



# METODOLOGIA PARA CONSTRUIR PONTES COM PALITO DE PICOLÉ

## METHODOLOGY FOR BUILDING BRIDGES WITH POPSCILET STICKS

Francisco Álisson da Silva<sup>1</sup>, Rogério Cruz De Sousa Cláwsio<sup>2</sup>, José Flávio Timoteo Júnior<sup>3</sup>

DOI: 10.37702/REE2236-0158.v43p45-61.2024

**RESUMO:** O processo de criação de pontes de palito de picolé corresponde a uma Abordagem Baseada em Projetos (ABP) aplicada no meio acadêmico para aproximar, para os estudantes, a teoria à prática. O principal objetivo, para além da construção da ponte de palito de picolé, é a compreensão das atividades propostas que tangenciam a construção, como a participação em equipe, a divisão de tarefas, a execução de atividades específicas etc. Nesse sentido, o presente trabalho pretende analisar e expor, em sequência lógica, uma metodologia para construção de protótipos de pontes com uso de palitos de picolé, exibindo as justificativas teóricas para execução de determinada tarefa dentro de todo o processo. Para tanto, acompanhou-se a construção de uma metodologia de construção desenvolvida para a Competição de Pontes de Palito de Picolé (CP3), ofertada pelos docentes dos componentes curriculares Resistência dos Materiais I e Mecânica Geral I, na Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA). A partir dessa metodologia, obteve-se a aproximação dos conhecimentos teóricos ministrados nas áreas de resistência dos materiais e propriedades das madeiras e um desempenho do modelo que apresentou uma performance considerável dentro da CP3.

**PALAVRAS-CHAVE:** Ftool; AutoCAD; Resistência dos Materiais; Palitos de Picolé.

**ABSTRACT:** The process of creating popsicle stick bridges is a Project Based Approach (PBL) applied in academia to bring theory closer to practice for students. The main objective, in addition to the construction of the popsicle stick bridge, is to understand the proposed activities related to the construction, such as team participation, division of tasks, execution of specific activities, etc. In this sense, the present work intends to analyze and expose, in a logical sequence, a methodology for building prototypes of bridges with popsicle sticks, showing the theoretical justifications for the execution of a certain task within the whole process. To this end, the construction of a construction methodology developed for the Popsicle Stick Bridges Competition (CP3) was followed, offered by the professors of the curricular components, Resistance of Materials I and General Mechanics I, at the Universidade Federal Rural do Semi- Arid (UFERSA). Based on this methodology, an approximation of the theoretical knowledge taught in the areas of material resistance and wood properties was obtained, as well as a performance of the model that obtained a considerable performance within CP3.

**KEYWORDS:** Ftool; AutoCAD; Strength of materials; Popsicle Sticks.

<sup>1</sup> Graduando em Arquitetura e Urbanismo pela Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), alissonqaz2015@gmail.com

<sup>2</sup> Professor da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), Doutor em Ciência e Engenharia de Materiais pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), clawsio.cruz@ufersa.edu.br

<sup>3</sup> Professor da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), Doutor em Ciência e Engenharia de Materiais pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), flavio.timoteo@ufersa.edu.br



## INTRODUÇÃO

A descontinuidade entre determinados trechos motivou o surgimento inevitável das pontes com a finalidade de união, facilidade de traslado entre outras. O aperfeiçoamento das técnicas construtivas, dentro do contexto de pontes, é alcançando por meio da construção de protótipos que *a posteriori* são submetidos a testes para validação, bem como são realizados estudos a respeito de suas características, por exemplo, estudos sobre a ruptura.

Diante desse contexto, as Universidades intermediam aplicações para que conhecimentos técnicos/teóricos e conhecimentos práticos sejam aproximados e desenvolvidos com criatividade e excelência. As competições permitem aos discentes envolvidos a possibilidade de vivenciar experiências que muitas vezes não são tangíveis dentro do meio acadêmico, como trabalho em equipe, planejamento, execução de projetos. Além disso, os materiais para a construção de tais projetos são diversos, dentre eles: macarrão, papel, isopor e palitos de picolé.

Desde 2012, na Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), centro multidisciplinar de Pau dos Ferros, realiza-se a Competição de Pontes com Palito de Picolé (CP3). A competição permite a aplicação de diversas áreas do conhecimento para a execução prática do protótipo – por exemplo, as propriedades dos materiais, pertinentes à análise de funcionalidade, necessidade, desempenho etc.

Com o intuito de balizar a CP3, a cada edição novos critérios de avaliação do conhecimento são revistos e incorporados, permitindo aos envolvidos potencializar seus conhecimentos e lidar com diversas facetas que permeiam a competição. As notas são, até o presente momento, avaliadas em seis blocos: estética; estimativa de colapso; eficiência; carga máxima; vídeo de produção; e apresentação de todo o projeto.

Durante toda a CP3, utiliza-se *softwares* computacionais que são manipulados para o planejamento e a execução do protótipo (projeto). O *Ftool*, por exemplo, permite a criação, manipulação, análise rápida, profissional, instantânea e de fácil interpretação, além de oferecer possibilidade de inserção de diversas combinações de propriedades distintas de materiais. Já o *software AutoCAD* possibilita a manipulação e representação 2D e permite a impressão em escala real do projeto, facilitando a sua criação. Por sua vez, o *software Sketchup* permite a representação 3D, auxiliada pelo *plugin V-Ray*, e a sua comercialização por meio de imagens que simulam a realidade.



Diante do exposto, o presente trabalho objetiva analisar e expor, em sequência lógica, uma metodologia para construção de protótipos de pontes com palito de picolé, exibindo as justificativas teóricas para execução de determinada tarefa dentro de todo o processo.

## **RESISTÊNCIA E PROPRIEDADES DOS MATERIAIS**

Segundo Beer e Johnston (1995), a importância do estudo da mecânica das estruturas e suas propriedades permeia os aspectos e habilidades de analisar e projetar estruturas passíveis de suportar determinadas tensões e/ou deformações com segurança. Hibbeler (2004) complementa que essa resistência dos materiais mantém uma estreita relação com cargas externas e internas que abrangem um cálculo de deformação; além disso, critérios como dimensões, forças atuantes, estabilidade e o tipo do material influenciam de forma direta o comportamento do material.

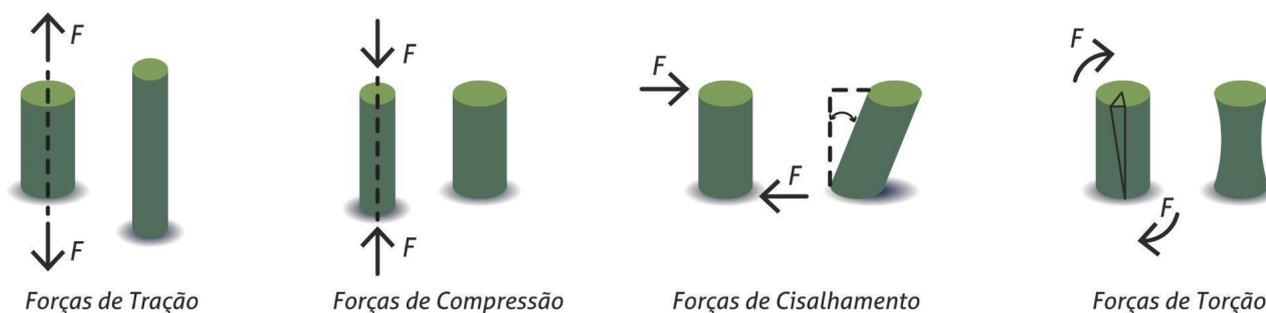
Nesse sentido, as forças são, para Hibbeler (2010), grandezas vetoriais, com módulo, direção e sentido. Forças, como as externas, podem ser observadas em sua superfície de forma distribuída, concentrada ou localizada de modo a passar pelo centroide. Por sua vez, as forças internas são esforços cortantes, normais e momento fletor. A sua determinação se dá por meio de cálculo e utiliza-se o procedimento da análise de equações de equilíbrio, pelo método das seções, determinando as reações de apoio e aplicando as equações de equilíbrio.

Surge, nesse limiar, o conceito de tensão que, para o autor, é caracterizado por determinar a distribuição das cargas internas resultantes da aplicação de determinada força. O material submetido a essa força é, para fins de cálculo: contínuo, ou seja, existe uma distribuição uniforme da matéria, sem a presença de vazios; e coeso, tendo todas as suas partes bem unidas, sem a presença de trincas, separações ou falhas. Resulta-se, assim, em uma intensidade de força interna sobre um plano específico que perpassa sobre um ponto e tende a um limite finito.

Existem tensões com características próprias, por exemplo: tensão de compressão, de tração, de torção, de flexão e de cisalhamento. A força aplicada para resultar nessas tensões deve ter componentes de direção e sentido, ou seja, vetores, os quais podem ser tangenciais ou axiais, incidindo sobre a área finita. À medida que a área é tracionada, ocorre tensão de tração; quando comprimida resulta em tensão de compressão. Além disso, se essa força é tangencial à área, isso resulta em uma tensão de cisalhamento; porém, se a deformação apresentar um alongamento em direção perpendicular ao o eixo longitudinal, compreende-

se por uma tensão de flexão. Por fim, se for aplicado um momento sobre seu eixo longitudinal, a tensão é de torção. (HIBBELER, 2010). A Figura 1 exibe forças de tração, compressão, cisalhamento e torção em determinado corpo.

**Figura 1 – Forças de tração, compressão, cisalhamento e torção em determinado corpo**



Fonte: acervo dos autores (2023).

As orientações dos segmentos de retas, representadas na Figura 1, revelam uma característica pertinente quanto ao estado de deformação, seja pelo alongamento (tração), contração (compressão) ou mudança de ângulo (cisalhamento ou torção). Ainda sobre características, o módulo (ou sinal) da força ou deslocamento, segundo Hibbeler (2010), é positivo para resultados de tração e alongamento e negativo para compressão e contração.

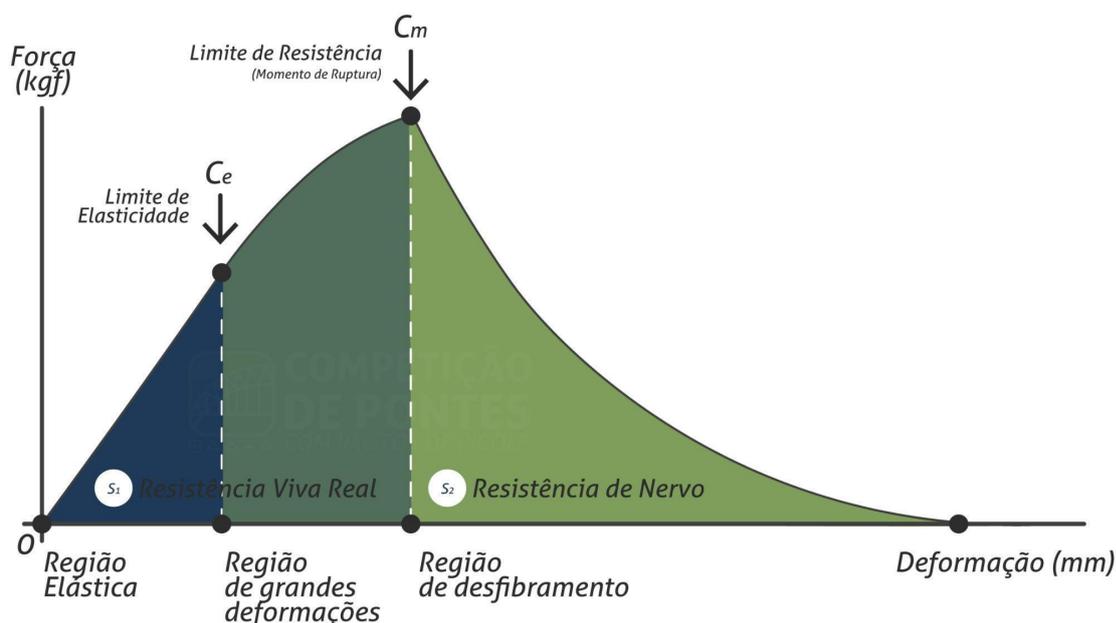
Em ambos os casos, a característica da área é considerada, pois se não ocorrer a deformação esperada e uniforme, resulta-se em um caso especial de ruptura, o esmagamento, provocado pela compressão. Por sua vez, caso a relação de área seja menor que o comprimento nominal, resulta-se em flambagem; e o contrário, com uma área mais robusta em relação ao seu comprimento, provoca o esmagamento (BEER; JOHNSTON, 1995; GRAÇA, 2006; SILVA et al., 2021).

A uniformidade do material é outra propriedade que envolve a tensão; dessa vez, tensão normal. Se determinado corpo, submetido a determinada força, em que sua direção seja perpendicular a sua área de seção transversal e deforme-se a manter a seção plana, esse material é homogêneo e isotrópico (HIBBELER, 2010). Hibbeler (2004) considera que se a anisotropia for orientada ao longo do eixo de aplicação de uma carga axial e perpendicular a sua área de seção transversal, então a deformação ocorrerá de forma uniforme. Porém, se essa força não ocorrer de forma axial, mas sim de forma transversal, e quando aplicada a rebites e pinos, resulta-se em tensões de cisalhamento (BEER; JOHNSTON, 1995).

É nesse recorte que a madeira entra em cena, por se tratar de um material que sofre por seu coeficiente de anisotropia. Entre as diversas propriedades físicas das madeiras, a densidade e a retratibilidade estão entre as consideradas por Leandro et al. (2017), em razão da influência da primeira em sua resistência mecânica; e da segunda na perda ou ganho de umidade, o que está intimamente relacionado aos possíveis defeitos que venham a ocorrer no processo de secagem ligados a essa anisotropia. Silva et al. (2021) complementam que, para um bom projeto, características como estabilidade, rigidez e resistência são levadas em consideração na seleção.

O gráfico da tensão/deformação de qualquer material é imprescindível para a projeção de seu comportamento. Não é diferente com a madeira, sendo o seu gráfico essencial para a compreensão de suas características físicas. A Figura 02 exibe o gráfico adaptado de Carvalho (1996) para a aplicação de determinada força (kgf) resultando em determinada deformação (mm).

Figura 2 – Gráfico de tensão/deformação das madeiras



Fonte: adaptado de Carvalho (1996).

Na Figura 2, pode-se observar o comportamento da deformação da madeira em três regiões, sendo elas: a elástica, na qual se mantém o limite de elasticidade e conservação das propriedades iniciais frente ao nulo repentino de forças; a região de grandes deformações, caracterizada por tornar visível aos olhos humanos as suas deformações; e a região de desfibramento, que é caracterizada por ultrapassar o limite de resistência ou o momento de ruptura do material.



Segundo Cesar et al. (2015), a resistência à tração de um palito é 90kgf ou 882; já a resistência à compressão é de 4,9kgf ou 48,07N e seu módulo de elasticidade é de 7350 MPa

Assim, se a correspondente de aplicação de determinada carga ocorrer de forma linear e sua tensão também ocorrer de forma linear, o conceito de coeficiente de segurança é acionado. Segundo Beer e Johnston (1995), um coeficiente baixo proporciona uma ruptura estrutural alta; se alto o coeficiente, então a funcionalidade e os valores econômicos tornam-se proporcionais.

Na área da engenharia existem diversos tipos de estruturas e o modelo o qual será escolhido para ser executado determina e estabelece diretrizes projetuais. As treliças, por exemplo, comumente são utilizadas por possuir características que proporcionam leveza, além de serem capazes de vencer longas distâncias (sejam horizontais ou verticais) quando aplicadas às pontes ou torres (SILVA et al. 2021); ademais, trata-se de solução eficiente quanto à economicidade e à variedade de aplicação (BEER; JOHNSTON, 1995).

## METODOLOGIA

Para a concretização deste trabalho, foram seguidos os critérios estabelecidos pela III Competição de Pontes com Palito de Picolé, em seu edital, promovido pelos docentes dos componentes curriculares Resistência dos Materiais I e Mecânica Geral I da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA). Tal edital apresentava de forma simplificada as seguintes tarefas (Figura 3).

**Figura 3 – Tarefas aplicadas para elaboração e construção da metodologia de construção de pontes com palito de picolé**



Fonte: acervo dos autores (2023).



A revisão de literatura é a tarefa inicial para a concretização do produto final – a ponte de palito de picolé –, pois serve como um norte para elaboração de uma linha lógica e teórica com finalidade definida, o arcabouço teórico. Em seguida, realizou-se um estudo aprofundado das propriedades dos materiais que compõem todo o projeto, com o objetivo de compreender suas interações e influências para com o produto final, seja pelas questões financeiras, mecânicas, físicas ou por fatores de segurança.

O escopo inicial certamente é outra tarefa essencial a qual foi realizada com cautela e criatividade. Utilizando-se de conceitos adquiridos nas tarefas anteriores, e com a participação da equipe, foi escolhido o melhor modelo, a quantidade de rótulas e a configuração espacial para a execução da treliça. A participação da equipe é fundamental durante toda a construção de pontes de palito de picolé, o que é reafirmado por Da Silva Bussolo (2023).

A tarefa seguinte – compreensão da análise das reações que constituem a ponte – foi realizada com auxílio do *software* computacional de análise estrutural, *Ftool*, que permite a criação, manipulação, análise rápida, profissional, instantânea e de fácil interpretação, além da possibilidade de inserção de diversas combinações de propriedades distintas de materiais. Para Soares e Barros (2019), o *Ftool* é um *software* que possibilita facilitar a realização dos cálculos, bem como mostrar visualmente o comportamento da estrutura.

Em seguida, tem-se a representação 2D, com o auxílio do *software* AutoCAD 2023. A sua representação seguiu os parâmetros estabelecidos na tarefa anterior. Além disso, acresceu-se a esta tarefa a representação em escala real do principal produto da construção da ponte, o palito de picolé. Realizou-se diversas combinações de arranjos tridimensionais, levando em consideração a revisão de literatura e as propriedades das madeiras, com o intuito de proporcionar maior estabilidade e continuidade do material e sua impressão na escala 1:1.

Por fim, a representação 3D, a qual foi desenvolvida com o auxílio do *software* *SketChup* 2021. O principal propósito dessa etapa é o processo de fabricação em escala real do produto final antes da sua concretização na realidade; além do mais, torna-se uma composição atrativa para o *marketing*.

## **METODOLOGIA DE CONSTRUÇÃO DE PONTE COM PALITO DE PICOLÉ**

A importância da definição de uma metodologia de montagem expõe, de forma criteriosa e sistemática, o objetivo proposto, a ruptura com êxito do sistema estrutural treliçado, de maneira fundamentada. Assim, para construção da ponte



com palitos de picolé, foram realizadas as seguintes atividades exibidas na Figura 4.

**Figura 4 – Metodologia aplicada para a construção das pontes com palito de picolé**



Fonte: acervo dos autores (2023).

A primeira atividade consistiu em reuniões iniciais com o objetivo de alinhar os conhecimentos e estabelecer critérios com base nas habilidades e conhecimentos dos integrantes do grupo. O desenvolvimento de competências pessoais, para além de planejamento e organização de trabalho em equipe, surge na experiência em participação de competições desse tipo (SILVA et al. 2022). A segunda atividade correspondeu à definição da tipologia estrutural e espacial, de forma fundamentada. Levando em consideração aspectos metodológicos, além dos estabelecidos no edital, consolidou-se o modelo/tipo de estrutura aplicado, que, assim como em Soares e Barros (2019), ficou a critério da equipe. Além disso, colou-se a prova o entendimento espacial, defendido por Barros et al. (2018).

Essas duas atividades colocam a prova a capacidade criativa, potencializam e despertam as habilidades em equipe e promovem o desenvolvimento do ensino/pesquisa, por meio de busca por textos científicos de fundamentação e uma vez que colaboram com a criação de espaços para a comunicação oral e para a defesa de ideias. Faz-se necessária, nesses momentos iniciais, uma multidisciplinaridade de conhecimentos a fim de se promover o pensamento crítico. A CP3 é um autêntico exemplo de Abordagem Baseada em Projetos (ABP), a qual é defendida por Rodrigues Silva e Vieira Junior (2022) e por Barroso et al. (2016) como uma metodologia de ensino ativa e de caráter transdisciplinar.

Em seguida, realizou-se o desenho técnico computacional bidimensional, nos softwares *AutoCAD*, em sua versão 2021, e no *Ftool*, em sua versão 4.00. A utilização do *AutoCAD* permitiu a integração com a representação técnica e precisa do material utilizado e auxiliou nas atividades seguintes estabelecidas. Por sua vez, na utilização do *Ftool*, considerou-se a sua prototipagem simples, eficiente e estrutural, que permite a edição das propriedades do material, definição da seção



transversal, além de permitir a escolha dos tipos de apoios em estruturas, a entrega de diagramas de forças e as configurações/deformações estruturais bidimensionais.

Para a construção da ponte, alimentou-se o *Ftool* com as seguintes propriedades e metragens (Quadro 01).

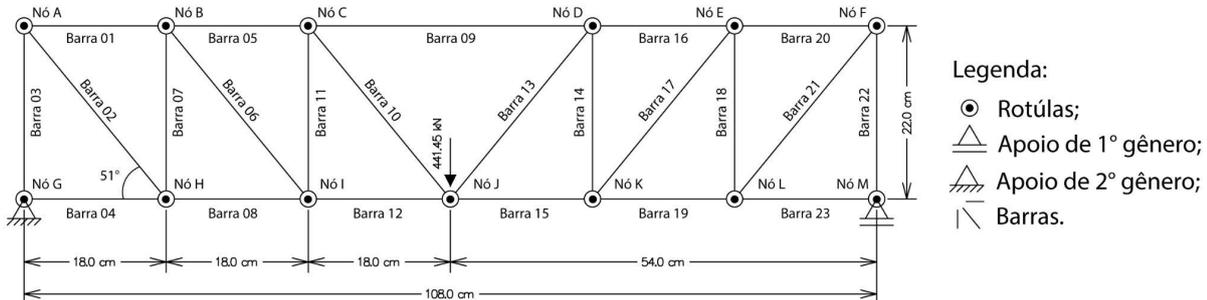
**Quadro 1 – Propriedades e metragens inseridas no software *Ftool***

Propriedades			Metragens	
Parâmetro	Valor	Unidade	Elemento	Valor (cm)
E	7350*	Mpa	Entre nós horizontais	18
$\gamma$	0.03		Entre nós verticais	22
$\alpha$	0.000010	°C	Entre nós angulados	18
d	2	cm	Barras horizontais	18
b	8	cm	Barras verticais	22
$\bar{y}$	1	cm	Barras anguladas	22.4
Força Axial projetada:				441.45 kN

Fontes: Módulo de Elasticidade (E): Cesar et al. (2015); elaborado pelos autores (2023).

A modelagem bidimensional dentro do software *Ftool* está demonstrada na Figura 5. Foi necessária a adição de algumas informações complementares para melhor compreensão da análise, entre elas: a nomenclatura dos nós, das barras, adição do ângulo interno resultante e legenda dos elementos, funcionalidades de que o software não dispõe.

**Figura 05 – Modelagem bidimensional final obtida com auxílio do software *Ftool***



Fonte: acervo dos autores (2023).

Observando a Figura 5 é possível identificar as seguintes informações: dimensão, distância, carga pontual, angulação, apoios, rótulas. Já as forças de tração e compressão são exibidas na Figura 6. Tais itens são indispensáveis, constituintes de uma ponte de palito de picolé.



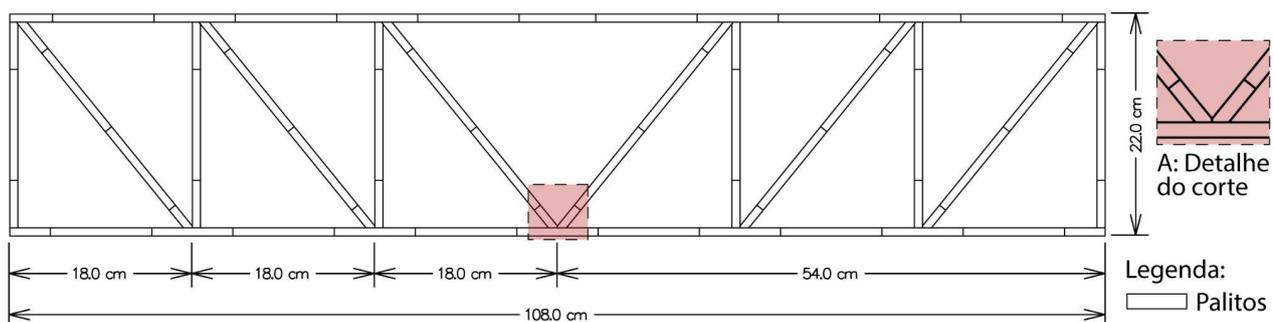
quantidade de palitos solicitada. Esse fato se dá em decorrência das forças de compressão e tração que surgiram a partir da aplicação da carga axial. Além disso, é perceptível que a maior quantidade de palitos está no trecho de maior solitação de carga de compressão, entre o Nó C e Nó D. Outro critério foi estabelecer uma quantidade mínima de palitos, independentemente da carga solitante: essa quantidade foi de três palitos.

Essa quantidade de palitos requerida corresponde à quantidade de área mínima necessária para que a ruptura ocorra da forma esperada. A área é uma característica que determina se a deformação irá ocorrer de forma esperada, pois se não ocorrer a deformação esperada e uniforme, resulta-se em um caso especial de ruptura, o esmagamento, provocado pela compressão. Por sua vez, caso a relação de área seja menor que o comprimento nominal, resulta-se em flambagem; e o contrário, com uma área mais robusta em relação ao seu comprimento, provoca o esmagamento (BEER; JOHNSTON, 1996; GRAÇA, 2006; SILVA et al. 2021).

Outra relação que determinou a configuração e organização espacial dos palitos foi a ideia de coesão e continuidade do material. A coesão é uma característica que revela no material partes unidas, sem a presença de trincas, separações ou falhas. A continuidade está relacionada à uniformidade e à anisotropia do material e a como as cargas se orientam de forma perpendicular em qualquer seção (BEER; JOHNSTON, 1996). Durante a deformação do material, a carga aplicada deve se comportar e se manter plana para que ocorra a uniformidade; caso contrário, tensões de cisalhamento irão surgir (BEER; JOHNSTON, 1996).

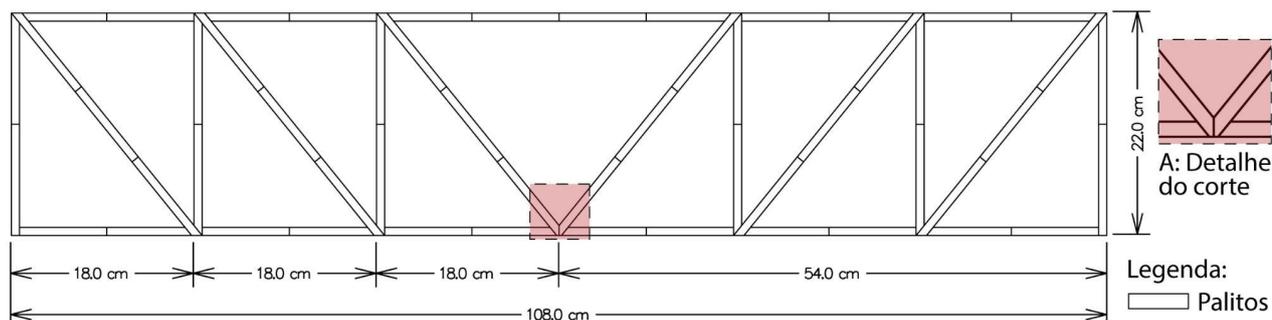
Nesse sentido, foi necessário aplicar diferentes organizações espaciais, principalmente nos trechos que possuíam os nós. Essas organizações são representadas na Figura 8 e na Figura 9.

**Figura 8 – Projeto bidimensional da ponte em sua primeira camada**



Fonte: acervo dos autores (2023).

Figura 9 – Projeto bidimensional da ponte em sua segunda camada



Fonte: acervo dos autores (2023).

Relacionado a esse parâmetro de organização espacial, tem-se a quantidade de palitos permitidos para a execução da estrutura, segundo o Edital da CP3. Sendo assim, realizou-se a quantificação, identificação e separação de todos os elementos que foram utilizados em todas as sete camadas de ambos os lados da ponte, inclusive os que desempenhavam o papel de união/estabilidade das faces. O Quadro 2 exibe essas quantidades.

Quadro 2 – Quantidade de elementos por camadas para uma lateral da ponte

Tamanho (cm) e modelo	Camada 01	Camadas 02 e 03	Camadas 04 e 05	Camadas 06 e 07
2.8 x	0	6	0	0
4 x	0	6	0	0
4 r	0	2	0	0
4.2 r	2	2	0	0
4.7 r	0	12	0	0
8 r	0	10	2	0
8.6 x	12	0	0	0
8.6 r	12	0	0	0
9 r	6	0	0	0
10 x	10	0	0	0
10 r	0	24	8	4
11 x	10	0	0	0
11 r	2	6	4	0
<b>Subtotal</b>	<b>54</b>	<b>68</b>	<b>14</b>	<b>4</b>

Os modelos são: **x** (Elemento com angulação) e **r** (Elemento reto).

Fonte: elaborado pelos autores (2023).

A relação da quantidade de elementos em suas camadas foi considerada em virtude da área de seção transversal mínima para suportar o esforço axial que viria a ser aplicado. Para uma lateral/face da ponte foram utilizados 222 palitos; na outra face, 444 palitos; e 41 palitos para a união dos lados, totalizando, assim, 485 unidades.

Em seguida, escolheu-se os principais materiais a serem utilizados, levando em consideração a mecânica das estruturas, a propriedade dos materiais e o seu comportamento estrutural, com o objetivo de minimizar possíveis erros na seleção dos materiais. Durante toda a atividade, considerou-se a anisotropia do palito (membro) e sua distribuição espacial para a locação de cada membro. A Figura 10 mostra os principais materiais utilizados para essa atividade.

**Figura 10 – Principais materiais utilizados durante a construção da ponte**

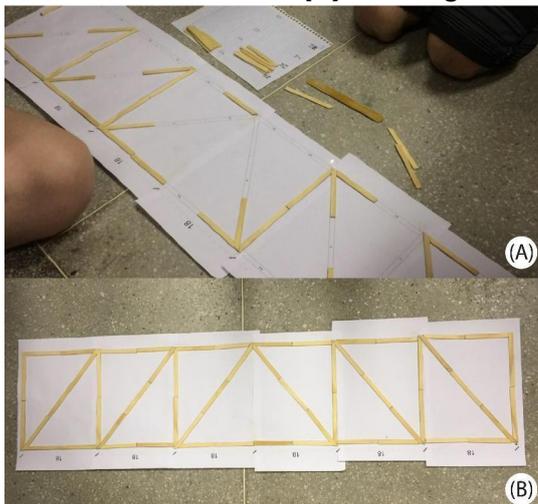


1. Balança; 2. Lixa de papel; 3. Alicate; 4. Palito de Picolé; 5. Cola da marca Durepox; 6. Fita Métrica; 7. Cola para Madeira; 8. Vergalhão de ferro. 9. Lâmina de serra manual; 10. Escalímetro.

Fonte: acervo dos autores (2023).

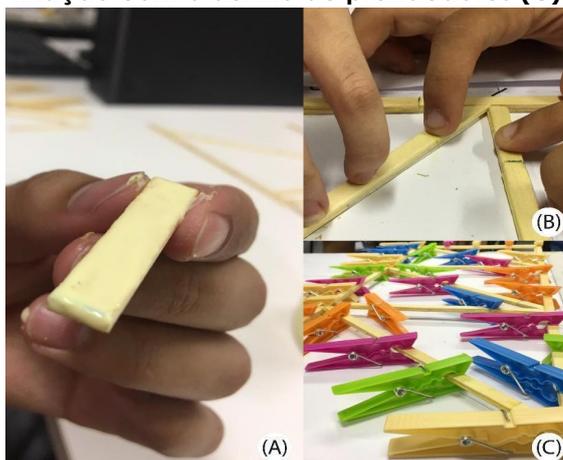
O corte dos palitos de picolé levou em consideração o desenho técnico desenvolvido de forma bidimensional no *software AutoCAD* e foi realizado com o auxílio de alguns dos materiais selecionados na atividade anterior, entre eles: o alicate, a lixa de papel e a lâmina de serra manual. Durante todo o processo de corte, atentou-se para não se provocar deformações ou pequenas rupturas nos palitos, principalmente nas extremidades, levando em consideração o princípio da uniformidade, coesão e união desses membros na atividade posterior.

Na sequência, a atividade de montagem certamente corresponde ao ápice da metodologia, momento de união de todos os membros com a cola de madeira. Antes de unificar, com a utilização da cola de madeira, realizou-se uma comparação com o projeto bidimensional plotado em escala 1:1, com o objetivo de conferir se todos os membros estavam seguindo a risca as dimensões estabelecidas. A Figura 11 mostra essa checagem dos palitos.

**Figura 11 – Checagem durante o corte do material (A); checagem antes do início da colagem (B)**

Fonte: acervo dos autores (2023).

Em seguida, ainda no processo de montagem, a aplicação e a fixação dos elementos tornam-se uma variável a ser considerada; por isso, faz-se necessária a aplicação uniforme da cola de madeira, com o objetivo de não provocar vazios e de que a quantidade de cola passada esteja em toda a área do palito, conforme a Figura 12 (A). Nesse momento, realizou-se uma fixação com o auxílio das mãos, Figura 12 (B), para que o processo de secagem começasse sem que a estrutura sofresse com deformações e a fim de prevenir o movimento de algum palito. Além disso, também foram utilizados prendedores plásticos nas uniões dos membros, conforme a Figura 12 (C), com o objetivo de que o palito não empenasse devido à aplicação da cola. Todo esse processo de secagem durou cerca de 24 horas para cada face/lado da ponte.

**Figura 12 – Aplicação da cola de madeira na área do palito(A); fixação com auxílio das mãos (B); fixação com o auxílio de prendedores (C)**

Fonte: acervo dos autores (2023).

Como a estrutura treliçada é simétrica a partir de seu eixo central, levou-se em consideração a simetria da estrutura para ambos os lados, executando-se, de forma cuidadosa e metódica, cada elemento, bem como a distribuição das forças, de forma uniforme para todos os membros. Na execução da outra lateral da ponte, seguiu-se os mesmos procedimentos e métodos pré-estabelecidos e expostos anteriormente. Realizou-se também a união de ambos os lados, conforme a Figura 13.

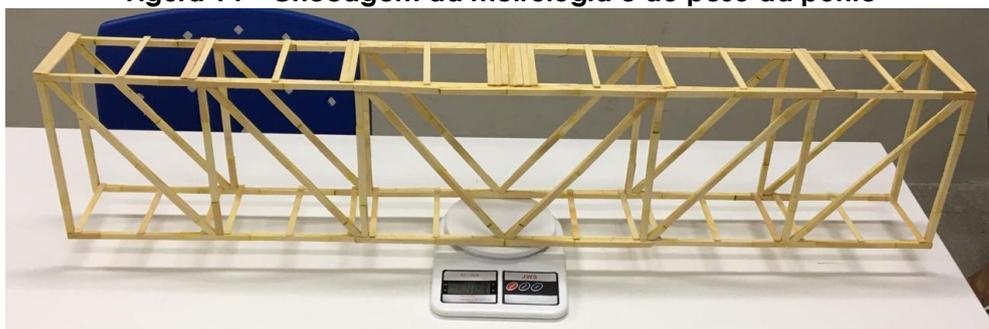
**Figura 13 – Vista interna da estrutura treliçada (A); vista lateral da estrutura treliçada (B)**



Fonte: acervo dos autores (2023).

De acordo com Barroso et al. (2016), é necessário utilizar uma estratégia para determinar o valor da construção da ponte, antes de ela estar completa, e o peso de cada elemento na influência do resultado final em massa. A partir desse momento, a inspeção da metrologia e do peso da ponte (Figura 14) torna-se imprescindível para torná-la legível aos critérios estabelecidos em edital.

**Figura 14 – Checagem da metrologia e do peso da ponte**

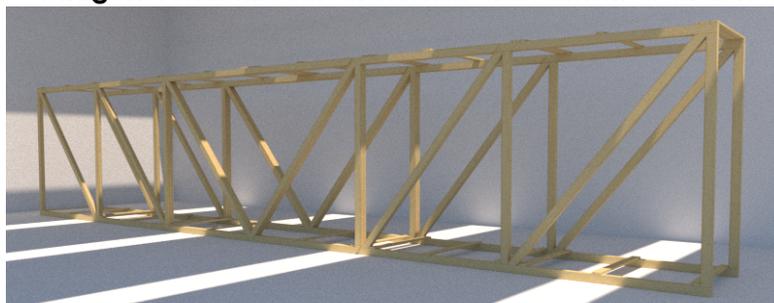


Fonte: acervo dos autores (2023).



O peso final da ponte, com a adição da cola Durepox e o incremento do vergalhão, totalizou 973 gramas. Dentro da Competição de Pontes de Palito de Picolé, ainda foram desenvolvidos o modelo tridimensional no software *SketchUP* e uma imagem comercial renderizada com auxílio do *plugin V-ray*. A Figura 15 exhibe essa representação.

**Figura 15 – Imagem renderizada com auxílio dos softwares *SketchUP* e *V-ray***



Fonte: acervo dos autores (2023).

Para o escopo do presente trabalho, o desempenho/eficiência dessa ponte dentro da CP3 não é avaliado. Entretanto, há que se ressaltar que o modelo, em sua edição, desempenhou um papel considerável, sendo a melhor em eficiência (valor obtido entre o valor de colapso dividindo sobre massa total da ponte), estética e valor de colapso, o que lhe resultou o segundo lugar na classificação geral.

## CONCLUSÕES

Pode-se perceber, neste trabalho, a importância do estudo teórico acerca das propriedades físicas dos materiais, da sua relação projetual e dos métodos de construção para um resultado homogêneo e coeso, dentro do fator de segurança. O importante papel de caráter extensionista que a Competição de Pontes com Palitos de Picolé proporciona demonstra uma multidisciplinaridade e a exposição de potencial e interesse pela área do conhecimento.

A aprendizagem por situações-problema exhibe sua capacidade de despertar e de interiorizar a identificação de falhas de projeto e planejamento e vai além, demonstrando a explicação do porquê de tal situação ocorrer. Além disso, a CP3 possibilita o trabalho em equipe, o aprofundamento de conceitos e o desenvolvimento de habilidades de forma holística.



O método desenvolvido para o presente artigo revela um processo de projeto que visa minimizar possíveis falhas projetuais, de concepção e principalmente de propriedade dos materiais.

## REFERÊNCIAS

- BARROS, M. A. et al. Sistemas mecânicos treliçados para auxiliar o aprendizado prático em mecânica geral. **Anais... XLVI CONGRESSO BRASILEIRO DE EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA**, Salvador, 2018.
- BARROSO, L. R. et al. Using the engineering design process as the structure for project-based learning: an informal stem activity on bridge-building. **Ieee Integrated Stem Education Conference (Isec)**, [s. l.], p. 249-256, mar. 2016.
- BEER F.P.; JOHNSTON, E. R. JR. **Resistência dos Materiais**. 3 ed. Pearson Makron Books: São Paulo, 1995.
- CESAR, D. S. et al. Teste de carga em ponte de palito de picolé. **Revista Científica Univiçosa**, Viçosa. v. 1, n.1, p. 283-288, 2015.
- DA SILVA BUSSOLO, H. et al. Relato do desafio de protótipos de pontes em escala reduzida – edição 2023: pontes de palitos de picolé. **Seminário de Iniciação Científica e Seminário Integrado de Ensino, Pesquisa e Extensão**, [s. l.], p. e31406, 2022.
- HIBBELER, R. C. **Resistência dos Materiais**. 5. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2004.
- HIBBELER, R.C. **Resistência dos materiais**. 7.ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2010.
- LEANDRO, R. I. M. et al. Avaliação das propriedades físicas de madeira serrada comercializada na região norte. **Anais... III Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia da Madeira**. Campinas, Galoá, 2017.
- RODRIGUES SILVA, J.; VIEIRA JUNIOR, N. Ensino de Estruturas Treliçadas via Competição de Protótipo de Ponte. 2022. **Revista de Ensino de Engenharia**, v. 41, p. 446-458, 2022.
- SILVA, I. L. A. et al. Popsicle stick lattice: design, fabrication and testing. **Brazilian Journal of Development**, [s. l.], v. 7, n. 5, p. 44277–44292, 2021.
- SINCAK, Y. et al. Física para todos: desenvolvimento de oficina voltada à construção de pontes com palitos para picolé. **Salão do Conhecimento**, [s. l.], v. 6, n. 6, 2020.
- SOARES, C. S.; BARROS, M. A. Avaliação de modelos estruturais treliçados como prática no aprendizado em mecânica geral. **Anais... IV CONAPESC**. Campina Grande: Realize Editora, 2019.