

APRENDIZADO ATIVO EM ESTRUTURAS: COMPARAÇÃO DE DESEMPENHO NA CONSTRUÇÃO DE PONTES DE PALITO ENTRE ALUNOS DO CURSO TÉCNICO EM EDIFICAÇÕES E ENGENHARIA CIVIL

ACTIVE LEARNING IN STRUCTURES: PERFORMANCE COMPARISON IN THE CONSTRUCTION OF STICK BRIDGES BETWEEN STUDENTS OF THE TECHNICAL COURSE IN BUILDING CONSTRUCTION AND CIVIL ENGINEERING

ISIS CLER DEPOLLI
INSTITUTO FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
isis.depolti@ifes.edu.br

ANDRÉ PEREIRA PINTO
INSTITUTO FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
andre.pereira2@ifes.edu.br

Resumo: O artigo analisa o desempenho de dois grupos de alunos na construção de pontes com palitos de picolé. O Grupo 1, composto por alunos do 8º período de Engenharia Civil, apresentou planejamento detalhado e aplicação de conhecimento técnico na execução das estruturas. O Grupo 2, alunos do 3º ano do curso integrado de Técnico em Edificações, iniciou a construção sem planejamento prévio, utilizando apenas o conhecimento básico adquirido até então. Ambos seguiram as mesmas orientações e realizaram testes de carga ao final. Os resultados mostraram que as pontes do Grupo 1 foram mais eficientes e resistentes, com melhor relação carga/peso. O estudo destaca a importância da aprendizagem ativa e da integração entre teoria e prática, evidenciando que a formação acadêmica influencia diretamente a qualidade e o desempenho dos projetos desenvolvidos. A abordagem baseada em projetos mostrou-se eficaz para o ensino de conceitos de engenharia de forma aplicada e significativa.

Palavras-chave: Ensino. Engenharia. Estruturas. Ponte. Palitos.

Abstract: *The article analyzes the performance of two student groups in building bridges using popsicle sticks. Group 1, composed of 8th-semester Civil Engineering students, presented detailed planning and applied technical knowledge in executing the structures. Group 2, from the 3rd year of the Integrated Building Technician course, started construction without prior planning, relying only on their basic knowledge. Both groups followed the same guidelines and performed load tests at the end. The results showed that Group 1's bridges were more efficient and resistant, with a better load/weight ratio. The study highlights the importance of active learning and integrating theory with practice, showing that academic training directly impacts the quality and performance of developed projects. The project-based approach proved effective for teaching engineering concepts in a practical and meaningful way.*

Keywords: *Teaching. Engineering. Structures. Bridge. Sticks.*

1 INTRODUÇÃO

A construção de pontes de palitos é amplamente utilizada como uma ferramenta pedagógica em cursos de Engenharia Civil e áreas afins. Essa prática alia conceitos teóricos de resistência dos materiais, equilíbrio estrutural e geometria a uma abordagem prática e experimental, permitindo que os estudantes visualizem e compreendam de forma tangível os princípios estruturais que regem as construções reais.

Além disso, esse tipo de atividade incentiva o desenvolvimento de habilidades como o trabalho em equipe, a resolução de problemas e a criatividade, uma vez que os participantes devem projetar e construir estruturas capazes de suportar cargas significativas utilizando recursos limitados.

Este estudo se propõe a analisar e comparar o desempenho de alunos de dois cursos distintos, mas relacionados, no processo de construção de pontes de palitos, uma atividade que simula a construção de estruturas em pequena escala. Os participantes deste experimento são alunos do 8º período da graduação em Engenharia Civil, cuja atividade foi desenvolvida na disciplina de Estruturas de Madeira e os alunos de 3º ano do curso técnico Integrado em Edificações — cuja atividade foi desenvolvida dentro do assunto de treliças, pertencente à ementa da disciplina Estruturas Isostáticas. Ambos os grupos são alunos do Instituto Federal do Espírito Santo— *campus* Nova Venécia.

Esperava-se diferenças significativas na abordagem da construção de cada grupo devido ao nível de formação, idade e objetivos. Enquanto os alunos do curso técnico são mais jovens (16 – 17 anos) e possuem uma formação técnica, os alunos da graduação são mais velhos ($\approx$ 24 anos) e têm um conhecimento mais aprofundado, adquirido ao longo de sua formação acadêmica, além de maior maturidade na abordagem de problemas e na busca das suas soluções.

O objetivo principal deste trabalho foi identificar diferenças no desempenho dos grupos, considerando o conhecimento prévio adquirido nas respectivas disciplinas e o impacto dessa formação sobre a capacidade de projetar e construir estruturas eficientes. A análise busca

compreender as influências do nível de formação acadêmica e da experiência prática nas tomadas de decisões, na execução, nos relacionamentos interpessoais e nos resultados finais das pontes de palitos, contribuindo para a reflexão sobre as metodologias de ensino em Engenharia e Edificações.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

De acordo com Beer *et al.* (2011), o estudo da mecânica dos materiais está fundamentado na compreensão de conceitos básicos e na utilização de modelos simplificados para representar comportamentos estruturais complexos. Um desses modelos simplificados é a treliça, que consiste em um sistema de barras conectadas por articulações. As barras de uma treliça, como as utilizadas em pontes de palitos de picolé, ficam sujeitas a esforços normais, ou seja, forças que atuam ao longo do eixo das barras, podendo causar compressão ou tração. Esse tipo de esforço é importante para o comportamento estrutural da ponte, uma vez que define como as barras irão se deformar ou resistir às forças externas.

Uma força normal é aquela que age ao longo do eixo da barra, podendo ser de compressão (quando a barra tende a se encurtar) ou de tração (quando a barra tende a se alongar). Esse conceito é essencial para a análise das pontes treliçadas de palitos, pois permite que os engenheiros calculem as forças que atuam em cada barra da treliça e determine quais barras estão sujeitas a compressão e a tração, o que influencia diretamente no dimensionamento das peças.

Além disso, o comportamento das pontes treliçadas depende de diversas propriedades mecânicas e de resistência dos materiais, como a resistência à tração e à compressão, e a rigidez, que no caso das pontes de palitos de picolé, se referem à madeira utilizada para a construção. Segundo Hibbeler (2018), a resistência dos materiais também leva em consideração as propriedades de flexão, cisalhamento e torção, embora, em pontes treliçadas, as forças predominantes sejam as de compressão e tração.

A madeira, material utilizado nas pontes de palitos de picolé, apresenta propriedades mecânicas próprias que influenciam sua performance. De acordo com Pfeil W. e Pfeil M. (2003), a madeira é

um material anisotrópico, suas propriedades variam conforme a direção da fibra. Isso significa que a resistência da madeira a esforços de tração e compressão é maior ao longo das fibras (direção longitudinal) e muito menor nas direções perpendicular e radial.

De acordo com a NBR 7190-1 (2022), a madeira apresenta uma resistência à compressão relativamente alta quando a carga é aplicada na direção das fibras. Por outro lado, sua resistência à tração nessa direção é geralmente mais baixa, o que pode representar um fator limitante em projetos de pontes treliçadas, que exigem um equilíbrio adequado entre as forças de compressão e tração.

A execução de pontes treliçadas de palitos de picolé envolve a aplicação de conceitos fundamentais de mecânica dos materiais, como as forças normais de compressão e tração, e propriedades mecânicas e de resistência específicas da madeira. O estudo das treliças, como descrito por Beer (2011), oferece uma compreensão detalhada de como os materiais se comportam sob cargas e como as propriedades dos materiais influenciam a eficácia estrutural da ponte. Para a construção de pontes de palitos, as propriedades mecânicas da madeira, como sua resistência à tração e compressão, rigidez e ductilidade, são fundamentais para o sucesso do projeto.

3 METODOLOGIA

Os alunos analisados eram compostos por dois grupos: uma turma do 8º período do curso superior de Engenharia Civil, formada por 17 alunos, os quais foram divididos em sete duplas e um trio; e duas turmas dos cursos Técnico Integrado em Edificações, uma composta por 34 alunos (divididos em seis trios e três quartetos) e outra composta por 30 alunos (divididos em dez trios).

Com o intuito de facilitar a análise das turmas neste estudo, optou-se por nomear a turma do curso superior de Grupo 1 e as duas turmas do curso técnico de Grupo 2.

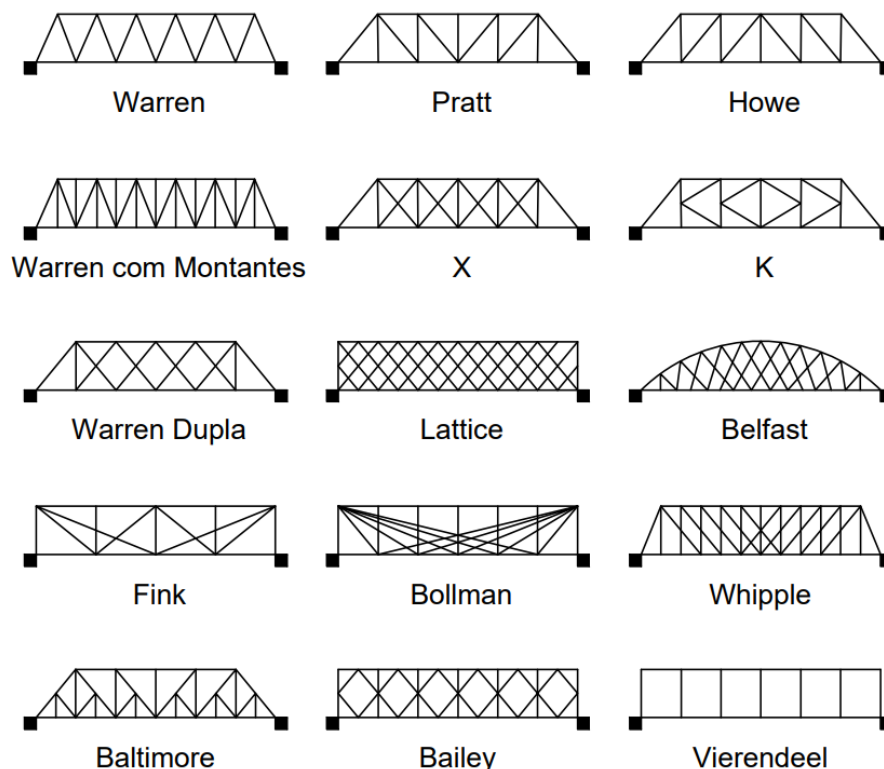
Para a construção das pontes foi utilizado o Laboratório de Materiais de Construção do *campus*, no horário das aulas das disciplinas Estruturas de Madeira (Grupo 1) e Estruturas Isostáticas (Grupo 2). Com isso, as turmas não acompanharam o processo de montagem umas das outras.

Os alunos tiveram quinze dias para devolver o protótipo para o ensaio e mais sete dias, após a ruptura, para entregar um relatório analisando o processo de montagem e os resultados.

Para a construção das pontes foram estabelecidas as seguintes regras:

- Limitações de peso e vão: A ponte (considerando os palitos e as suas ligações) não poderia ter massa superior a 500 g e deveria vencer um vão livre de 70 cm;
- Materiais permitidos: As pontes deveriam ser constituídas de palitos de picolé (madeira pinus) e ter suas ligações realizadas com cola de madeira, massa epóxi (durepox) ou supercola. As dimensões dos palitos de picolé eram de aproximadamente: 105 mm de comprimento; 2 mm de espessura; 10 mm de largura;
- Propriedades dos materiais: De acordo com Cesar *et al.* (2015), a resistência do palito feito de Pinus é de aproximadamente 52 Mpa na tração e 31MPa na compressão. Para ruptura por flambagem a resistência à compressão foi estimada via carga crítica de flambagem, utilizando o módulo de elasticidade de 7350 Mpa e coeficiente de Poisson de 0,3;
- Modelo das pontes: Foram disponibilizados 14 modelos de pontes treliçadas (conforme Figura 1) para que cada equipe discutisse e escolhesse o seu próprio modelo.
- Relatório: Foi exigida a apresentação de um relatório contendo os dados utilizados para construção da ponte.

Figura 1 - Modelo de treliça para as pontes



Fonte: Malik, C. Bridge Trusses and Internal Forces. Disponível em:
<https://ciaranmalik.org/diagrams/#jp-carousel-1812>. Acesso em: 15 jan. 2025; com atualização e adaptações.

3.1 PROPOSTA PARA OS ALUNOS DO GRUPO 1

A atividade valeu 20 pontos de um universo de 100 pontos disponíveis na disciplina. O grupo que obtivesse a maior relação resistência/peso e entregasse o relatório completo obteria 20 pontos na atividade. As demais equipes seriam ordenadas de forma decrescente e a que obtivesse a menor relação obteria 60% da nota da atividade, ou seja, 12 pontos (mínimo para aprovação na atividade). As relações intermediárias entre os dois extremos, receberiam notas intermediárias. As equipes que obtiveram uma relação resistência/peso menor que 10% em comparação uma da outra receberam a mesma nota.

A atividade não tinha como objetivo reprovar as equipes que obtivessem as menores relações, mas mostrar para os alunos do curso que os profissionais que conseguem desenvolver seus projetos com maiores relações de resistência/peso, que projetam estruturas mais eficientes, têm destaque

no mercado e costumam obter os melhores ganhos frente aqueles que obtêm relações menos atrativas.

O relatório exigido para este grupo deveria conter os dados utilizados para a construção da ponte, os diagramas de esforços normais e a memória de cálculo do dimensionamento das barras, comparação entre o resultado do dimensionamento e dos resultados obtidos no ensaio.

Neste grupo, foi permitido que mais de uma equipe utilizasse o mesmo modelo de treliça.

3.2 PROPOSTA PARA OS ALUNOS DO GRUPO 2

Com relação às turmas do curso técnico, foram passadas as mesmas prescrições daquelas apresentadas para a turma da Engenharia, com algumas exceções: primeiro, o peso foi limitado em 700g, a diferença teve como objetivo desafiar mais os alunos de graduação; e segundo, o relatório técnico se resumiu a apenas uma apresentação de *slides* abordando a definição geral de treliças, seus esforços principais, seu comportamento e fotos de obras reais que fizeram uso do modelo escolhido pelo grupo, haja vista que a abordagem de análise estrutural e dimensionamento é mais rasa nesse grupo em comparação com o anterior.

Os modelos disponibilizados para os alunos do curso técnico foram os mesmos apresentados na Figura 1. No entanto, após a escolha de determinado modelo por um grupo, os demais grupos não poderiam mais utilizá-lo. Com isso, buscou-se uma diversidade maior nos protótipos do grupo 2, já que o objetivo nesse caso era iniciar o conhecimento a respeito das treliças, do comportamento dos materiais e não imitar a vida prática de mercado como no caso do grupo 1.

A atividade para esse grupo valia 15 pontos de um universo de 100 pontos, sendo que todas as equipes que apresentassem as pontes e o relatório seriam contempladas com essa nota, independente da relação resistência/peso que alcançassem.

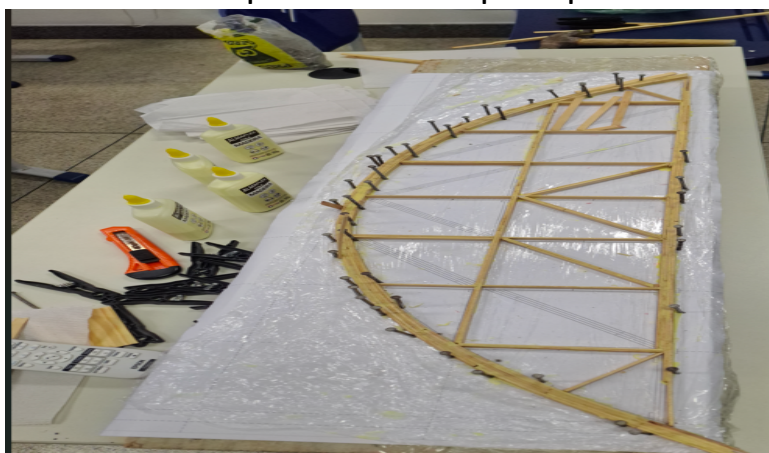
Para esses, além da nota, houve uma premiação em dinheiro. A proposta, feita pelos próprios alunos, foi que cada grupo desse um valor em dinheiro (R\$ 10,00) no ato do ensaio, o montante acumulado por todos os grupos de cada turma seria entregue ao grupo que obtivesse a maior

relação resistência/peso da turma. Cada turma do grupo 2 (M25 e M27) teria seu próprio montante e seu próprio grupo vencedor. Além do montante acumulado pelos alunos, a professora da disciplina deu um valor de R\$ 50,00 para cada turma.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os alunos do Grupo 1 iniciaram a atividade lançando o modelo no *software* de análise estrutural Ftool. Os mesmos despenderam cerca de uma semana para modelagem, análise e escolha do modelo junto ao programa. Após o dimensionamento, esses providenciaram cartolinas para desenhar os moldes de cada face da ponte e a quantidade de palitos necessários para cada barra, conforme Figura 2.

Figura 2 - Montagem do modelo em arco escolhido por uma das equipes do grupo 1. Nota-se o desenho ao fundo na cartolina para servir de molde para os palitos



Fonte: Elaborada pelos próprios autores.

Em contrapartida, os alunos do Grupo 2 não fizeram o modelo no Ftool, ainda que possuíssem domínio do *software* para tal e fossem aconselhados pela professora a fazê-lo. Eles escolheram seu modelo de ponte e iniciaram diretamente a montagem das barras, sem qualquer planejamento prévio (Figura 3). Por vezes, seus protótipos ficavam errados ou gravemente deformados, o que exigia a reconstrução total de alguns modelos. Tal ocorrência não foi detectada nos alunos do Grupo 1.

Figura 3 - Alunos do Grupo 2 iniciando o protótipo, nota-se que os mesmos começaram montando as pontes de forma totalmente livre, sem uso de nenhum molde



Fonte: Elaborada pelos próprios autores.

Durante a montagem dos protótipos, os alunos do Grupo 1 mediam, pesavam e eventualmente cortavam cada um dos palitos que seriam utilizados. Caso detectassem qualquer defeito ou empenamento nos palitos, a maior parte dos alunos optava pelo descarte dos mesmos. O que mostra uma noção da influência das condições dos materiais no desempenho geral da estrutura.

Já os alunos do Grupo 2 analisavam apenas visualmente os palitos, não mediam e nem pesavam, e só os descartavam caso estivessem notadamente danificados.

Os alunos de ambos os grupos fizeram uso de pregadores e pregos para manter as peças da treliça no lugar enquanto aguardavam a cola secar (Figura 4).

Figura 4 - Alunos do grupo 2 aguardando a cola de madeira secar



Fonte: Elaborada pelos próprios autores.

No que diz respeito à montagem, os alunos do Grupo 2 acabaram por demandar mais tempo do que os do Grupo 1, visto que tiveram mais imprevistos e erros durante a fase de execução. Uma das consequências da ausência de dimensionamento e planejamento prévio.

No relacionamento interpessoal entre os alunos, notou-se um espírito mais competitivo entre os alunos do Grupo 1, que evitavam montar seus protótipos muito próximos um dos outros, por vezes indo para outras salas para fazerem o trabalho de forma isolada, não compartilhando os materiais ou as *expertises* das montagens com outros grupos. Esses buscavam táticas de ligações entre os palitos próprias, a fim de obter a melhor relação resistência/peso. Já os do Grupo 2 fizeram os protótipos todos juntos e interagindo, compartilhando dicas, materiais e experiências.

O ensaio para cada turma ocorreu durante o horário de aula da disciplina base da atividade. A estratégia de colocação dos pesos era determinada pela equipe e repassada para o técnico do laboratório, que por questões de segurança aplicava o carregamento na ponte (Figura 5). Notou-se um grande interesse dos alunos e dos professores das demais turmas em assistir aos ensaios e opinar em relação a cada protótipo.

Figura 5 - Pontes do Grupo 1 sendo carregadas, 1º e 2º lugar respectivamente na competição



Fonte: Elaborada pelos próprios autores.

O objetivo dos ensaios era levar os protótipos a ruptura, portanto, ainda que o mesmo apresentasse grande deformação, continuava-se o carregamento até o colapso total. Notou-se que a maior parte das pontes altas apresentou grande instabilidade lateral. Tal fato prejudicou o seu desempenho e, apesar de terem sido concebidas para suportar maiores cargas, acabaram por romper antes, devido à instabilidade. As pontes mais baixas, no geral, suportaram melhor o carregamento.

Nas Tabelas 1, 2 e 3 são apresentados os resultados para cada uma das pontes.

Tabela 1 - Resultados dos ensaios do Grupo 1

Classificação	Peso das Pontes (g)	Carga máxima aplicada (kg)	Relação Carga/Peso (kg/g)	Notas das equipes
1	350,0	65,5	0,1871	20,00
2	445,0	80,0	0,1798	20,00
3	449,3	71,0	0,1580	18,29
4	341,1	51,0	0,1495	18,29
5	476,0	60,0	0,1261	16,42
6	329,0	40,0	0,1216	16,42
7	335,1	30,0	0,0895	14,28
8	276,7	14,0	0,0506	12,00

Fonte: Elaborada pelos próprios autores.

Tabela 2 - Resultados dos ensaios do Grupo 2, turma A

Classificação	Peso das Pontes (g)	Carga máxima aplicada (kg)	Relação Carga/Peso (kg/g)
1	261,9	50,0	0,191
2	425,2	80,0	0,188
3	324,3	55,5	0,171
4	456,2	70,0	0,153
5	514,0	60,0	0,117
6	366,3	40,0	0,109
7	669,6	71,0	0,106
8	382,0	33,0	0,086
9	347,0	22,0	0,063
10	366,3	20,0	0,055
11	697,4	21,0	0,030

Fonte: Elaborada pelos próprios autores.

Tabela 3 - Resultado dos ensaios do Grupo 2, turma B

Classificação	Peso das Pontes (g)	Carga máxima aplicada (kg)	Relação Carga/Peso (kg/g)
1	514,5	84,0	0,163
2	663,0	71,0	0,107
3	545,7	40,0	0,073
4	616,4	40,0	0,065
5	478,6	30,0	0,063
6	600,0	31,0	0,052
7	398,5	20,0	0,050
8	512,0	21,0	0,041
9	392,0	13,0	0,033

Fonte: Elaborada pelos próprios autores.

Nota-se que todos os protótipos respeitaram o peso máximo estipulado. A ponte mais pesada ficou na quinta posição, enquanto a que aguentou mais peso ficou na segunda posição. Devido à abordagem didática escolhida para dar as notas, que previa uma tolerância de até 10% nas relações, o primeiro e segundo lugar obtiveram a nota máxima do trabalho. Com exceção da 7ª e

8ª posição, nota-se um desvio padrão de 0,027, ou seja, não houve grandes discrepâncias entre as relações. O que evidencia o bom planejamento realizado pelos alunos de Engenharia.

Com relação aos pesos das pontes, em média os grupos trabalharam com peso por volta dos 75% do limite máximo, sendo que a última colocada usou apenas 55% do peso máximo permitido.

Apesar de poder atingir até 700g; nota-se, referente à turma A, que 3 protótipos não alcançaram menos 50% deste valor. Enquanto os grupos da 7ª e 11ª classificação por pouco não foram eliminados por atingir o peso máximo. Isso evidencia uma das consequências da falta de planejamento da turma. A turma A atingiu a melhor relação em relação a ambos os grupos, com uso de uma estrutura leve e resistente. No entanto, obteve um desvio padrão maior que do grupo 1 (0,055).

Com relação à turma B houve um menor desempenho geral quando comparado à turma A e ao grupo 1. Para a turma B tem-se um desvio padrão de 0,04.

5 CONCLUSÃO

Com base na análise apresentada, conclui-se que a abordagem adotada por cada grupo influenciou diretamente os resultados obtidos, refletindo perfis e níveis de formação distintos. O Grupo 1, composto por alunos do curso de Engenharia, demonstrou maior familiaridade com ferramentas de modelagem e análise estrutural, bem como maior investimento de tempo no planejamento e na seleção de materiais. Essa postura, esperada em função de sua trajetória acadêmica mais avançada, resultou em protótipos com menor incidência de falhas e maior uniformidade nos resultados.

O Grupo 2, formado por alunos do curso técnico integrado ao ensino médio, apresentou uma dinâmica marcada por forte interação colaborativa e ambiente de compartilhamento de ideias. Embora tenham enfrentado maiores dificuldades em termos de planejamento técnico, o envolvimento coletivo contribuiu para a construção de um processo de aprendizagem significativo, especialmente no desenvolvimento de habilidades interpessoais, resolução de problemas em grupo e criatividade.

Os resultados indicam que as diferenças de desempenho entre os grupos devem ser compreendidas à luz de seus respectivos contextos formativos. A experiência evidenciou que, para além dos resultados técnicos, o sucesso pedagógico está diretamente ligado ao desenvolvimento integral dos alunos. Dessa forma, ressalta-se a importância de adaptar as estratégias de ensino às especificidades de cada público, promovendo tanto competências técnicas quanto colaborativas e críticas — fundamentais para a formação profissional em diferentes níveis de ensino.

4 REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7190-1, **Projeto de estruturas de madeira – Parte 1: Critérios de dimensionamento**. Rio de Janeiro, 2022.
- BEER, F. P.; JOHNSTON, E. R. JR.; DEWOLF, J. T.; MAZUREK, D. F. **Resistência dos Materiais**. 3. ed. São Paulo: Pearson Makron Books, 2011.
- CESAR, D. S.; LIMA, G. F. N.; CASTOR, H.; COSTA, Y. F. M.; OLIVEIRA, A. H. P.; SILVA, M. A. P. Teste de carga em ponte de palito de picolé. **Revista Científica Univiçosa**, Viçosa, v. 1, n.1, p. 283-288, 2015.
- HIBBELER, R.C. **Resistência dos Materiais**. 7. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2018.
- MALIK, C. **Bridge Trusses and Internal Forces**. Disponível em: <https://ciaranmalik.org/diagrams/#jp-carousel-1812>. Acesso em: 15 jan. 2025.
- PFEIL, W; PFEIL, M. **Estruturas de Madeiras**. 6. ed. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 2003.
- RODRIGUES SILVA, J.; VIEIRA JUNIOR, N. Ensino de Estruturas Treliçadas via Competição de Protótipo de Ponte. **Revista de Ensino de Engenharia**, v. 41, p. 446-458, 2022.
- SILVA, F. A. et al. Metodologia para construir pontes com palito de picolé. **Revista de Ensino de Engenharia**, v. 43, p. 45-61, 2024.
- SILVA, I. L. A.; DE SOUZA, J. C.; CORREIA, L. G.; ROCHA, P. H.; SILVA, R. H. G.; JÚNIOR, R. V. DA S. Treliça de palitos de picolé: projeto, fabricação e ensaio / Popsicle stick lattice: design, fabrication and testing. **Brazilian Journal of Development**, v. 7(5), p. 44277–44292, 2021.
- SINCAK, Y.; FONSECA, R. M.; KUSCHEL, A. L. H.; RODRIGUES, M. F. 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. Avaliação de modelos estruturais treliçados como prática no aprendizado em mecânica geral. In: IV CONGRESSO NACIONAL DE PESQUISA E ENSINO EM CIÊNCIAS, 2019, Campina Grande/PB. **Anais**. Campina Grande, 2019.