



## PROJETO PONTES DE PALITOS DE PICOLÉ

**André de Noni<sup>1</sup>**

**Nathiely Colombo Machado<sup>2</sup>**

**Adelor Felipe da Costa<sup>3</sup>**

**Luiz Carlos de Cesaro Cavaler<sup>4</sup>**

**Fabio Peruch<sup>5</sup>**

**Resumo:** A Aprendizagem Ativa Baseada em Problemas (ABP) envolvendo a construção de uma ponte de palitos de picolé, explora o potencial da engenharia no desenvolvimento de estruturas, máquinas e pontes, com menor relação peso versus resistência mecânica, com projetos inovadores e, o desafio de criar estruturas que se tornem marcos para uma cidade. Os acadêmicos devem trabalhar em equipes de futuros engenheiros e engenheiras para projetar e construir suas pontes utilizando apenas cola e palitos de picolé. No encontro final foram testadas as pontes usando pesos, dessa forma avaliando os resultados obtidos e, apresentando suas descobertas a classe.

**Palavras-chave:** Ponte de Palitos de Picolé. Estruturas. ABP.

### 1 INTRODUÇÃO

Este trabalho faz parte da disciplina de estática da 3ª fase do curso de Engenharia Mecânica e Engenharia de Minas e, foi desenvolvido no primeiro semestre de 2019. A metodologia do trabalho baseia-se em Aprendizagem Baseada em Problemas (ABP).

O docente propôs que o acadêmico faça parte de uma equipe de engenheiros(as) que recebeu o desafio de projetar uma ponte usando até 500 palitos de picolé e cola. As pontes deverão suportar um peso mínimo de 10 kg por 20 segundos e, serem capaz de vencer um vão livre de 600 mm de extensão livre, com peso próprio máximo de 600 g. A avaliação se dará levando em consideração três quesitos, atendimento as regras estabelecidas, suporte de carga mínima e máxima suportada pela ponte e, quesitos inovadores na construção da ponte.

---

<sup>1</sup> Graduando em Engenharia Mecânica E-mail: andre\_de\_noni@hotmail.com

<sup>2</sup> Graduanda em Engenharia Mecânica E-mail: nathielycmachado@gmail.com

<sup>3</sup> Prof. da Engenharia Mecânica E-mail: adelor.costa@satc.edu.br

<sup>4</sup> Prof. da Engenharia Mecânica E-mail: luiz.cavalier@satc.edu.br

<sup>5</sup> Prof. da Engenharia Mecânica E-mail: fabio.peruch@satc.edu.br



O objetivo geral do trabalho foi desenvolver uma ponte treliçada com palitos de picolé. Os objetivos específicos deverão contemplar a componente curricular que são: aplicar conhecimentos básicos de mecânica dos sólidos, análise estrutural e estática para resolver problemas de Engenharia, projetar sistemas estruturais simples, colocar em prática o que é estudado e abordado dentro das salas de aula e, estimular a criatividade e aceitação de novos desafios explorando trabalho em equipe e competitividade.

Para o desenvolvimento deste trabalho empregou-se basicamente palitos de picolé e cola. Através dos conteúdos de Estática (treliças: forças e momentos), os acadêmicos construíram estruturas que obtiveram a melhor distribuição de massa e resistência mecânica com o menor peso.

Os conhecimentos adquiridos do trabalho possibilitarão os futuros Engenheiros Mecânicos a postularem empregos na área de estruturas metálicas, uma área altamente promissora e competitiva mundialmente.

A técnica adotada para estimular os alunos foi a gameificação, ou seja, no final do trabalho houve uma competição com regras e normas preestabelecidas.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Nessa seção serão reportadas as principais tipos de pontes e, construções históricas.

### 2.1 TIPOS DE PONTES

Basicamente existem seis tipos de pontes: em arco, em viga, estaiada por cabos, cantiléver, suspensa e treliçada (IEE, 2019).

#### 2.1.1 Ponte em arco

São chamadas assim por possuir um arco e suportes em cada extremidade. As primeiras pontes em arco conhecidas foram construídas pelos gregos. Uma das mais antigas é a ponte de Arkadiko. O peso da ponte é transferido para os suportes das extremidades.



### **2.1.2 Ponte em viga**

Pontes em viga, são quando vigas horizontais são sustentadas em cada extremidade por pilares. As primeiras pontes em viga eram simples toras de madeiras colocadas sobre riachos e outras estruturas simples semelhantes. Atualmente, as pontes em viga. São pontes de grandes vigas de metal em caixa. O peso na parte superior da viga é transferido diretamente para baixo nos pilares da sua extremidade.

### **2.1.3 Ponte estaiada por cabos**

Da mesma forma que as pontes suspensas, as pontes estaiadas por cabos são suspensas por cabos. No entanto, em uma ponte estaiada por cabos, menos cabos são necessários, e as torres que sustentam os cabos são, proporcionalmente, mais curtas.

### **2.1.4 Ponte cantiléver**

Pontes cantiléver são construídas usando-se cantilêveres, ou seja, vigas em balanço, que são vigas horizontais suportadas somente por um lado. A maioria das pontes cantiléver emprega 2 braços cantiléver, que se estendem dos lados opostos de o obstáculo a ser transposto e se encontram no centro.

### **2.1.5 Ponte suspensa**

As pontes suspensas são sustentadas por cabos. As primeiras pontes suspensas foram feitas com cordas feitas de trepadeiras cobertas de pedaços de bambu. Nas pontes modernas, os cabos pendem de torres que são fixadas a caixões ou ensecadeiras, que são incrustados profundamente no leito de um lago ou rio. Na figura 4 é mostrado um exemplo desse tipo de ponte.

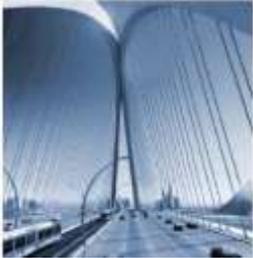
### 2.1.6 Ponte treliçada

Pontes treliçadas são compostas de elementos conectados. Elas têm um tabuleiro sólido e uma treliça de suportes unidos por pinos nas laterais. As primeiras pontes treliçadas eram feitas de madeira, mas as pontes treliçadas modernas são fabricadas em aço.

## 2.2 CARACTERÍSTICAS DOS PRINCIPAIS TIPOS DE PONTES

Na Tab. 1 são mostradas as características e figuras dos principais tipos de pontes.

Tabela 1: Principais tipos de pontes.

Ponte em arco	A maior ponte em arco do mundo, está sobre a Enseada de Dubai, nos Emirados Árabes Unidos.	
Ponte em viga	A ponte Evergreen conhecida como “SR 520”, é a mais longa ponte em viga flutuante do mundo, com 2.350 metros de comprimento, pesando 230 mil toneladas de concreto.	
Ponte estaiada por cabos	A ponte estaiada por cabos mais longa do mundo é a ponte Tatara, sobre o lado salgado se Seto, no Japão.	
Ponte cantiléver	A maior ponte cantiléver do mundo é a Ponte de Québec, no Québec, Canadá, com 549 metros.	

Ponte suspensa	A ponte suspensa mais comprida do mundo é a ponte Akashi-Kaykio, no Japão com 3911 metros de comprimento.	
Ponte treliçada	A ponte de Québec além de ser a maior ponte cantiléver, também é a maior ponte treliçada do mundo.	

Fonte: Adaptado de IEE (2019).

## 2.3 CONSTRUÇÕES HISTÓRICAS

Na sequencia encontram-se duas construções históricas icônicas para a época.

### 2.3.1 Ponte de Firth of Forth – Escócia

Firth of Forth é uma ponte ferroviária cantiléver sobre o Firth of Forth, no Leste da Escócia (IEE, 2019). A ponte é, ainda hoje, considerada uma maravilha de engenharia. Tem 2,5 km (1,5 milha) de comprimento e os trilhos duplos ficam elevados 46 m (aproximadamente 150 pés) acima da maré alta. Ela consiste em dois vãos principais de 520 m (1.710 pés), dois vãos laterais de 206 m (675 pés), 15 vãos de aproximação de 51 m (168 pés) e cinco de 7,6 m (25 pés). Cada vão principal é composto de dois braços cantiléver de 210 m (680 pés), suportando uma ponte de viga central com vão de 110 m (350 pés). As três grandes estruturas cantiléver de quatro torres têm 104 m (340 pés) de altura, sendo que cada sapata de 21 m (70 pés) de diâmetro repousa sobre uma fundação separada. O grupo Sul de fundações precisou ser construído como ensecadeiras com ar comprimido, até uma profundidade de 27 m (90 pés). No pico das obras, aproximadamente 4.600 trabalhadores participaram de sua construção (Fig. 1a).

Figura 1: Construções históricas: a- Ponte de Firth of Forth, b - Ponte da Baía de Sydney.



(a)



(b)

Fonte: IEE, 2019.

### 2.3.2 Ponte da Baía de Sydney - Austrália

A Ponte da Baía de Sydney é uma ponte em arco de aço que cruza a Baía de Sydney e transporta trens, veículos e pedestres entre o centro financeiro de Sydney e a área da Costa Norte (IEE, 2019). A visão imponente da ponte, da baía e da Ópera de Sydney, próxima à ponte é uma imagem icônica tanto de Sydney quanto da Austrália. A ponte foi projetada pela Dorman Long and Co Ltd., de Middlesbrough, Teesside (Reino Unido) e foi a estrutura mais alta da cidade até 1967. De acordo com o livro Guinness de Recordes, ela é a ponte de grande vão mais larga do mundo e a ponte em arco de aço mais alta do mundo, medindo 134 metros (429,6 pés) do topo ao nível da água. Ela também é a ponte em arco com o quarto maior vão livre do mundo. O arco é composto de duas treliças em arco com 28 painéis. Suas alturas variam de 18 m (55,6 pés), no centro do arco, a 57 m (176,7 pés), ao lado das torres (Fig. 1b).

### 3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Para executar o trabalho foram colocadas algumas métricas, descritas na sequência.

#### 3.1 EQUIPE

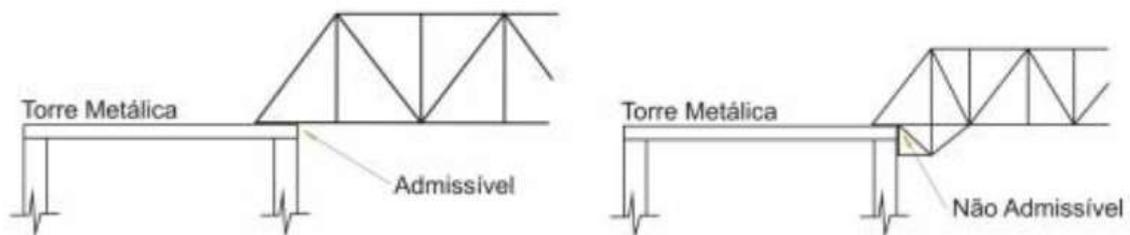
Será permitido equipe de até 6 integrantes.

#### 3.2 REGRAS E REGULAMENTO

As regras da competição são as seguintes:

- I. Cada grupo poderá participar com apenas uma ponte;
- II. Antes da realização dos testes de carga das pontes, cada grupo deverá apresentar uma estimativa do valor da carga de colapso da sua ponte por escrito;
- III. Cada equipe pode utilizar no máximo 500 palitos (115 mm de comprimento e 8,4 mm de largura ou aproximado) e cola (livre para escolha da equipe);
- IV. A ponte poderá ter peso próprio de no máximo 600 g;
- V. A ponte deve ser capaz de superar um vão livre de 600 mm de extensão;
- VI. Deve ser deixado um comprimento nas extremidades da ponte de no mínimo 100 mm, que possibilite realizar o apoio da mesma para ensaio de carga, a ponte deve ser apoiada livremente;
- VII. Deve possuir em seu centro, pelo menos 200 mm de extensão plana, para que possam ser apoiados os pesos durante o ensaio de carga;
- VIII. Não será admitida a utilização das faces verticais da mesa de apoio como pontos de apoio da ponte, Fig. 2.

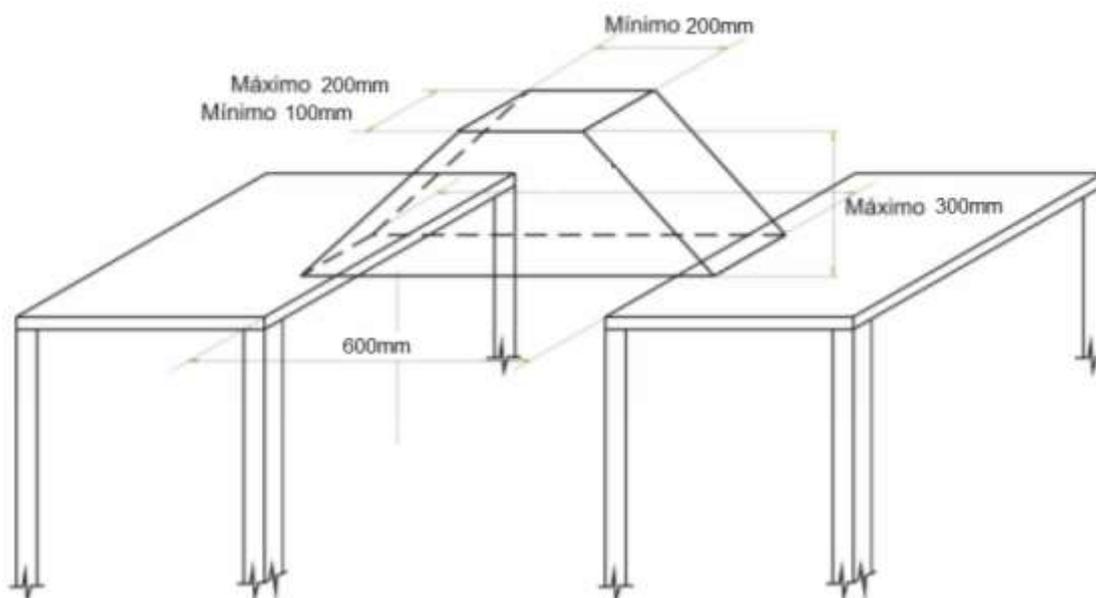
Figura 2: Esquema dos apoios.



Fonte: Do Autor (2019).

- IX. A altura máxima da ponte, medida verticalmente desde seu ponto mais baixo até seu ponto mais alto, não deverá ultrapassar 300 mm, Fig. 3;
- X. A ponte deverá ter uma largura mínima de 100 mm e máxima de 200 mm, ao longo de todo seu comprimento, Fig. 3;
- XI. A ponte deverá ser indivisível, de tal forma que partes móveis ou encaixáveis não serão admitidas;
- XII. A ponte não poderá receber nenhum tipo de revestimento ou pintura;
- XIII. O peso -próprio da ponte não poderá ser superior a 600 g. Caso contrário, a equipe perderá 50% de sua pontuação total.

Figura 3: Esquema da ponte de palito de picolé.



Fonte: Do Autor (2019).

### 3.3 NORMAS PARA A REALIZAÇÃO DOS TESTES DE CARGA

Os testes foram realizados da seguinte forma:

- I. A ordem da realização dos testes de carga das pontes corresponderá, conforme o sorteio que ocorrerá no dia das apresentações;
- II. Cada grupo indicará um de seus membros para a realização do teste de carga de sua ponte;



III. No momento da entrega de cada ponte, membros da comissão de fiscalização do concurso procederão à pesagem e medição da ponte e à verificação do cumprimento das prescrições deste regulamento;

IV. A carga inicial a ser aplicada será de 10 kg. Se após 20 s de ter aplicado a carga, a ponte não apresentar danos estruturais, será considerado que a ponte passou no teste de carga mínima, e ela estará habilitada para participar do teste da carga de colapso;

V. Se a ponte passou no teste da carga mínima, as cargas posteriores serão aplicadas em incrementos definidos pela comissão organizadora posteriormente. Será exigido um mínimo de 10 s entre cada aplicação de incremento de carga;

VI. Será considerado que a ponte atingiu o colapso se ela apresentar severos danos estruturais menos de 10 s após a aplicação do incremento de carga. A carga de capacidade portante oficial da ponte será a última carga que a ponte foi capaz de suportar durante um período de 10 s, sem que ocorressem severos danos estruturais;

VII. Caso ocorra o tombamento ou qualquer situação de instabilidade, a comissão julgadora poderá interromper o ensaio, considerando a última carga para a avaliação da capacidade portante;

VIII. Após o colapso de cada ponte, os restos da ponte testada poderão ser examinados por membros da comissão de fiscalização, para verificar se na sua construção foram utilizados apenas os materiais permitidos. Caso seja constatada a utilização de materiais não permitidos, a ponte estará desclassificada.

#### **4 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Os ensaios de carga foram realizados em 29/6/2019 no corredor do prédio 13, onde localizam-se a maioria dos laboratórios da Engenharia Mecânica da Faculdade SATC.

Todas as equipes tiveram a possibilidade de colocar os pesos até a ruptura da estrutura, Fig. 4 e 5.

Figura 4: Colocação dos pesos 1 na ponte de palito de picolé.



Fonte: Do Autor (2019).

Figura 5: Colocação dos pesos 2 na ponte de palito de picolé.



Fonte: Do Autor (2019).

A equipe vencedora apresentou uma ponte com palitos de picolé com 470 g e, suportou uma carga de 150 kg. Como acabaram os pesos não houve a possibilidade de testar a mesma até o colapso, Fig. 6.

Figura 6: Equipe vencedora.



Fonte: Do Autor (2019).

No final da competição foi realizada uma foto com todos os membros, das equipes, Fig. 7.

Figura 7: Equipes participantes reunidas.



Fonte: Do Autor (2019).

Para o próximo semestre os ensaios de carga serão realizados no LACAMI (Laboratório de Caracterização Microestrutural) da Faculdade SATC. A máquina



empregada será a Máquina Universal DC 10000 EMIC, empregando o *software* TESC3, onde é gerado um gráfico tensão versus deformação. Esse gráfico será através da aquisição da força por uma célula de carga e o deslocamento por extensômetro. Dessa forma será uma atividade multidisciplinar, envolvendo as disciplinas de Estática e Ciência e Tecnologia dos Materiais II.

## REFERÊNCIAS

IEE Try Engineering. Arquivo extraído da internet em outubro de 2019. Disponível em: <http://tryengineering.org/wp-content/uploads/PortuguesePopsiclebridge.pdf>

GONZÁLEZ, Luis Alberto Segovia: Competição de Ponte de Espaguete da UFRGS. Arquivo extraído da internet em outubro de 2019. Disponível em: <http://www.ppgec.ufrgs.br/segovia/espaguete/>

UBI engenharias, Construir Minas, Interpontes.

UFPR, Construir Minas, Interpontes.

UFRGS, Construir Minas, Interpontes.

UPF, Construir Minas, Interpontes.

UFJF, Construir Minas, Interpontes.