

## **A IMPORTÂNCIA DA CONFEÇÃO DE PONTES DE MACARRÃO PARA O PROCESSO DE ENSINO-APRENDIZAGEM DA DISCIPLINA DE MECÂNICA GERAL.**

**André Canto de Oliveira**

(IFBA - Instituto Federal de Educação, Ciências e Tecnologia da Bahia)

**Sarah Gomes de Souza**

(IFBA - Instituto Federal de Educação, Ciências e Tecnologia da Bahia)

**Mayane Reis Pereira**

(IFBA - Instituto Federal de Educação, Ciências e Tecnologia da Bahia)

**Emilli Maciel Queiroga**

(IFBA - Instituto Federal de Educação, Ciências e Tecnologia da Bahia)

**Franklin Delano Porto Júnior**

(IFBA - Instituto Federal de Educação, Ciências e Tecnologia da Bahia)

**Resumo:** Com base em experiências didáticas similares relatadas em várias instituições de ensino do exterior e numa iniciativa pioneira no Brasil em competições desta natureza, o projeto de construção da Ponte de Macarrão ou Espaguete, foi proposto pela primeira vez aos alunos da UFRGS no semestre 2004/1, como um trabalho prático de várias disciplinas do Departamento de Engenharia Civil da UFRGS, e consiste na análise: o projeto, a construção e o ensaio destrutivo de uma ponte treliçada de macarrão do tipo espaguete, conforme as especificações detalhadas no regulamento da competição (UCAM). Visando o conhecimento que o projeto pode trazer para os estudantes do curso de Engenharia Civil, este artigo foi constituído para analisar os pontos positivos desse tipo de didática utilizada pelos professores e como esta influencia o processo de ensino-aprendizagem do aluno. Foram analisadas 5 enquetes de alunos do Instituto Federal da Bahia (IFBA) a respeito do engajamento do projeto, as motivações para a confecção da ponte, os conhecimentos adquiridos através da prática e da teoria utilizada, bem como a compreensão da disciplina de Mecânica Geral. Com isso, foi possível compreender que os alunos se sentem motivados quando se tem uma atividade na qual eles são capazes de desenvolver suas habilidades cognitivas. Ademais, para a maioria o projeto, além de ser um material capaz de disseminar os conceitos básicos de estruturas tem como proposta o exercício da função, ou seja, comunicação, trabalho em equipe para execução do projeto, criatividade e organização, fatores importantes para um estudante de Engenharia Civil.

**Palavras-chave:** Engenharia Civil, Estruturas, Ponte de Macarrão, Ensino-Aprendizagem

### **INTRODUÇÃO**

O curso de engenharia civil trata-se de uma união entre teoria e prática na maioria das matérias presentes na grade curricular visto que, essa harmonia garante ao graduando certa confiança ao se tornar engenheiro, pois os assuntos serão mais bem absorvidos e adaptados para a realidade. Entretanto, no início do curso, parte dos universitários sentem-se desanimados posto que as principais matérias se tratam de cálculo e física em geral, na qual não conseguem enxergar suas aplicações no curso em si.

É necessário, portanto, criar mecanismos que promovam o interesse dos universitários a fim de que a taxa de desistência do curso seja reduzida. Para tanto, a ponte de macarrão surge como uma forma de proporcionar esta interação de unificar ambas aprendizagens, levando o

aprendizado básico do curso à aplicação em uma área de estruturas, as quais possuem forma de treliça (GONZÁLEZ, MORSCH, MASUERO, 2005). A confecção de pontes de macarrão trata-se de uma atividade realizada em inúmeras instituições brasileiras e no exterior. A primeira instituição a realizar esse projeto foi a Okaganan College em Colúmbia Britânica. Já no Brasil, iniciou-se na Universidade Federal do Rio Grande do Sul sendo, posteriormente, seguida por outras universidades e institutos.

As pontes de macarrão se tornaram eficientes no ensino da área de estruturas visto que os graduandos necessitam realizar testes com pesos e determinar as tensões das barras tanto como as reações que ocorrem nos nós da ponte. Além disso, esse projeto se abrange em relação ao aprendizado dos alunos em virtude da necessidade dos mesmos se apoiarem em softwares que os auxiliam na realização do trabalho como os programas Ftool e Autocad. O objetivo desse artigo é mostrar a importância de projetos, como a ponte de macarrão, no ensino da área de engenharia civil e se os mesmos realmente são eficazes na aprendizagem das disciplinas de estruturas.

## **METODOLOGIA**

A metodologia utilizada no desenvolvimento do artigo tem como principais fundamentos uma pesquisa que teve como público alvo os graduandos do curso de Engenharia Civil do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia, campus de Vitória da Conquista, onde foi possível analisar os graus de dificuldade, eficácia, entendimento, importância e motivação dos alunos que participaram da confecção de pontes de espaguete, além de cuidadosas análises bibliográficas, onde se buscou averiguar a aplicabilidade dessa dinâmica criativa na disciplina estudada, quais os cálculos necessários para tal e quais as instituições de ensino que se utilizam dessa prática para melhorar o processo de ensino-aprendizagem do país.

Segundo Gama (2007, p. 21), “do ponto de vista construtivista, o aprendiz é um ser ativo na interação, é co-responsável pelo aprendizado, pois ele tenta formular novas respostas, idéias e hipóteses [...]”. Sendo assim, foi possível relacionar a teoria fundamentada da análise bibliográfica com a prática relatada da pesquisa realizada.

## **APLICABILIDADE NA DISCIPLINA DE MECÂNICA GERAL**

Na confecção da ponte de macarrão, é necessário a realização de cálculos que permita saber o peso que a mesma suporta. Para tanto, utiliza-se dos assuntos presentes nas disciplinas relacionadas às estruturas como por exemplo, Mecânica Geral. Sabe-se que pontes são estruturas isostáticas, ou seja, não há nenhum tipo de movimentação na horizontal nem na vertical, logo, o número de incógnitas a determinar é igual ao número de equações de equilíbrio.

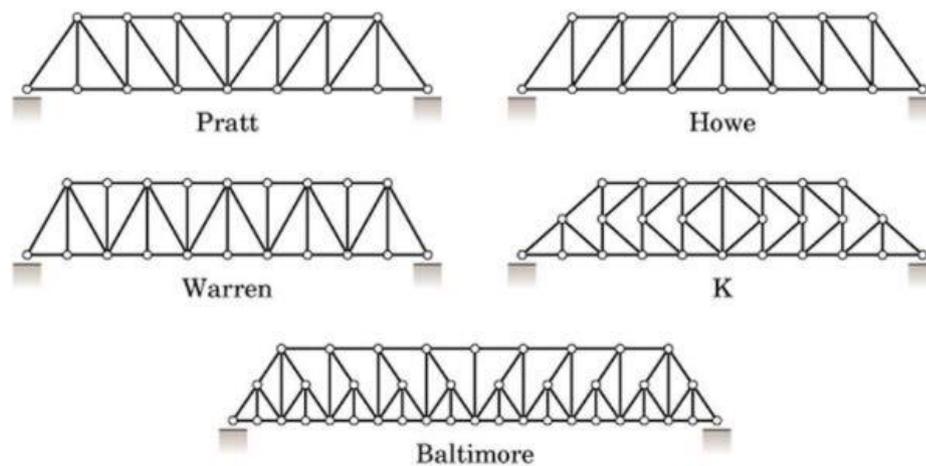
Cada tipo de ponte lida com duas forças importantes, chamadas de compressão, força que age para comprimir e tração, força que age para expandir. Essas forças estão presentes em todas as pontes, portanto, é necessário lidar com as mesmas sem riscos de que a ponte entorte ou que haja rachaduras. O termo entortar significa que sua força de compressão foi ultrapassada e rachadura trata-se do excesso de tração sobre o objeto. Logo, a melhor maneira de resolver esses dois problemas é a dissipação ou transferência de forças, espalhando sobre uma área ou mudando a área de fraqueza para uma projetada para suportar cargas maiores.

Além disso, os conhecimentos dessas disciplinas são extremamente importantes para determinação dos esforços nas treliças confeccionadas. Para tanto, são utilizados dois métodos da área de mecânica para o cálculo dos esforços aplicados chamados de Método dos Nós ou Método de Cremona e Método de Ritter ou Método das Seções. Portanto, é possível observar que na construção do projeto da ponte de macarrão, a teoria estrutural é extremamente aplicada para que a mesma consiga suportar determinada carga sem sofrer alteração na sua estrutura.

## **MODELOS DE PONTES E CÁLCULO ESTRUTURAL DA TRELIÇA**

Para a confecção de pontes de espaguete é necessário escolher um modelo e a partir daí iniciar o projeto e cálculos utilizando os softwares desejados. Normalmente, utiliza-se o AutoCad para o desenho da estrutura da ponte e FTool que é um programa implementado pelo Professor Luiz Fernando Martha do Departamento de Engenharia Civil da Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC-RJ), de fácil manuseio que permite uma análise estrutural bidimensional de barras, calculando diagramas de esforços, reações e deslocamentos.

Na figura abaixo estão alguns modelos de pontes treliçadas mais utilizados entre os graduandos de Engenharia Civil para a produção da ponte de espaguete.



**Figura 1** - Modelos comumente usados em ponte treliçada  
**Fonte:** PROF. FRANKLIN DELANO, 2017

A estrutura da ponte geralmente é formada por treliças espaciais, compostas por barras retas sempre formando triângulos, dispostas em planos diversos e a união das barras (elementos) são feitas por um ponto de ligação chamado nó. Como citado anteriormente, existem dois tipos de forças internas, também conhecidas como esforços, que atuam ao longo de uma barra de treliça, a compressão e a tração. São elas que definem o diâmetro do elemento, ou seja, a quantidade de fios de espaguete. À medida que a força interna tende a encurtar a barra ela está comprimindo e por convenção é negativa. Quando esta força tende a esticar a barra ela está tracionada e é positiva.

A partir dos conceitos de Mecânica Geral sobre equilíbrio dos corpos, sabe-se que a estrutura permanece estável se em todos os nós exista o equilíbrio de forças atuando sobre ele. Considerando um sistema de eixos com coordenadas XY, para que uma estrutura permaneça segura é necessário que o somatório de forças horizontais ( $\sum x = 0$ ), verticais ( $\sum y = 0$ ) e momentos em cada nó sejam iguais à zero. Dessa forma, o sistema permanece harmônico e equilibrado. Pelo método dos nós ou das seções é possível calcular a força interna que atua em cada barra, a partir de um sistema linear de equações.

Os esforços da estrutura da ponte são calculados a partir do software FTool, que determina os esforços normais que cada seção irá sofrer. É válido frisar, que os valores obtidos através do software levam em consideração as propriedades de um material genérico e os elementos apresentam comprimentos superiores ao real dos fios de macarrão, não levando em pertinência a área, o módulo de elasticidade do macarrão e a quantidade de nós necessários para a estrutura da ponte.

Com base nos resultados obtidos através do software, é possível calcular a quantidade de fios de macarrão necessários para a confecção da barra que sofre tração, a partir da seguinte fórmula:

$$Q = \frac{N}{4,627}$$

**Equação 1** - Quantidade de fios de espaguete em função do esforço normal de tração

Em que:

Q = Quantidade de fios de espaguete;

N = Esforço normal de tração (kgf).

Para a determinação da quantidade de fios de espaguete quando a barra sofre compressão, é necessário mencionar um processo de curvatura da barra que acontece quando esta é submetida a um esforço de compressão axial, este fenômeno é conhecido como flambagem, sendo considerada uma das principais preocupações na construção de pontes. A flambagem é uma deflexão lateral devido a falhas quando a estrutura está submetida a um carregamento, sendo este não suportado o que faz com que a estrutura entre em colapso.

A quantidade de fios de macarrão necessários para a montagem de uma barra quando esta sofre compressão é dada pela fórmula:

$$Q = \sqrt{\frac{N L^2}{279056 r^4}}$$

**Equação 2** - Quantidade de fios de espaguete em função do esforço normal de tração, comprimento e raio médio do fio do espaguete

Em que:

Q = Quantidade de fios de espaguete;

N = Esforço normal de compressão (kgf);

L = comprimento do fio (cm);

r = raio médio do macarrão (cm).

**INSTITUIÇÕES DE ENSINO QUE POSSUEM A COMPETIÇÃO DE PONTES DE ESPAGUETE**

A confecção das mais variadas pontes de macarrão é uma atividade já realizada em algumas instituições de ensino do Brasil, sendo essa iniciada assim na Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), no ano de 2004. Hoje é uma prática acadêmica adotada por várias instituições de ensino que visam uma melhor dinâmica para as aulas de Estruturas nos cursos de Engenharia Civil, facilitando não só no aprendizado dos alunos, mas no ensino dos professores. Pois ao usar da estratégia de resolução de problemas, os alunos despertam em si o espírito coletivo e criativo também necessários para a formação de um engenheiro.

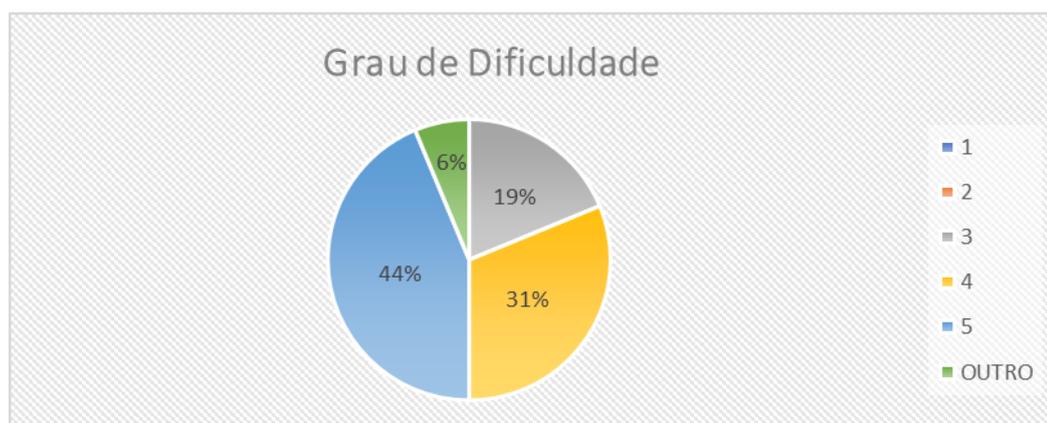
São variadas as instituições de ensino que utilizam dessa competição para um incremento nas aulas de estruturas ou até mesmo para incentivar os estudantes nas semanas de engenharia das mesmas. Dentre essas instituições destaca-se a UFRGS, além de ser a instituição a iniciar com esse projeto, como já dito anteriormente, ela também é a instituição detentora do recorde brasileiro de 234 kgf conseguido no segundo semestre de 2011. Também são instituições de ensino que possuem essa competição a Universidade de Brasília (UnB), a Universidade Federal do Ceará (UFC), a Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), a Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), a Universidade Paulista (UNIP) em seus variados campi e a Universidade Federal do Paraná (UFPR).

## **RESULTADOS E DISCUSSÕES**

Sabe-se que, existem diversas maneiras para obtenção do conhecimento dentro e fora da sala de aula, na universidade. A didática na relação aluno-professor é um fator contundente para o desenvolvimento cognitivo do estudante. Visto que, numa situação de aprendizagem, o centro essencial da atividade não está naquele que ensina, mas naquele que aprende (BORDENAVE; PEREIRA, 2001). Desta forma, podemos dizer que os métodos utilizados para o ensino-aprendizagem são fatores que influenciam no conhecimento, e ao mesmo tempo, motivam o aluno em suas escolhas. Visando isto, e levando em consideração o projeto de Ponte de Macarrão ou Ponte de Espaguete como material de ensino para os estudantes do Curso de Engenharia Civil, aplicamos um questionário com 5 (cinco) perguntas para alunos do 6º e 8º semestre do Instituto Federal de Ciências e Tecnologia da Bahia (IFBA), os quais participaram do projeto de confecção da ponte.

A enquete foi planejada com o intuito de obter informações a respeito da motivação e do engajamento do aluno para com o projeto, bem como, o entendimento da disciplina Mecânica Geral, a eficácia dos cálculos e da aplicabilidade da disciplina em geral. Assim, foram levantados os seguintes dados.

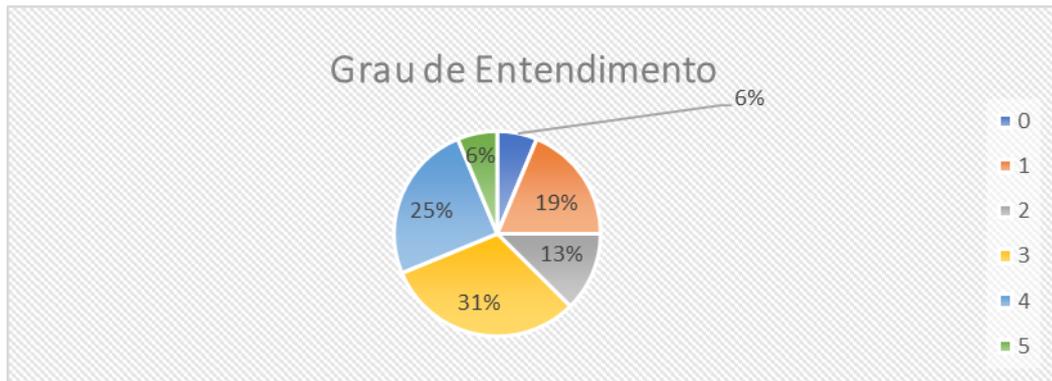
Considerando 0 (zero) como grau de dificuldade baixo e 5 (cinco) como grau de dificuldade alto, temos que, no gráfico 1, 44% dos alunos sentiram dificuldade na execução do projeto, levando em consideração que não se trata apenas da montagem da ponte, mas também dos métodos utilizados para que o projeto fosse bem executado. Além disso, deve-se ressaltar, na opção outros, 6% dos alunos disseram que encontraram dificuldade devido ao custo elevado do projeto, dificuldade na utilização dos softwares e poucas instruções por parte do professor.



**Gráfico 1** - Qual o grau de dificuldade ao construir a ponte de macarrão (considerando a confecção e a utilização dos softwares – FTOOL, EXCEL E AutoCAD)

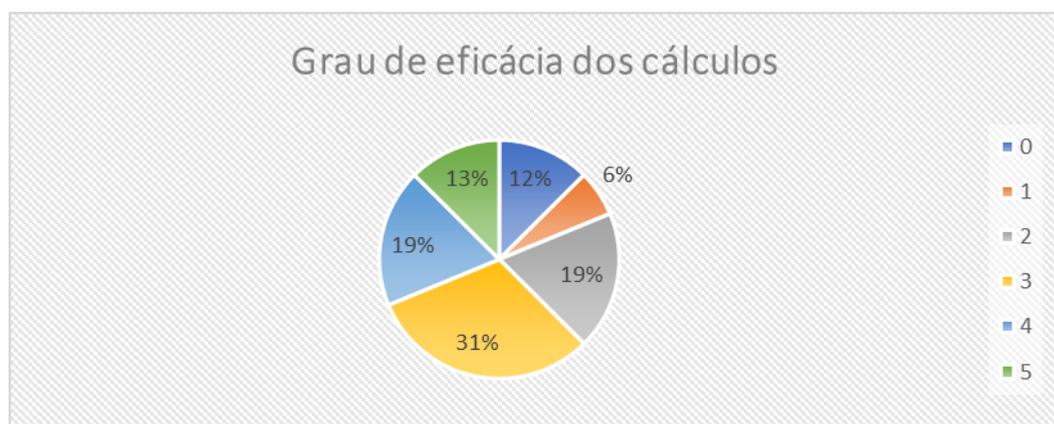
**Fonte:** Autores do artigo

Quando se trata de entender o assunto estudado, a didática utilizada, no caso o projeto discutido em questão, auxilia o aluno na prática a entender a aplicação da disciplina. Muitos assuntos como vetores, força, momento e equilíbrio de corpos, resistência e treliça são entendidos através de suas aplicações. Para o projeto da Ponte é necessário a compreensão acerta de força, reações de apoio, treliça e outros assuntos que envolvem a física. Para os alunos, como mostra no gráfico 2, 56% dos alunos ficaram entre grau de entendimento médio a alto. Assim, podemos concluir que o projeto carrega uma importância para o ensino aprendizagem, visto que motiva o estudante a buscar por conhecimento na área utilizar das aplicações para confeccionar a ponte.



**Gráfico 2** - Grau de entendimento de Estruturas após a confecção do projeto  
**Fonte:** Autores do artigo

Tomando como parâmetro o que foi dito para o gráfico anterior, 31% dos alunos disseram, de acordo com o gráfico abaixo, que os cálculos utilizados no processo de construção da Ponte de Espaguete, foi medianamente eficaz, o que significa que não se resume apenas a contas, mas ao entendimento do cálculo e da física, para as quais os alunos podem ter diferentes habilidades. Entendendo que, o projeto seja uma forma simplificada da aplicação do dia a dia de um Engenheiro. Sabendo que não é simplesmente unir pedaços, é colocar no papel o esboço e procurar a melhor forma possível para sustentar a ponte, sem que ocorra o rompimento (SANTOS, 2015).



**Gráfico 3** - Grau de eficácia dos cálculos para elaboração do projeto  
**Fonte:** Autores do artigo

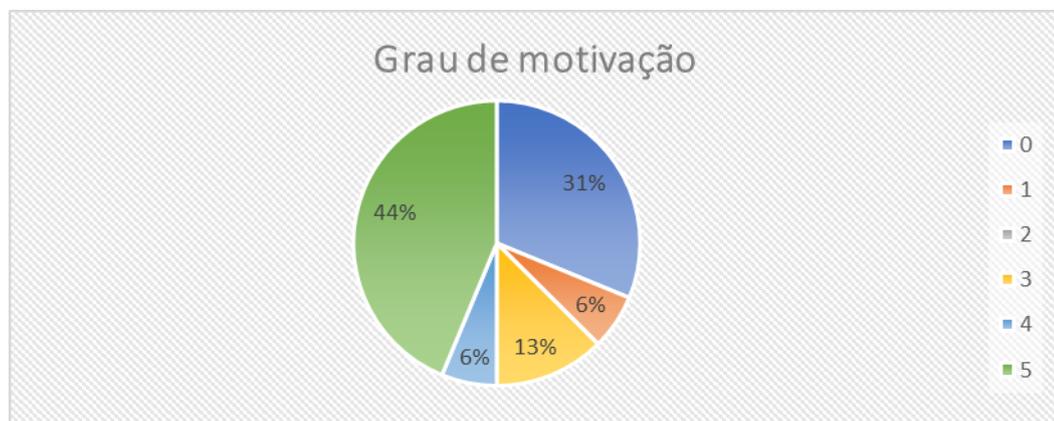
O projeto de tem por finalidade incentivar o aluno a desenvolver suas habilidades cognitivas, a comunicação - oral ou escrita -, o desempenho em trabalhos de equipe e a execução de atividades regradas. Além do que, induz o estudante a buscar o conhecimento sobre determinado assunto e assim fazer associações entre teórico e prática. Assim, percebe-se que, segundo o gráfico abaixo 38% dos alunos elegeram o projeto com grau de importância

auto. Ou seja, o desenvolvimento do Projeto de Ponte de Espague é significativamente eficaz no ensino – aprendizagem.



**Gráfico 4** - Grau de importância do projeto para o entendimento da disciplina  
**Fonte:** Autores do artigo

Nota – se, então, que a maioria sendo 44 % dos alunos, como mostra o gráfico abaixo, sentem – se motivados a estudar o conteúdo com a presença do projeto. A construção da ponte deixa de ser apenas um trabalho para se tornar um objeto de estudo, uma atividade na qual o aluno irá exercitar o seu conhecimento, inteligência e habilidades.



**Gráfico 5** - Grau de motivação ao estudar o conteúdo com a confecção do Projeto de Ponte de Macarrão  
**Fonte:** Autores do artigo

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

O projeto de ponte de espagete possibilita uma maior integração entre ensino, pesquisa, prática e teoria. Como grande parte do projeto é realizada a partir de fundamentos de Mecânica Geral e Estruturas, é possível perceber que existe uma intensa relação entre o que é aprendido em sala de aula e será utilizado na prática.

Com relação aos resultados do questionário, infere-se que a maior porcentagem dos alunos afirmou que com a construção da ponte houve uma grande dedicação aos estudos, visto que eles sentem-se mais engajados em utilizar o que aprendeu na teoria e perceber que realmente faz sentido o que estudaram e, sem dúvidas, o projeto é uma forma de aproximar o graduando ao exercício profissional que este desempenhará após a formação.

## REFERÊNCIAS

- BORDENAVE, J. D; PEREIRA, A. A. **Estratégias de ensino-aprendizagem**. 22 ed. Petrópolis: Vozes, 2001. 312p.
- FILHO, Carlos Aparecido Pereira ; IZAIAS, Izabelle Sabatine da Silva; CABRAL , Marcela Magalhães. **MEMÓRIA DE CÁLCULO: Grupo Vai que Cola**. 2016. Disponível em: <<https://www.passeidireto.com/arquivo/22474483/ponte-de-macarrao---memoria-de-calculo-grupo-vai-que-cola>>. Acesso em: 23 jan. 2018.
- GAMA, Carmem L. G. **Método de Construção de Objetos de Aprendizagem com Aplicação em Métodos Numéricos**. 2007. 210 f. tese (Doutorado em Métodos Numéricos em Engenharia) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba. 2007. Disponível em: <<http://www.acervodigital.ufpr.br/bitstream/handle/1884/10370/tese%20Carmem%20L.G.GAma.pdf?sequence=1>>. Acesso em: 25 de jan. 2018.
- GONZÁLEZ, Luis Alberto Segovia. **Competição de Pontes de Espaguete**. Disponível em: <<http://www.ppgec.ufrgs.br/segovia/espaguete/index.html>>. Acesso em: 23 jan. 2018.
- GONZÁLEZ, Luis Alberto Segovia; MORSCH, Inácio Benvegno; MASUERO, João Ricardo. **Didactic Games in Engineering Teaching - Case: Spaghetti Bridges Design and Building Contest**. Ouro Preto: 18th International Congress of Mechanical Engineering, 2005. Disponível em: <<http://www.ppgec.ufrgs.br/segovia/espaguete/arquivos/COBEM2005-1756.pdf>> Acesso em: 21 jan. 2018
- LAGEMANN, Carlos Henrique et al. **Ponte de Espaguete**. 2013. Disponível em: <[https://www.univates.br/media/extensao/dit/desafio\\_de\\_inovacao-ponte\\_de\\_espaguete.pdf](https://www.univates.br/media/extensao/dit/desafio_de_inovacao-ponte_de_espaguete.pdf)>. Acesso em: 24 jan. 2018.
- LEITE , Daniel. **Tradicional em faculdades de Engenharia, “ponte de espaguete” é tema de trabalho de alunos da Ferrovia**. 2017. Disponível em: <<http://www.santosdumont.ifsudestemg.edu.br/node/4197>>. Acesso em: 24 jan. 2018.
- PORTAL, Fabiano et al. **Campeonato de Pontes de Espaguete**. 2017. Disponível em: <<https://www.ucam-campos.br/projetos/projeto-ponte-de-espaguete/>>. Acesso em: 24 jan. 2018.
- PROF. FRANKLIN DELANO. **Estudo das Treliças**. 2017. Disponível em: <[https://drive.google.com/file/d/0B\\_p8mgETa\\_iCQWNRamhYaVFpVVE/view](https://drive.google.com/file/d/0B_p8mgETa_iCQWNRamhYaVFpVVE/view)>. Acesso em: 24 jan. 2018.
- SANTOS, Müller . **5 motivos para você construir uma ponte de macarrão**. 2015. Disponível em: <<https://blogdaengenharia.com/5-motivos-para-voce-construir-uma-ponte-de-macarrao/>>. Acesso em: 24 jan. 2018.