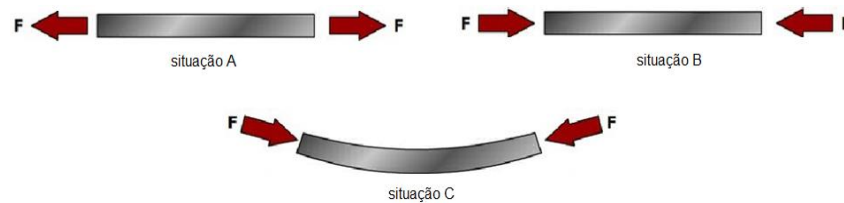


FIGURA 4: SITUAÇÃO DE ESFORÇO EM BARRA.

Na situação A temos barra sendo tracionada por forças opostas vetorialmente; a situação B as forças comprimem a barra. Na situação C observam-se os esforços de tração (parte inferior) e compressão (parte superior) da barra.

Na figura 4C pode-se observar o que ocorre numa determinada barra durante sua vida útil na estrutura de uma ponte. A barra pode sofrer ao mesmo tempo as forças de tração (na parte inferior da barra) e compressão (na parte superior) para a mesma intensidade de força de ação.

Quando a barra é submetida a um esforço de compressão ela poderá sofrer o fenômeno da flambagem que é uma curvatura da barra (figura 3C). Quanto mais delgada (“fina”) for a barra, ou seja, se a barra for muito longa e fina, se o diâmetro for pequeno em relação ao comprimento, teremos aumentado o efeito da flambagem e a barra terá uma resistência menor, o que causará a ruptura da barra e consequentemente quebra da ponte.

Brunner (2007) e Dias *et al.* (2007a) ressaltam a importância desses ensaios, cujos resultados são dependentes de diversas variáveis, tais como: módulos de elasticidade e resistências da madeira e do concreto, da umidade da madeira, da temperatura, do tipo e das propriedades do elemento de ligação e das propriedades geométricas dos elementos acoplados.

Em razão das propriedades da madeira, Ahmadi (1993) adverte que as ligações por pinos não devem ser consideradas rígidas. Ressalta-se, nesta revisão, que a falta de normas específicas para tais ensaios tem dificultado o confronto de diversos valores de módulos de deslizamentos apresentados na literatura.

Como a rigidez da ligação é também dependente das direções dos conectores, o uso de elementos metálicos inclinados em determinadas situações melhora o

comportamento da ligação, uma vez que cada conector passa a ser solicitado à tração, enquanto que, nos conectores dispostos verticalmente (Figura 5), predominam as solicitações por flexão (DIAS, *et al.* 2007a).

Segundo relatam Dias, *et al.* 2007a, no caso de parafusos inclinados, a rigidez da ligação pode até ser duplicada, em relação aos conectores instalados verticalmente.

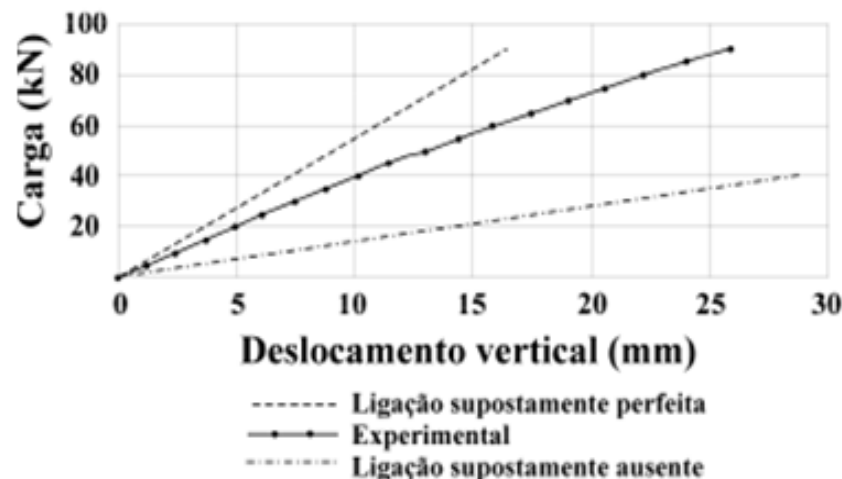


FIGURA 5: TESTE DE TRAÇÃO EM CONECTORES DISPOSTOS VERTICALMENTE (DIAS ET AL. 2007A).

4.2 Determinação dos Esforços

4.2.1 Barras em Tração

Segundo dados fornecidos pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul, para encontrar o número de fios de espaguete necessário para o esforço de tração, bastam dividir o Esforço Normal de tração calculado, pela resistência de cada fio de espaguete (UFRS, 2023). Ou seja, através da equação (1), a seguir.

$$NUMERO\ DE\ FIOS = \frac{FORÇA\ (kgf)}{4,267\ (kgf)} \quad (1)$$

4.2.2 Barras em Compressão

Quando se pensa em determinar o número de fios necessários a suportar a ação da compressão. Consideremos que a flambagem ocorre em regime elástico linear, seguindo a equação de Euler.

Os dados dos testes de flambagem permitem plotar uma curva de flambagem, como a apresentada na figura 6 (a seguir), para exemplificar a metodologia de obtenção do esforço compressivo.

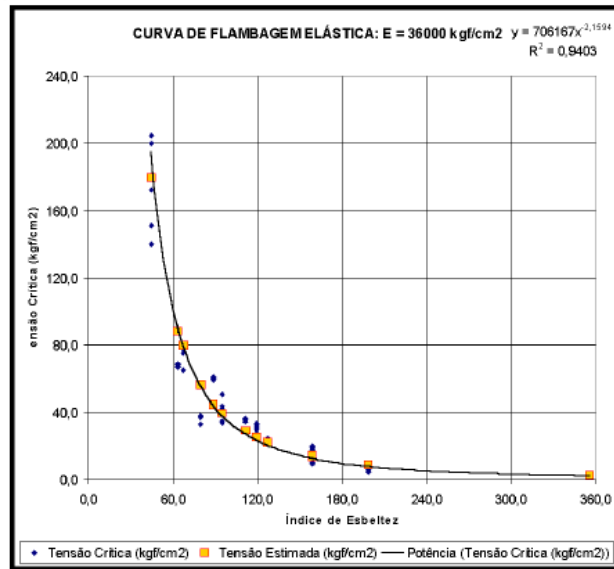


FIGURA 6: TESTE DEMONSTRATIVO DE UMA CURVA DE FLAMBAGEM ELÁSTICA.

A figura 6 mostra os pontos em azul que representam os resultados experimentais, enquanto a curva em preto representa um ajuste da função potência, com coeficiente de determinação de 94%.

Os pontos em amarelo apresentam os resultados para diversos índices de esbeltez, que representa a máxima deformabilidade possível em que o material pode retornar ao ponto inicial sem perda da resistência característica.

Considerando-se a curva de Euler com um Módulo de Young $E = 36000 \text{ kgf/cm}^2$ ou $3600 \text{ MPa (N/mm}^2\text{)}$.

A equação de Euler é descrita e apresentada pelas formulações abaixo, que denominamos de equações (2), (3) e (4).

$$P_{CR} = \frac{\pi^2 EA}{\lambda^2} \quad (2)$$

$$\lambda = \frac{l_f}{\rho} \quad (3)$$

$$\rho = \sqrt{\frac{I}{A}} \quad (4)$$

Onde:

- P_{CR} é o Esforço Normal de compressão que a barra deve suportar;

- A representa a área da seção transversal;
- I refere-se ao índice de esbeltez da barra;
- l_f é o comprimento de flambagem da barra,;
- r é o raio de giração, e
- I é o momento principal central de inércia da seção.

Considerando-se que a partir de certo número de fios de espaguete, a seção transversal tende para uma seção circular e sabendo-se que, em barras, o comprimento de flambagem é igual ao comprimento real ou distância entre nós.

Mesmo que os NÓS não sejam rotulados, mas rígidos com uniões coladas, a consideração anterior é conservativa, pois não se pode garantir o engastamento perfeito das barras nos nós, levando a uma situação intermediária entre a considerada e a engastada.

O número de fios pode ser obtido dividindo-se a área necessária pela área de cada fio.

Assim, para os dados do espaguete, a equação acima é representada pela equação final (5) a seguir.

$$\text{Numero de Fios} = \sqrt{\frac{N^2}{279056r^4}} \quad (5)$$

5 - RESULTADOS

Os dados levantados durante os testes preliminares das maquetes de pontes estaiadas levaram a confecção de gráficos quanto ao comportamento da carga de esforço aplicada no ponto de esforços isostáticos no centro de gravidade dos modelos. Como foram feitas 70 maquetes de comprimentos, alturas e massas distintas foi possível com isso, levantar um perfil de comportamento dos esforços.

Podemos verificar os dimensionamentos das pontes a partir da tabela 2 abaixo, onde é mostrada às características das 70 maquetes que foram confeccionadas para o propósito acadêmico dos alunos estudarem o comportamento físico dos materiais utilizados a base de carboidrato (macarrão).

II CONAP - Congresso Nacional de Professores

18/09/2026–20/09/2026



TABELA 2: CARACTERÍSTICAS LEVANTADAS DAS PONTES DE MACARRÃO E CARGA SUPORTÁVEL.

Comprimento (cm)	Altura (cm)	Massa (g)	Carga (kgf)
103	47,5	997	10
113	20,5	697	2
107	26,5	694	2
110	35	849	10
103	26	942	2
105	13,5	869	10
109	26,5	761	4
111	33,5	819	8
110	29	918	10
108,5	28,5	918	10
104,5	41	798	8
100	44	1182	30
106	36	1051	10
104	37	1386	20
100	48	782	10
107	25,5	904	4
110	46	1113	10
106	17,5	946	8
102,5	50	1141	30
101	24	686	2
103	47,5	1056	10
111	46	915	2
106	20	712	2
100	15,5	650	6
78	21,5	962	4
104	17,5	969	2
109	48	1143	2
100	45	1830	10
111	43	764	2
108	33,5	603	6
106	25	1088	40
79,5	38	843	20
101,5	44,5	972	10
103	42	1066	10
100	25	760	2
101	26,5	755	10
97	16	819,6	6
100	26	1160	4
87	23	1086	20
100	26	1753	10
101	27,5	1024	6
103	22,5	933	8
99	50	838	2
101	19	541	4
109	24,5	1494	6
104	42,5	913	8
106	14	864	2
109	32,5	1031	70

II CONAP - Congresso Nacional de Professores

18/09/2026–20/09/2026



103	24	1068	8
104	32	935	10
112	23,5	1096	20
101,5	41,5	1330	40
111,5	25,5	1072	2
101	47,5	1046	8
115	40	1160	4
106	21	1060	8
111	16	910,77	10
103	33	1117	10
111	23	1040	2
105	31	499	2
105	27	971	4
100	51,5	1320	50
110	21	1118	4
110	31,5	1124	10
110	28	1290	6
105	37,5	954	10
110	21,5	1319	8
105	16,5	726	4
102	25	1128	10
110	24	1287	6

A tabela 3 traz uma relação da quantidade de pontes de macarrão que suportaram uma determinada carga axial de tração/compressão. Nessa tabela podemos verificar os grupos de forma individual.

TABELA 3: RELAÇÃO DA CARGA SUPORTÁVEL VERSUS QUANTIDADE DE PONTES.

	Carga axial de tração/compressão empregada									
	2 kgf	4 kgf	6 kgf	8 kgf	10 kgf	20 kgf	30 kgf	40 kgf	50 kgf	70 kgf
PONTES	15	9	7	9	20	4	2	2	1	1

A partir da tabela 3 pode-se notar que 21,4% das pontes construídas suportaram apenas 2 kgf de carga, 12,8% suportaram 4 kgf e outros 12,8% suportaram 8 kgf. Outros 10% suportaram 6 kgf e 2,8% suportaram respectivamente 30 e 40 kgf. Apenas 1,4% suportaram respectivamente 50 e 70 kgf.

Tal diferença brutal tem relação com as demais características que cada grupo discente utilizou e que pode ser observada na tabela 2. Através dos dados estatísticos levantados pelas tabelas 2 e 3, podemos também fazer uma constatação visual da distribuição espacial dos dados obtidos.

A figura 7 mostra um comportamento visual dessa distribuição espacial dos dados da variação de carga pelo comprimento médio de cada modelo de ponte.

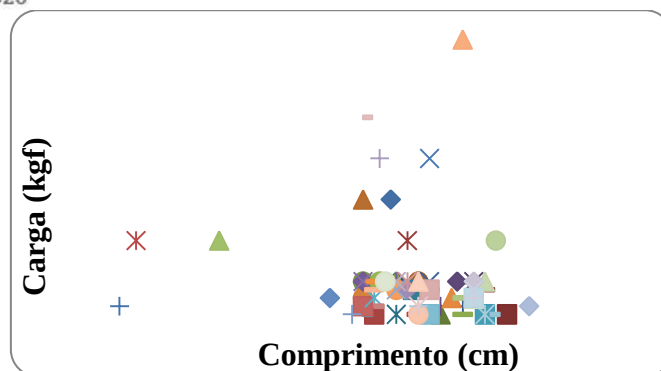


FIGURA 7: RELAÇÃO CARGA (KGF) VERSUS COMPRIMENTO (CM) PARA AS PONTES TESTADAS.

Podemos observar pela figura 7 que 90% das maquetes suportaram uma carga média de 12 kgf, sendo que o comprimento das maquetes que suportaram essa carga ficou no intervalo linear de 100 à 110 cm.

Ao se analisar a variação da altura de cada maquete de macarrão das pontes e sua relação com a carga axial de tração/compressão, pode-se notar através da figura 8 que a altura das pontes não teve grande influencia no aumento da resistência a carga.

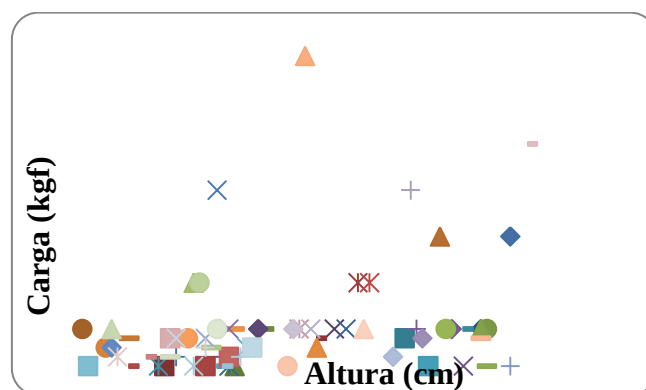


FIGURA 8: RELAÇÃO CARGA (KGF) VERSUS ALTURA (CM) PARA AS PONTES TESTADAS.

A figura 8 mostra que em relação à altura média das pontes, 90% das maquetes suportaram uma carga média de 12 kgf.

Tal constatação mostra que a ação da força de tração na parte superior das vigas de macarrão não teve tanta relevância ao comparar-se com as de compressão que a base das maquetes pôde suportar.

A figura 9 mostra uma relação da carga de aplicação nas maquetes em relação à massa utilizada em cada uma. Pode-se notar com isso, que a variação da massa utilizada nas mesmas não revelou grandes influências no aumento da resistência das pontes.

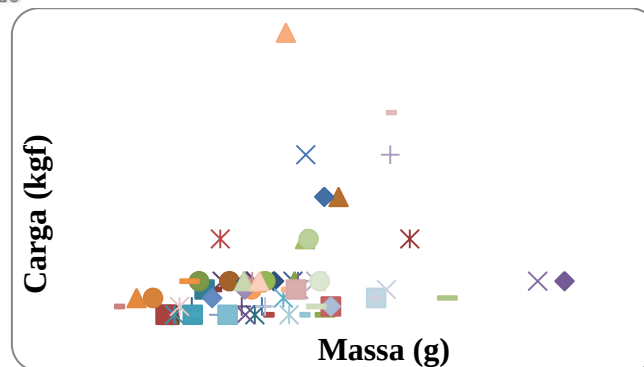


FIGURA 9: RELAÇÃO CARGA (KGF) VERSUS ALTURA (CM) PARA AS PONTES TESTADAS.

Na figura 9 as pontes mais pesadas não obtiveram grandes melhorias na resistência a carga, isso é visivelmente observado na figura 9, onde as pontes de massa 1700 e 1900 gramas suportaram o mesmo nível de carga (12 kgf) que ponte de 500 gramas.

Houve uma ponte que suportou uma carga de 70 kgf e teve um peso médio de 1100 gramas. Essa ponte teve um comprimento médio de 110 cm e altura 35 cm.

A ponte de maior resistência (70 kgf) teve uma melhor eficiência devido à conciliação das variáveis: comprimento, altura e massa junto à utilização de um melhor arranjo das travas entre a base e seu arco.

6 - CONCLUSÃO

O trabalho teve um efeito curioso pelo fato de não apenas utilizar-se os conceitos levantados pelas equações 1 e 5, mas também pelo efeito de verificar que muito mais que aumentar a estrutura com utilização de mais fios nas partes de maior esforço tração/compressão, ou ainda aumentando o comprimento das pontes. O mais importante é o estudo dos pontos de esforço da ponte.

Ao se procurar analisar de forma técnica os pontos de maior esforço a tração/compressão, podemos dividir as cargas ação de modo a melhorar a resistência do material, mesmo sendo simples fios de espaguete.

As tabelas 2 e 3 juntamente com as figuras 7, 8 e 9 mostraram que a melhor confecção de ponte de macarrão deve obedecer aos requisitos de massa de macarrão de 1.000 g com comprimento médio de 109 cm e altura média de 32,5 cm.

7 - BIBLIOGRAFIA

AHMADI, B.H.; SAKA, M.P. Behavior of composite timber concrete floors. **Journal of Structural Engineering**, New York, v.119, n.10, p.3111-3130, 1993.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **Projeto de estruturas de concreto – procedimento: NBR 6118**. Rio de Janeiro, 2003. 221p.

BRUNNER, M. et al. Behavior of composite timber-concrete floors. **Materials and Structures**, Bagnex, v.40, n.1, p.119-126, 2007.

CALIL JÚNIOR, C. et al. **Manual de projeto e construção de pontes de madeira**. São Carlos: Suprema, 2006. 252p.

CARVALHO, R.C.; FIGUEIREDO FILHO, J.R. **Cálculo e detalhamento de estruturas usuais de concreto armado: segundo a NBR 6618/2003**. São Carlos: EdUFSCar, 2004.374p.

CECCOTTI, A. **Timber-concrete composite structures: timber engineering – STEP1/Eurofortech lecture series**. Almere: BLASS, H.J. et al., 1995. E13, p.1-12.

CECCOTTI, A. et al. Long-term and collapse tests on a timber concrete composite beam with glued-in connection. **Materials and Structures**, Bagnex, v.40, n.1, p.15-25, 2007.

CLOUSTON, P. et al. Shear and Bending performance of a novel wood–concrete composite system. **Journal of Structural Engineering**, New York, v.131, n.9, p.1404-1412, 2005.

DIAS, A.M.P.G.. et al. Load-carrying capacity of timber concrete joints with dowel-type fasteners. **Journal of Structural Engineering**, New York, v.133, n.5, p.720-727, 2007a.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL (UFRS). Escola de Engenharia. **Manual da Competição de Pontes de Espaguete**. Porto Alegre: UFRGS, 2023. Disponível em: http://www.ppgec.ufrgs.br/segovia/espaguete/dados_tracao.html. Acesso em: 10 set. 2026.