

PERCEPÇÕES DOS ALUNOS DO CURSO DE ENGENHARIA CIVIL DA PUC-SP SOBRE A METODOLOGIA PBL APLICADA NA DISCIPLINA MECÂNICA DOS CORPOS RÍGIDOS

Resumo: Este trabalho apresenta as percepções dos alunos do curso de Engenharia Civil da Pontifícia Universidade Católica de São Paulo (PUC-SP) sobre a implementação da abordagem PBL (Project Based Learning), na disciplina Mecânica dos Corpos Rígidos ministrada no 4º. semestre do curso, utilizando o desenvolvimento de um projeto visando construir a Ponte Arqueada de Leonardo Da Vinci como parte do processo de avaliação da disciplina. O desenvolvimento do projeto foi realizado em três etapas, a saber: 1) pesquisa bibliográfica sobre o assunto; 2) a montagem de um protótipo para analisar o comportamento da estrutura e a aplicação dos conceitos básicos da disciplina; 3) a construção de uma ponte alargada com a condição de permitir e suportar a passagem de várias pessoas sobre ela. O material utilizado na construção final foram peças cilíndricas de eucalipto, com comprimentos de 120 cm e com sulcos adequados para os encaixes das peças. Todas as peças foram preparadas pelas equipes de trabalho e cada etapa com a descrição da construção e os processos de montagem foram reportados num vídeo disponível no You Tube. Para a obtenção das opiniões e percepções dos alunos sobre o projeto desenvolvido foram aplicados dois questionários: um questionário fechado baseado na escala Likert e um questionário aberto onde os alunos tiveram a oportunidade de analisar todos os aspectos envolvidos e também manifestarem suas opiniões sobre a metodologia de ensino/aprendizagem com base na abordagem PBL.

Palavras-chaves: Projeto de Engenharia. Project Based Learning. Ponte Arqueada. Trabalho em Equipe.

1 INTRODUÇÃO

Nos dias atuais os profissionais de engenharia precisam utilizar além das competências técnicas específicas de cada área, um conjunto de habilidades e competências transversais para encarar o mundo real do mercado de trabalho.

A profissão moderna de engenharia requer também relações humanas associadas à técnica para o desenvolvimento das tarefas cotidianas além de uma preocupação com a sustentabilidade do planeta (MILLS & TREAGUST, 2003).

De acordo com Campos et al., (2011), o mundo acadêmico está mudando nos seus conceitos e, novas metodologias e abordagens devem ser utilizadas para preparar os estudantes de engenharia para um futuro onde não sabemos ainda o que deve ser ensinado.

A metodologia PBL (Project Based Learning) é uma abordagem de ensino/aprendizagem que coloca os estudantes frente a um mundo real, buscando o desenvolvimento de competências, habilidades e pensamento crítico. Esta abordagem é uma ótima ferramenta educacional que desenvolve nos estudantes a capacidade de soluções de problemas reais mediante a aprendizagem auto-dirigida, observação, organização, iniciativa e trabalho em equipe (MOREIRA., MESQUITA., VAN HATTUM-JANSSEN, 2011).

Com a abordagem PBL os estudantes têm que encarar novos desafios e novos papéis no processo de aprendizagem. Os papéis dos estudantes incluem autonomia e responsabilidade sobre o que eles têm que aprender, como eles aprenderão e com quem eles aprenderão. As

atividades relacionadas com a aprendizagem requerem uma forte interação entre todos os membros das equipes de trabalho durante todo o desenvolvimento de um projeto (ALVES et al., 2012).

De acordo com Powell & Weenk (2003), o trabalho em equipe no desenvolvimento de um projeto toma cerca de 40 a 50% da atividade de aprendizagem. Assim, o trabalho em equipe enfatiza uma interação contínua entre os membros da equipe a respeito das atividades, propostas, conhecimento e metas. Eles reforçam que o PBL fornece aos alunos a oportunidade de encarar um problema real cuja solução necessita de conceitos teóricos mas a aplicação destes conceitos deve ser discutida na equipe onde cada membro deve dar a sua contribuição para a solução do problema.

A comunicação e o trabalho em equipe onde cada membro contribui de acordo com sua força individual para o resultado da aprendizagem e do processo, fazem com que se obtenha um produto de melhor qualidade. As pessoas aprendem umas com as outras, capacitam mutuamente e dividem a responsabilidade de finalização de um projeto dentro do tempo e do orçamento proposto. Os engenheiros devem estar preparados para comunicar bem com uma larga variedade de pessoas. Cada membro de uma equipe de trabalho traz diferentes conjuntos de conhecimentos, habilidades e competências que se complementam na equipe. Uma equipe de trabalho em conjunto harmonizado produz mais e apresenta melhores detalhes para a realização de um projeto (BAINE, 2009).

Buscando adotar estes conceitos e propósitos o professor da disciplina Mecânica dos Corpos Rígidos (MCR) do 4º semestre do curso de Engenharia Civil da PUC/SP, propôs aos seus alunos o projeto de construção da Ponte Arqueada de Leonardo Da Vinci, projetada entre 1485 e 1487 (DA VINCI'S BRIDGES, 2010), como parte do processo de avaliação da disciplina. Este tema de projeto foi utilizado na mesma disciplina nos anos de 2016 e 2017.

De maneira complementar, o principal objetivo do estudo da disciplina de Mecânica é proporcionar ao engenheiro os meios que o habilitem para a análise e projeto de variados tipos de estruturas, sujeitas a diferentes carregamentos (BEER, 1994).

2 METODOLOGIA

O objetivo deste trabalho foi aplicar os conceitos de Física desenvolvidos na disciplina Mecânica dos Corpos Rígidos, por meio de uma atividade *hands-on*. No projeto desenvolvido pelos alunos foram utilizados os conceitos de força, momento de força, centro de massa e estabilidade. A escolha da construção da Ponte Arqueada de Da Vinci foi devido a facilidade de aplicar os conceitos citados de uma maneira simples e objetiva.

O projeto foi desenvolvido em três etapas. A primeira etapa consistiu numa pesquisa bibliográfica sobre o assunto com a finalidade de fornecer aos alunos o conhecimento do projeto sob uma ótica histórica-cultural e científica, além de conhecer um pouco sobre os projetos do grande gênio Leonardo Da Vinci.

Na segunda etapa os alunos tiveram que configurar um protótipo para analisar o comportamento das estruturas devido a aplicação de uma força de carga vertical para baixo e a aplicação dos conceitos estruturais. Na terceira etapa os alunos tiveram que construir uma ponte alargada, seguindo os conceitos do projeto original.

A montagem da ponte deveria permitir e tolerar o peso de várias pessoas passando através dela. Para tanto, utilizaram peças cilíndricas de eucalipto, com sulcos apropriados para os encaixes, e técnicas simples que permitiram manter a estabilidade da ponte apenas pelos

encaixes, sem utilizar amarrações, colas ou qualquer elemento fixador, recebendo cargas verticais e distribuindo-as uniformemente até seus apoios.

A Figura 1 e a Tabela 1 mostram as dimensões do material utilizado (SCANTAMBURLO et al., 2017).

Figura 1. Material utilizado com os sulcos apropriados

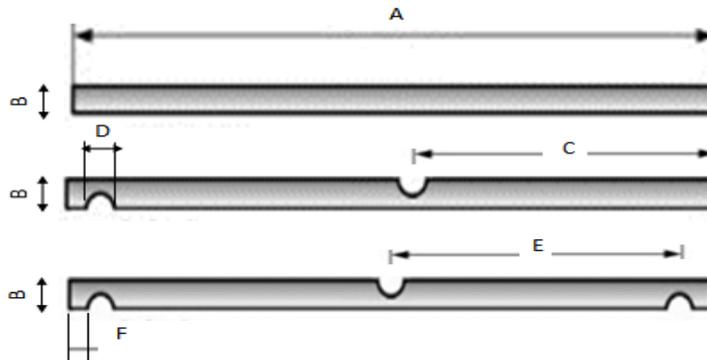


Tabela 1- Dimensionamento das barras

	PROTÓTIPO	PONTE ALARGADA
A	250 mm	120 cm
B	16 mm	8,5 cm
C	125 mm	60 cm
D	15 mm	9 cm
E	95 mm	45,5 cm
F	25 mm	10 cm

Fonte: Scantamburlo et al., 2017

Todas as peças foram preparadas pelos membros das equipes e os passos no desenvolvimento do projeto foram reportados num vídeo disponível no You Tube (TV PUC-SP, 2017). A Figura 2 mostra os alunos trabalhando na preparação do material.

Figura 2.- Preparação do material para a construção da ponte alargada



Fonte: Scantamburlo et al., 2017

Este trabalho apresenta, analisa e discute as percepções dos alunos no desenvolvimento do projeto em equipe, assim como verifica os ganhos na aprendizagem de uma atividade *hands-on*. As percepções dos alunos estão baseadas na pesquisa realizada com os alunos dos anos de 2016 e 2017, que cursaram a disciplina MCR e desenvolveram o projeto citado.

Para obter as opiniões dos alunos dois questionários a eles foram aplicados. Um questionário fechado baseado na escala Likert e outro questionário aberto onde eles analisaram todos os aspectos envolvendo suas participações no projeto e as sugestões que eles tinham para melhorar a atividade. Neste questionário aberto os alunos puderam também comentar como a abordagem PBL ajudou-os no processo de ensino/aprendizagem.

Nos anos citados um total de 65 alunos cursaram a disciplina e desenvolveram o mesmo projeto. Destes alunos 51 deles aceitaram responder os questionários da pesquisa sobre o projeto. Em cada turma os alunos estiveram organizados em equipes de 4 ou 5 membros.

O questionário fechado constou de 25 afirmativas onde os alunos deveriam manifestar suas opiniões de acordo com a escala de 1 a 5, onde cada graduação representava: 1 = discordo totalmente; 2 = discordo parcialmente; 3 = indiferente; 4 = concordo parcialmente; 5 = concordo totalmente (LIKERT, 1932).

O questionário fechado da pesquisa constava de cinco dimensões, a saber: 1) Tema do Projeto (afirmativas 1 a 7); 2) Aprendizagem e Competências Adquiridas (afirmativas 8 a 11); 3) Trabalho em Equipe (afirmativas 12 a 18); 4) Papeis do Professor (afirmativas 19 a 21); 5) Avaliação do PBL (afirmativas 22 a 25).

3. RESULTADOS E COMENTÁRIOS

Nesta seção são apresentados os resultados a partir da pesquisa aplicada aos alunos utilizando-se os questionários aberto e fechado. A discussão e análise das opiniões dos alunos e seus comentários sobre o tema do projeto, o trabalho em equipe, a aprendizagem e as competências adquiridas, os papeis do professor e a avaliação da abordagem PBL estão apontadas nos resultados.

A Tabela 2 mostra as dimensões, as afirmativas e as médias de cada afirmativa e dimensão do questionário fechado.

Analisando-se a Tabela 2 percebe-se que as afirmativas 8 e 13 tiveram uma baixa pontuação comparadas com as demais. No caso da afirmativa 8 pode-se considerar o fato dos alunos terem utilizado no desenvolvimento do projeto mais atividades manuais que escritas.

A baixa pontuação na afirmativa 13 pode estar relacionada ao fato de ser este trabalho o primeiro realizado em equipe, uma vez que os alunos sempre desenvolveram atividades e estudos individuais. Muitas das competências do trabalho em equipe foram adquiridas neste projeto.

Com relação à alta pontuação nas afirmativas 4 e 14 pode-se supor que estes resultados estão fortemente relacionados ao entusiasmo que os alunos tiveram com suas tarefas. De um modo geral os resultados tiveram uma boa pontuação relacionadas ao trabalho realizado pelos alunos.

Tabela 2. Resultados do questionário com as questões fechadas

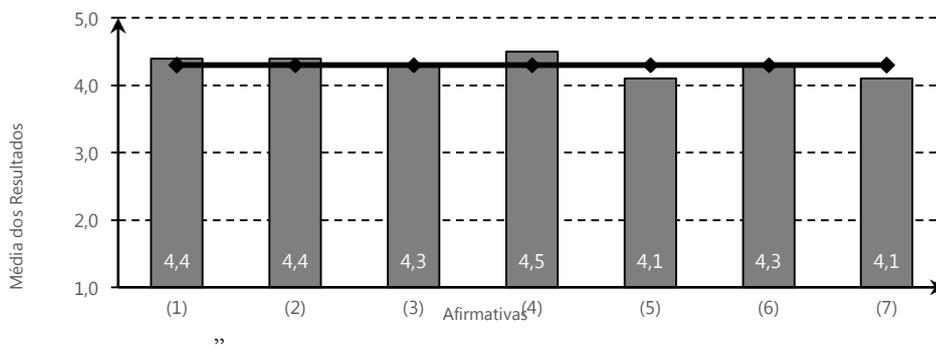
DIMENSÕES	AFIRMATIVAS	MÉDIA DOS RESULTADOS	MÉDIA DAS DIMENSÕES
(1) Tema do Projeto	1) O tema do projeto foi relevante para o meu futuro profissional	4.4	4.3
	2) O tema do projeto foi muito interessante e motivador	4.4	
	3) Houve uma boa articulação entre o projeto e a disciplina MCR	4.3	
	4) Estou orgulhoso com o projeto que minha equipe desenvolveu	4.5	
	5) O projeto me permitiu entender os conteúdos da disciplina mais facilmente em sala de aula	4.1	
	6) O desenvolvimento do projeto me permitiu ver as aplicações da disciplina em situações reais	4.3	
	7) A minha participação no projeto me ajudou a desenvolver minha autonomia	4.1	
(2) Aprendizagem e competências adquiridas	8) Com o desenvolvimento do projeto eu melhorei minhas competências oral e de escrita	3.7	4.1
	9) Com o PBL eu adquiri e desenvolvi gestões de projeto, tempo e conflitos	4.4	
	10) Minhas sugestões no desenvolvimento do projeto para os demais membros da equipe me ajudaram a desenvolver meu espírito crítico	4.0	
	11) A construção do protótipo estimulou minha iniciativa e habilidade criativa	4.3	
(3) Equipe de trabalho	12) A equipe de trabalho permitiu-me aumentar a minha motivação para a aprendizagem	4.2	4.2
	13) Eu prefiro trabalhar em equipe que individualmente	3.7	
	14) Ao longo do semestre eu tive um papel ativo na equipe de trabalho	4.5	
	15) Durante o desenvolvimento do projeto minha equipe de trabalho realizou encontros formais para discutir os passos do projeto	4.4	
	16) As competências de relacionamentos pessoais desenvolvidas durante o projeto serão muito importantes para minha profissão	4.4	
	17) Eu dividi todas as minhas tarefas e conhecimentos com os membros da minha equipe de trabalho	4.3	
(4) Papeis do Professor	18) Eu tive habilidade para resolver todos os conflitos na equipe de uma maneira positiva	4.0	4.2
	19) O professor esteve disponível para dar apoio para os alunos e ajudá-los a resolver as dúvidas relativas ao projeto	4.2	
	20) O papel do professor foi muito importante durante o desenvolvimento do projeto	4.2	
(5) Avaliação do PBL	21) O professor deu apoio técnico para o projeto	4.2	4.2
	22) A nota atribuída ao projeto deve ser maior que aquelas para provas tradicionais	4.0	
	23) De um modo geral estou feliz com os resultados do projeto desenvolvido pela minha equipe de trabalho	4.3	
	24) A abordagem PBL tem um comportamento positivo na relação entre professor e alunos	4.3	
	25) A abordagem PBL utilizada neste projeto estava bem organizada	4.1	

Fonte: Adaptado de Diana Mesquita (2012).

Os resultados da pesquisa estão representados nas figuras demonstradas na sequência.

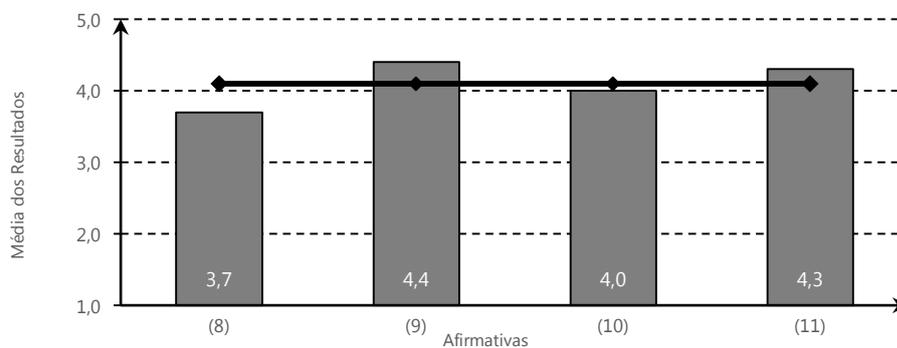
A Figura 3 mostra os resultados das respostas dos alunos relacionadas com a dimensão 1. Esta dimensão estava focada diretamente sobre o tema do projeto. Ela continha 7 afirmativas levando-se em conta a relevância do tema e a motivação para o desenvolvimento do projeto.

Figura 3. Resultados da pesquisa para a dimensão “Tema do Projeto”



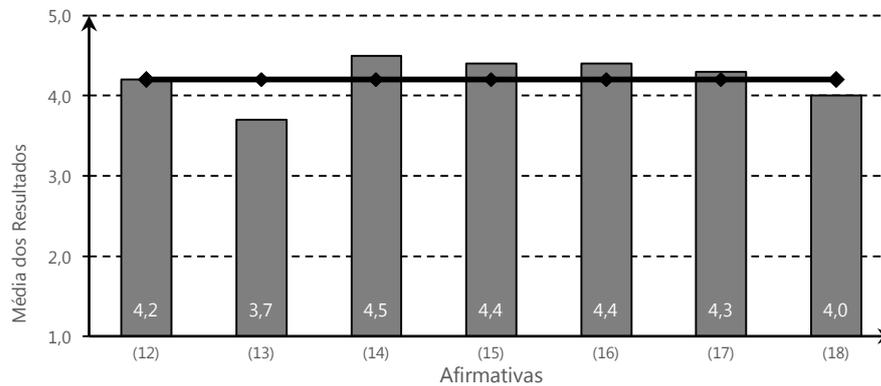
A Figura 4 apresenta os resultados das respostas relacionadas com a dimensão 2 que focava a aprendizagem e as competências adquiridas no desenvolvimento do projeto. Esta dimensão continha 4 afirmativas relacionadas com o conhecimento, as habilidades e competências desenvolvidas durante o projeto e as contribuições que cada membro forneceu à equipe. Nesta dimensão os alunos puderam informar como eles sentiram a importância de uma gestão de trabalho.

Figura 4. Resultados da pesquisa para a dimensão “Aprendizagem e Competências Adquiridas”



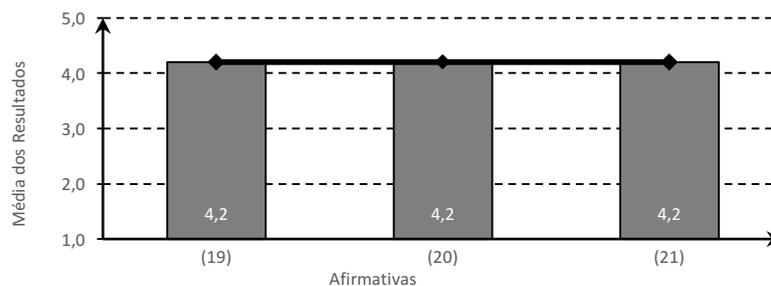
A Figura 5 mostra os resultados da dimensão mais importante que os alunos desenvolveram ao longo do projeto. Nas 7 afirmativas os alunos puderam sentir um ambiente tal como certamente irão trabalhar no futuro profissional. É no trabalho em equipe que cada membro contribui, de acordo com sua competência e capacidade pessoal, para a qualidade de um projeto ou produto.

Figura 5. Resultados da dimensão “Trabalho em Equipe”



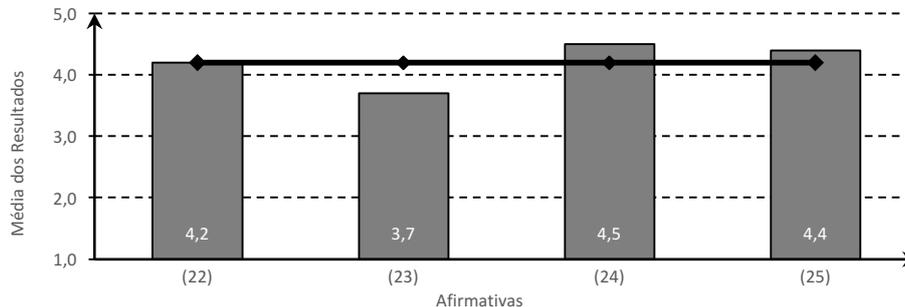
A Figura 6 apresenta os resultados da dimensão relacionada com os papéis que o professor deve representar durante o desenvolvimento de um projeto pelos seus alunos. Esta dimensão, com 3 afirmativas, analisa o apoio e a orientação que o professor deve fornecer, sob o ponto de vista dos alunos. É importante saber o que o professor pode fazer para ajudar os alunos sem interferir nos seus resultados.

Figura 6. Resultados da dimensão “Papéis do Professor”



A Figura 7 mostra os resultados da dimensão relacionada com a avaliação da abordagem PBL que os alunos fizeram sobre o desenvolvimento do projeto. Nesta dimensão os alunos analisaram todos os passos durante o desenvolvimento do projeto e como esta abordagem ajudou-os na aquisição de conhecimentos, competências e habilidades e o que eles consideraram mais importante sob o ponto de vista técnico e acadêmico.

Figura 7. Resultados da dimensão “Avaliação do PBL”



Os resultados do questionário aberto estão representados na Tabela 3, que demonstram como os alunos consideraram o trabalho em equipe e o tema do projeto um assunto fortemente relacionado com seus futuros profissionais.

Tabela 3: Resultados do questionário aberto

Aspectos mais positivos	Problema real da profissão Gestão de conflitos Equipe de trabalho Desenvolvimento da autonomia, criatividade e pensamento crítico Atividades manuais
Aspectos menos positivos	Falta de comprometimento de alguns membros da equipe Dificuldade de agendamento com os membros da equipe Poucas referências sobre o tema do projeto
Sugestões de melhorias	Aumentar a nota atribuída ao projeto Mais discussões entre os grupos antes da finalização do trabalho Mais apoio técnico por parte do professor Relatórios quinzenais sobre o projeto Apresentação dos resultados por meio de pôsteres e não power-point

Fonte: Scantamburlo, A. C. et al, 2017.

3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os dados obtidos neste trabalho refletem as opiniões dos alunos sobre o impacto que o desenvolvimento de um projeto trouxe para seus estudos. Os resultados mostram que esta abordagem num curso de engenharia fornece o melhor caminho para dar aos alunos uma medida adequada na aprendizagem de conceitos técnicos, competências, habilidades e a oportunidade para eles sentirem como funciona um “chão de fábrica”.

Durante o desenvolvimento do projeto os alunos encontraram dificuldades e desafios onde as soluções exigiram criatividade, esforço, dedicação e muita discussão entre os membros das equipes para a solução dos problemas encarados. Além disso, este projeto foi o primeiro

trabalho em equipe que os alunos desenvolveram no curso e a aprovação desta abordagem de ensino/aprendizagem mostra o quanto é importante transferir a eles a responsabilidade de aquisição de técnicas e conhecimentos que certamente irão ajudá-los na vida profissional.

Analisando os comentários dos alunos no questionário aberto verifica-se que o aspecto mais importante diz respeito à mudança de postura de uma aprendizagem passiva para uma atuação ativa e responsável e desenvolvimento de um espírito crítico e profissional. A motivação dos alunos durante o desenvolvimento do projeto foi louvável e foi possível verificar o amadurecimento e o senso de responsabilidade adquirido pelos alunos. Algumas das sugestões dos alunos, apresentadas no questionário aberto, deverão ser adotadas pelo professor nos futuros projetos relacionados com a disciplina.

REFERÊNCIAS

ALVES, A.C., MESQUITA, D., MOREIRA, F., FERNANDES, S. **Teamwork in Project-Based Learning: engineering students' perceptions of strengths and weaknesses**. In Proceedings of Fourth Ibero-American Symposium on Project Approaches in Engineering Education. Sao Paulo, Brazil, 2012.

BAINÉ, C. **Engineers Make a Difference**. Engineering Education Service Center. Springfield, OR, 2009.

BEER, F. P. JOHNSTON Jr, E. R., volume 1, **Mecânica vetorial para Engenheiros, ESTÁTICA**, Volume I, 5ª edição, Editora Makron Books do Brasil Editora Ltda, São Paulo, 1994.

CAMPOS, L. C., DIRANI, E. A. T., MANRIQUE, A. L. **Educação em Engenharia: Novas Abordagens**. Editora EDUC, Editora da PUC-SP, São Paulo, Brasil, 2011.

DA VINCI'S BRIDGES. **Extraordinary Leonardo da Vinci's projects reconstructed in three-dimensional graphics**. Museum Leonardo3. www.leonardo3.net, Rome, 2010

LIKERT, R. **A technique for the Measurement of Attitudes**. Archives of Psychology, 140, pp 1-55, (1932).

MILLS, E. J. & TREAGUST, F. D. **Engineering Education – is Problem Based or Project Based Learning the answer**. Australian Journal of Engineering Education, Australia, 2003.

MOREIRA, F., MESQUITA, D., VAN HATTUM-JANSSEN, N. **The importance of the Project Theme in Project-Based Learning: a Study of Student and Teachers Perceptions**. In Proceedings of the Third Ibero-American Symposium on Project Approaches in Engineering Education, Lisboa, Portugal, 2011.

POWELL, P. C., & WEENK, W. **Project-Led Engineering Education**. Utrecht: Lemma. 2003.

SCANTAMBURLO, A. C. et al., **“Building the Da Vinci's Self Supporting Bridge”**. In Alive Engineering Education: Transforming and Innovating Engineering Education, Chapter

1, p. 29-35, (2017). ISBN 978-85-495-0151-3. Editora da Universidade Federal de Goiás, UFG.
<https://icaedu.emc.ufg.br/p/22210-icaedu-2017-publications>

TV PUC (2017). **Ponte Arqueada de Leonardo Da Vinci.**
<https://www.youtube.com/watch?v=issE7-XHBgo>

THE PERCEPTIONS OF CIVIL ENGINEERING PROGRAM STUDENTS OF PUC-SP ON PBL METHODOLOGY APPLIED TO MECHANICS OF RIGID BODIES COURSE

Abstract: *This paper presents the perceptions of Civil Engineering Program students at Pontifical Catholic University of Sao Paulo (PUC-SP) on PBL approach. Using the principles of PBL the students of the 4th semester of Civil Engineering Program developed a project where the concepts of Mechanics of Rigid Bodies course are applied. The theme of the project in the last two years was the Da Vinci's Supporting Bridge. This project was part of the assessment process in the course. In order to develop the project three steps were used: a bibliographical research; the building of a prototype to analyse the behaviour of the structure, distribution of forces and the application of structural concepts and finally the building of an enlarged size bridge with the necessary adaptations related to the prototype, seeking to follow the original design and under the condition of to permit and tolerate the weight of several people passing along the bridge. The materials used were wood cylindrical pieces with the appropriated socket. All the pieces were prepared by the team and each step with the description of the building and assembly processes were reported in a video available on You Tube. In order to get the student opinions on the project two questionnaire were applied to them. A closed questionnaire based on Likert's scale and an open questionnaire where they could analyse all the aspects of their participations in the project and what suggestions they had to do to improve the project. In addition, the students could tell how the PBL approach help them in the teaching/learning process.*

Keywords: *Engineering Design, Project Based Learning, Supporting Bridge, Teamwork.*