

INTERAÇÃO TEORIA E PRÁTICA NO ENSINO DA ENGENHARIA: UMA EXPERIÊNCIA PEDAGÓGICA EM CURSOS DE ENGENHARIA

Juarez R. S. – juarez.silva@unisantos.br

Luana C. R. S. – l.simao@unisantos.br

Jhonnas A. V. – jhonnas.vaz@unisantos.br

Cleber F. C. – cleberferrao@unisantos.br

Márcia A. – marcia.aps@unisantos.br

Universidade Católica de Santos-SP

Av. Conselheiro Nébias, 300

11.015-002 – Santos – São Paulo

Resumo: *O atual panorama do ensino de Engenharia no Brasil exige que o perfil do egresso seja claro e as competências e habilidades a serem contempladas nos projetos pedagógicos dos cursos estejam definidas. Nesse sentido, há uma preocupação das instituições em propor atividades que atendam a essas exigências, atividades essas que abordam e incorporam a teoria na prática vêm se mostrando uma ferramenta eficiente no processo ensino-aprendizagem, pois, além de desenvolver determinadas habilidades e competências, motiva os alunos no curso e as habilidades para realizar atividades em grupos. Novas técnicas de ensino, como as metodologias ativas, são cada vez mais aplicadas e incorporadas nas aulas. O objetivo do trabalho é relatar a experiência de prática pedagógica que vem sendo utilizada no componente curricular de Resistência dos Materiais, em Cursos de Engenharia, por meio da realização de um projeto denominado como: "ponte de macarrão". Neste projeto os alunos, sob a supervisão e orientação do Professor, trabalham em grupos e utilizam da teoria para projetar e dimensionar uma estrutura de ponte em macarrão. Após projetarem e executarem a estrutura, os grupos participam de uma competição onde a estrutura da ponte que resistir ao maior esforço de solicitação de carga vence o certame. Esta atividade permite aos alunos uma interação da teoria na prática, identificando os conceitos necessários para que um elemento estrutural resista ou não a uma determinada situação. Como se trata de um concurso, onde existe um vencedor, os alunos se sentem motivados a desenvolver competências e habilidades desenvolvendo o conhecimento.*

Palavras-chave: *Metodologias Ativas. Ensino Aprendizagem. Resistência dos Materiais.*

1 INTRODUÇÃO

O atual panorama do ensino de Engenharia no Brasil apresenta uma grande preocupação com perfil do novo engenheiro. Prova disso é que a Resolução CNE/CES 11, de 11 de março de 2002, elaborada a partir da LDB, identifica explicitamente que cada curso de Engenharia deve possuir um projeto pedagógico que demonstre como o conjunto das atividades previstas garantirá o perfil desejado de seu egresso e o desenvolvimento das competências e habilidades esperadas.

Nesse sentido, as discussões sobre o ensino da Engenharia vêm sendo pautadas em diversos assuntos, tais como, reaparelhamento de laboratórios com tecnologia avançada, titulação dos seus docentes, porém, ainda se discute muito pouco sobre as práticas pedagógicas do docente na engenharia (ABENGE, 2006).

Um dos problemas que detectamos como docentes no curso de Engenharia é que os alunos têm muita dificuldade em aplicar os conceitos teóricos na prática da engenharia e inter-relacionar conteúdo de uma disciplina com outra.

Dentro desta problemática nota-se, também, que o sistema de ensino corrobora para que o aluno desenvolva a maior parte do seu curso na sala de aula, onde as práticas pedagógicas se repetem, não havendo preocupação, nem por parte do professor, nem por parte do aluno, para que haja desenvolvimento de competências e habilidades e interação teoria/prática, tão essenciais à formação do engenheiro.

Portanto, para atingir o objetivo de aprendizagem deve existir uma eficiente relação entre o processo de ensino–aprendizagem desenvolvendo no aluno as habilidades e competências esperadas. O uso de estratégias adequadas ao conteúdo ministrado em sala é fundamental de modo a proporcionar o aprendizado (MASETTO, 2003). A Metodologia Ativa é um exemplo dessa estratégia, pois promove a inserção do aluno no processo de ensino e aprendizagem, onde o estudante deixa de ser um agente passivo (que apenas escuta) e passa a ser um membro ativo na construção do saber por meio de estímulos sobre o conhecimento e análise de problemas.

As metodologias precisam acompanhar os objetivos pretendidos. Para que os alunos sejam proativos, precisamos adotar metodologias em que os alunos se envolvam em atividades cada vez mais complexas, em que tenham que tomar decisões e avaliar os resultados, com apoio de materiais relevantes. E para que os alunos sejam criativos, é fundamental proporcionar a eles uma metodologia da qual eles possam experimentar inúmeras novas possibilidades de mostrar sua iniciativa (MORAN, 2014).

Desafios e atividades podem ser dosados, planejados, acompanhados e avaliados. Os desafios bem planejados contribuem para mobilizar as competências desejadas, intelectuais, emocionais, pessoais e comunicacionais. Exigem pesquisar, avaliar situações, pontos de vista diferentes, fazer escolhas, assumir alguns riscos, aprender pela descoberta, caminhar do simples para o complexo. Nas etapas de formação, os alunos precisam de acompanhamento de profissionais mais experientes para ajudá-los a tornar conscientes alguns processos, a estabelecer conexões não percebidas, a superar etapas mais rapidamente, a confrontá-los com novas possibilidades (MORAN, 2014).

É necessário acompanhar a transformação no ensino de Engenharia, em que a formação do engenheiro exige do professor mais do que aulas teóricas e tidas como tradicionais. É necessário buscar alternativas e procedimentos didáticos que possibilitem repensar e efetivar o binômio ensino/aprendizagem. Esta busca nos levou a introduzir na disciplina a realização do projeto denominado como “Ponte de macarrão”. Ao propor a realização do projeto, tínhamos o objetivo de que essa atividade, além de proporcionar ao aluno uma maior interação da teoria com a prática da engenharia, pudesse também desenvolver determinadas competências e habilidades contempladas no documento das Diretrizes Curriculares, permitindo que os alunos exerçam a pró-atividade e a criatividade.

2 METODOLOGIA DE ENSINO

Diversas instituições de ensino do Brasil e do mundo utilizam-se da competição de construção de pontes de macarrão como forma de motivar os alunos a empregar os conhecimentos obtidos em sala de aula na prática. Esta competição anual, realizada no Okanagan College na Colúmbia Britânica, iniciou em 1983.

Com base nas experiências didáticas das várias instituições de ensino do exterior a Universidade Católica de Santos realiza nos Cursos de Engenharias desde 2007 o evento denominado “Ponte de Macarrão”, onde se executa um protótipo de uma ponte de macarrão e cuja estrutura deve resistir a maior carga possível imposta a ela, sem que haja ruptura.

Para realização desta atividade, os alunos desenvolvem e utilizam conhecimentos de Estática, Mecânica dos Sólidos e Resistência dos Materiais para resolver problemas de Engenharia com a projeção de sistemas estruturais simples; estimulação da criatividade e aceitação de novos desafios, sempre explorando trabalho em equipe e a competitividade em uma vivência prática multidisciplinar. Para a elaboração do projeto “Ponte de macarrão”, os estudantes devem seguir um regulamento estabelecido pela própria Instituição de ensino.

2.1 Regulamento

Cada grupo poderá participar com apenas uma única ponte. Antes da realização dos testes de carga das pontes, cada grupo deverá apresentar uma estimativa do valor da carga de colapso de sua ponte (projeto) e uma lista das colas utilizadas na sua construção.

Na semana anterior à realização dos testes de carga das pontes, será constituída uma comissão de fiscalização presidida pelo(s) professor(es) da(s) turma(s) participante(s) da competição e formada por alunos desta(s) turma(s). Esta comissão estará encarregada de verificar se as pontes se adequam às prescrições do regulamento da competição.

2.2 Normas Para a Construção da Ponte

A ponte deverá ser indivisível, de tal forma que partes móveis ou encaixáveis não serão admitidas.

A ponte deverá ser construída utilizando apenas massa do tipo espaguete número 7 da marca Barilla, conforme a Figura 1, e colas epóxi do tipo massa, (exemplos de marcas: Durepoxi, Polyepox, Poxibonder, etc.), e do tipo resina, (exemplos de marcas: Araldite, Poxipol, Colamix, etc.). Será admitida também a utilização de cola quente em pistola, para a união das barras nos nós. Outros tipos de cola poderão ser admitidos se submetidos previamente à consideração do(s) Professor(es). Optou-se pela marca Barilla em virtude de a mesma apresentar fios mais homogêneos e informações adicionais no verso de sua embalagem, sendo a referida marca, a referência para esse tipo de atividade.

Figura 1 – Massa de Espaguete.



Fonte: Google

Quadro 1 – Especificações Gerais

Número médio de fios de espaguete em cada pacote: 500 unidades
Diâmetro médio: 1,8 mm
Raio médio: 0,9 mm
Área da seção transversal: $2,545 \times 10^{-2} \text{ cm}^2$
Momento de inércia da seção: $5,153 \times 10^{-5} \text{ cm}^4$
Comprimento médio de cada fio: 25,4 cm
Peso médio de cada fio inteiro: 1 g
Peso linear: $3,937 \times 10^{-2} \text{ g/cm}$
Módulo de Elasticidade Longitudinal: 36.000 kgf/cm^2

Fonte: Dados dos Autores

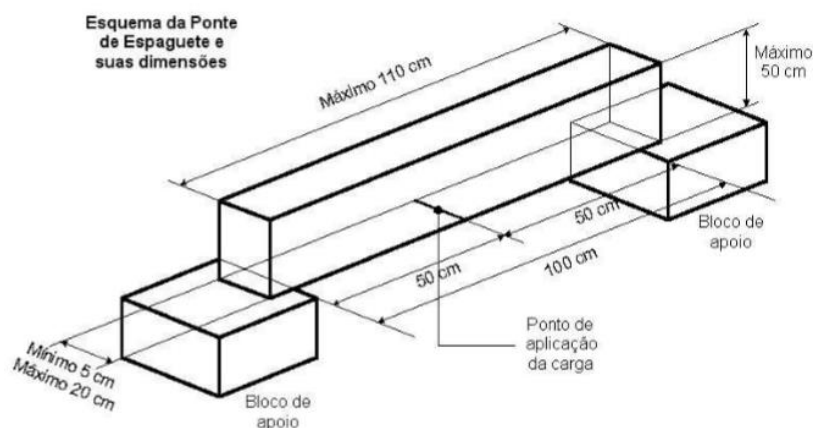
O peso da ponte (considerando a massa espaguete e as colas utilizadas) será de 750 gramas, tendo como tolerância a mais ou a menos de 3%.

No limite de peso prescrito (1.500 g com variação de $\pm 3\%$), não serão considerados o peso do mecanismo de apoio fixado nas extremidades da ponte, nem o peso da barra de aço para fixação da carga, que serão estimados em 150 g.

A ponte só poderá receber revestimento ou pintura com as colas permitidas.

A ponte deverá ser capaz de vencer um vão livre de 1 m (um metro) e comprimento máximo de 1,10 m (um metro e dez centímetros), estando apoiada livremente nas suas extremidades, de tal forma que a fixação das extremidades não será admitida, Figura 2.

Figura 2 – Especificações de Dimensões da Ponte.



Fonte: González, Morsch, Masuero (2005).

Na parte inferior de cada extremidade da ponte deverá ser fixado um tubo de PVC para água fria de 1/2" ou 12,5 mm de diâmetro e 20 cm de comprimento, para facilitar o apoio destas extremidades sobre as faces superiores (planas e horizontais) de dois blocos colocados no mesmo nível. O peso dos tubos de PVC não será contabilizado no peso total da ponte.

Cada extremidade da ponte poderá prolongar-se até 5,0 cm de comprimento além da face vertical de cada bloco de apoio. Não será admitida a utilização das faces verticais dos blocos de apoio como pontos de apoio da ponte.

A altura máxima da ponte, medida verticalmente desde seu ponto mais baixo até o seu ponto mais alto, não deverá ultrapassar 50 cm.

A ponte deverá ter uma largura mínima de 5 cm e máxima de 20 cm, ao longo de todo seu comprimento.

Para que possa ser realizado o teste de carga da ponte, ela deverá ter fixada na região correspondente ao centro do vão livre, sentido transversal ao seu comprimento e no mesmo nível das extremidades apoiadas, uma barra de aço de construção de Ø 8 mm e de comprimento igual à largura da ponte. A carga aplicada será transmitida à ponte através desta barra. O peso da barra não será contabilizado no peso total da ponte.

2.3 Normas Para a Apresentação da Ponte

Cada grupo deverá entregar sua ponte já construída, acondicionada em uma caixa de papelão. A data da entrega das pontes será fixada pela coordenação da competição.

No momento da entrega de cada ponte, membros da comissão de fiscalização da competição procederão à pesagem e medição da ponte e à verificação do cumprimento das prescrições deste regulamento. Após a entrega, a ponte ficará armazenada em local a ser determinado pelo(s) Professor(es) da(s) turma(s) participante(s) da competição, até o momento da realização dos testes de carga.

2.4 Normas Para a Realização dos Testes de Carga

A ordem da realização dos testes de carga das pontes corresponderá, será realizada através de sorteio no início da prova.

Cada grupo indicará um de seus membros para a realização do teste de carga de sua ponte. Durante o teste de carga, o aluno deverá utilizar luvas de proteção para evitar acidentes no momento do colapso da ponte.

A carga inicial a ser aplicada será de 5 kg. Se após 10 segundos de 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.

Se a ponte passou no teste da carga mínima, as cargas posteriores serão aplicadas em incrementos definidos pelo membro do grupo que está realizando o teste. Será exigido um mínimo de 10 segundos entre cada aplicação de incremento de carga.

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

Se na aplicação de um incremento de carga ocorrer a destruição do ponto de aplicação da carga, será considerado que a ponte atingiu o colapso, pela impossibilidade de aplicar mais incrementos de carga (ainda que o resto da ponte permaneça sem grandes danos estruturais).

Após o colapso de cada ponte, os restos da ponte testada poderão ser examinados por membros da comissão de fiscalização da competição, 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.

Qualquer problema, dúvida ou ocorrência não contemplada neste regulamento, deverá ser analisada pela comissão de fiscalização, e a decisão final sobre o assunto em questão caberá ao(s) Professor(es) da(s) turma(s) participante(s) da competição.

2.5 Avaliação

Durante a realização do evento são anotados em formulário próprio a identificação do grupo, a data da realização da prova, o peso da ponte, a carga inicial mínima aplicada e a carga máxima suportada. O grupo vencedor, que apresentou o maior valor de carga máxima suportada, foi premiado com um acréscimo de pontuação (1,0 ponto) na média final, a título de

motivação e incentivo das práticas em tela. Esta avaliação possibilita aos alunos discutirem os conceitos de resistências dos materiais como esforços, tensões, características geométricas e verificar que para um elemento estrutural entrar em colapso é preciso analisar todos os conceitos envolvidos.

3 RESULTADOS

No caso estudado, em 2017 a ponte de macarrão do grupo vencedor obteve uma carga máxima de 90 kg antes do colapso, e neste momento os outros grupos de alunos junto com a orientação do professor discutem as possíveis causas de determinadas pontes suportarem ou não os esforços solicitados. O menor resultado obtido nessa data foi uma ponte que suportou apenas 10kg. As Figuras 3, 4 e 5 apresentam algumas dessas estruturas. O vídeo do evento está disponível no endereço eletrônico: <https://www.youtube.com/watch?v=AUF8ZluxreE>.

Figura 3 – Apresentação das Pontes.



Fonte: Acervo dos Autores

Figura 4 – Medição e Inspeção das Pontes.



Fonte: Acervo dos Autores

Figura 5 – Teste de Carga.



Fonte: Acervo dos Autores

Embora o resultado obtido na décima sétima edição do concurso de Ponte de Macarrão não tenha apresentado os maiores resultados da Instituição, conforme pode ser visto no Quadro 1, eles foram considerados pelos professores participantes (organizadores e avaliadores), pois nessa edição foram implantas exigências iguais aos eventos internacionais.

Tabela 1 – Resultados obtidos de 2001 a 2017

Ano	Carga Máxima (Kgf)	Edição
2017	90	17a
2016	105	16a
2015	Sem registro	15a
2014	Sem registro	14a
2013	111	13a
2012	97	12a
2011	87	11a
2010	103	10a
De 2001 a 2009	Recorde 47	1a a 9a

Fonte: Dados dos Autores

4 CONCLUSÕES

O trabalho desenvolvido com o projeto “Ponte de Macarrão” representa a concretização de uma proposta de uma metodologia ativa, pois possibilita e promove a inserção do aluno no processo de ensino e aprendizagem de forma ativa, estimulando o conhecimento e análise de problemas relacionados a diversas áreas do conhecimento da Engenharia, em específico as áreas ligadas a Resistências dos Materiais. Pode-se concluir que essa estratégia de ensino-aprendizagem foi estimulante e motivadora contribuindo para o processo de ensino-aprendizagem do curso de Engenharia.

Nesse contexto, é possível concluir que a realização do projeto “Ponte de Macarrão” atingiu o objetivo proposto e proporcionou ao aluno uma maior interação da teoria com a prática da Engenharia. O projeto “Ponte de Macarrão” desenvolveu nos alunos competências e

habilidades que irão prepará-los para as próximas disciplinas do curso, principalmente permitindo que os alunos exerçam a pró-atividade e a criatividade, entendendo o comportamento dos materiais quando submetidos às solicitações extremas, passando da zona elástica à zona plástica, até o seu colapso total.

REFERÊNCIAS

BRASIL. Secretaria de Ensino Superior. Resolução CNE/CES 11, de 11 de março de 2002. **Diretrizes Curriculares para os Cursos de Engenharia**. Disponível em <www.mec.gov.br/sesu/curdiretriz/engenharia> Acesso em fevereiro de 2003.

BRASIL. Ministério da Educação e do Desporto. Lei nº 9.394 de 20 de dezembro de 1996. **Lei de diretrizes e bases da educação nacional**. Disponível em <www.mec.gov.br/sesu> Acesso em fevereiro de 2003.

BUONICONTRO, S. M. C. Interação teoria e prática no ensino da engenharia: uma experiência pedagógica no curso de engenharia mecatrônica da puc minas. In: COBENGE XXXI, 2003, Rio de Janeiro. Anais. **O Ensino da Graduação e suas Interfaces com a Pós-Graduação, a Pesquisa e a Extensão**. São Paulo: Associação Brasileira de Educação em Engenharia (ABENGE), 2003.

FERREIRA, L. S. A. Et al. O problema da defasagem entre a teoria e a prática: proposta de uma solução de compromisso para um problema clássico de controle. In: COBENGE XXXIV, 2006, Passo Fundo/RS. Anais. **Empreender e preservar**. São Paulo: Associação Brasileira de Educação em Engenharia (ABENGE), 2006.

MASETTO, M. T. **Competências Pedagógicas do Professor Universitário**. Editorial Summus, 2003.

MORAN, J. **Mudando a educação com metodologias ativas**. Disponível em http://www2.eca.usp.br/moran/wpcontent/uploads/2013/12/mudando_moran.pdf 2014.

GONZÁLEZ, Luis Alberto Segovia; MORSCH, Inácio Benvegnu; MASUERO, João Ricardo. Didactic Games in Engineering Teaching - Case: Spaghetti Bridges Design and Building Contest. Ouro Preto: **18th International Congress of Mechanical Engineering**, 2005.

INTERACTION THEORY AND PRACTICE IN ENGINEERING TEACHING: A PEDAGOGICAL EXPERIENCE IN THE ENGINEERING COURSES

Abstract: *The current panorama of Engineering teaching in Brazil requires that the profile of the egress be clear and the skills and abilities to be contemplated in the pedagogical projects of the courses are defined. In this sense, there is a concern of the institutions in proposing activities that meet these requirements. These activities, which approach and incorporate theory in practice, have proved to be an efficient tool in the teaching-learning process, since, besides developing certain skills and competences, the students in the course and the skills to carry out activities in groups. New teaching techniques, such as active methodologies, are increasingly applied and incorporated into classrooms. The objective of this work is to report*

the experience of pedagogical practice that has been used in the Curriculum component of Resistance of Materials, in Engineering Courses, through the realization of a project denominated as "bridge of pasta". In this project the students, under the supervision and guidance of the Professor, work in groups and use theory to design and size a noodle bridge structure. After designing and executing the structure, the groups participate in a competition where the structure of the bridge that withstands the highest effort load request wins the event. This activity allows students an interaction of theory in practice, identifying the concepts necessary for a structural element to resist or not to a given situation. As this is a contest, where there is a winner, students feel motivated to develop skills and abilities by developing knowledge.

Key-words: Active Methodologies. Teaching and Learning. Strength of materials.