

UMA EXPERIÊNCIA DA APLICAÇÃO DO ENSINO BASEADO EM PROBLEMAS NA DISCIPLINA INTRODUÇÃO À ENGENHARIA MECÂNICA

Fernando Malvezzi¹, Renato Romio², Octavio Mattasoglio Neto³

Centro Universitário do Instituto Mauá de Tecnologia – CEUN-IMT

Praça Mauá, 1.

CEP 09580-900 – São Caetano do Sul – São Paulo

¹fernando.malvezzi@maua.br, ²romio@maua.br, ³omattasoglio@maua.br

Resumo: Este artigo apresenta a aplicação do Ensino Baseado em Problemas (PBL) na Disciplina Introdução à Engenharia Mecânica na Escola de Engenharia Mauá - EEM. Pretende-se mostrar os objetivos da disciplina, a forma como o PBL foi conduzido e o caráter interdisciplinar do projeto. Os resultados obtidos foram: motivação do aprendizado a partir de um projeto integrador e multidisciplinar de engenharia; desenvolvimento do autodidatismo por meio de pesquisa e levantamento bibliográfico de temas necessários para a elaboração do projeto; valorização do trabalho em equipe, da liderança e da gestão de atividades que envolvem o cumprimento de prazos; valorização de regras, da ética e do respeito aos colegas e professores, por meio de uma competição saudável entre as equipes ao final do projeto.

Palavras-chave: Ensino baseado em problemas, Educação orientada ao projeto, Introdução à engenharia mecânica.

1 INTRODUÇÃO

Este trabalho tem como objetivo apresentar o Projeto da Transmissão de um Triciclo, que é uma aplicação do PBL na Disciplina Introdução à Engenharia Mecânica na Escola de Engenharia Mauá - EEM.

O projeto é uma oportunidade para o aluno ter contato com uma atividade da engenharia mecânica já na primeira série, contribuindo para motivar o aprendizado de disciplinas envolvidas no desenvolvimento do projeto e para elucidar dúvidas relacionadas com a escolha da habilitação.

A aproximação do aluno ingressante com o mundo da engenharia possibilita o desenvolvimento de competências características de um engenheiro, como raciocínio analítico, capacidade para planejar a execução de uma atividade ou projeto, atitude proativa e gestão de projetos, exigências declaradas nas Diretrizes Curriculares Nacionais – DCNs – (MEC, 2002).

A descrição do desenvolvimento do projeto da transmissão de um triciclo, pelos alunos da primeira série do curso de engenharia mecânica, aplicando o PBL, é feita nas seções seguintes. Na seção 2 é apresentada uma breve revisão bibliográfica comentando o PBL. Na seção 3 é apresentado um descritivo da disciplina Introdução à Engenharia Mecânica na Escola de Engenharia Mauá e o detalhamento das atividades desenvolvidas durante o projeto da transmissão do triciclo. Na seção 4 são citados os benefícios do aprendizado obtidos com aplicação desse projeto e na seção 5 os comentários finais e as conclusões.

Na EEM, a perspectiva de trabalho a partir de problemas que integrassem disciplinas foi uma diretriz traçada num documento emitido pela Direção da EEM por meio de um grupo encarregado de refletir sobre rumos do ensino de Engenharia.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O desafio da passagem do ensino médio para o ensino superior tem sido tema de diversos trabalhos (CARDOSO; SCHEER, 2003; MATTASOGLIO; ARA; BOSCAINO, 2005). A mudança do ensino médio, no qual o aluno era conduzido no seu processo de aprendizagem, para o ensino superior, no qual se busca a profissionalização, exige autonomia e que o aluno assuma efetivamente compromisso com seu processo de aprendizagem. Assim, novas formas de conduzir o trabalho docente passam a ser necessárias, quando se deseja efetivamente promover a aprendizagem, em contraposição com abordagens tradicionais.

O Ensino Baseado em Problemas, que constitui a base do desenvolvimento deste trabalho, foi proposto na década de 70 pela Escola de Medicina da *MacMaster University*, no Canadá, com o nome de metodologia *Problem Based Learning* – PBL (SAMFORD, 2006).

Ao aplicar essa metodologia, os professores preparavam casos clínicos simulados e os alunos do curso de medicina construíam seu próprio conhecimento buscando respostas para os casos apresentados.

O PBL tem uma abordagem de ensino integrativa e construtivista, com base em autores construtivistas, sócio-interacionistas e outros que acreditam que “*a interação com a vida real e a meta-cognição favorecem a motivação epistêmica e a aprendizagem*” (RIBEIRO; ESCRIVÃO FILHO, 2007). O ensino baseado em problemas do mundo real favorece a aprendizagem ao vincular os conteúdos com metodologias e com atitudes relativas à área de conhecimento que se deseja que o aluno aprenda (CARVALHO; GIL-PEREZ, 1995).

Diferentemente do método que utiliza casos para integrar conhecimentos previamente trabalhados em sala de aula ..., a característica principal do PBL é colocar problemas (ou situações problemáticas) relevantes à vida profissional e social dos alunos *antes* da apresentação dos conteúdos necessários para resolvê-los, os quais serão buscados pelos próprios alunos. Ademais, ao contrário de problemas de aplicação de teoria rotineiramente utilizados em ambientes convencionais de ensino, os problemas no PBL são essencialmente de fim aberto (não comportam uma solução única) e estimulam a integração de conhecimentos de várias disciplinas (RIBEIRO; ESCRIVÃO FILHO, 2007).

Dessa forma, o objetivo é dar significado ao conteúdo estudado pelo aluno, de forma a motivá-lo para a aprendizagem, uma vez que ele passará a se envolver com desafios que esperava encontrar na opção de ensino superior que fizera (MATTASOGLIO, 2008).

O PBL promove a integração de diferentes concepções de aprendizagem e está relacionado à aceitação de um modelo construtivista de aprendizagem, apresentando uma alternativa promissora para o trabalho docente e rompendo com modelos padronizados de aprendizagem (MIZUKAMI, 1986).

Nos cursos de Engenharia o PBL representa uma forte aproximação do trabalho do futuro profissional, uma vez que do engenheiro espera-se a resolução de problemas reais, tendo como referência o conhecimento tecnológico disponível e, atendendo às demandas daqueles que compram seus serviços. “*No ensino de engenharia, o PBL é às vezes conhecido como aprendizagem baseada em projetos devido às características dos ‘problemas’ enfrentados por estes profissionais*” (RIBEIRO; ESCRIVÃO FILHO, 2007).

Nos cursos de Engenharia e Tecnologia, o desafio de desenvolvimento de equipamentos e processos é algo que mostra forte identificação com o PBL. Cabe citar o trabalho desenvolvido pela Escola de Gestão e Tecnologia de Águeda, ligada à Universidade de Aveiro, que tem o seu currículo estruturado dentro de uma perspectiva de PBL (OLIVEIRA, 2004).

Certamente tal iniciativa não é nova em cursos de Engenharia (FINK, 1999; FINK, 2002), e tem sido implementada e estudada na UFMG já há algum tempo (SCOTT, 1998). Entretanto, conforme bem apresentado em Rhem (1998), essa prática de ensino tem sido reavivada na atualidade em função de pelo menos 2 pontos cruciais da modernidade: a explosão da informação; e a globalização política, social e econômica. Devido ao aumento exponencial de informação disponível, os métodos tradicionais de ensino mostram-se ineficientes, pois conduzem ao aumento também exponencial dos currículos e do tempo de permanência em sala de aula. Já a globalização aponta para um caminho futuro em que não há espaço para “super-indivíduos”, capazes de resolver todos os problemas sem qualquer ajuda, mas antes sinaliza para a necessidade constante do trabalho em grupo e da valorização das competências individuais. (DANOSO-GARCIA; TÔRRES, 2007).

Ribeiro e Escrivão Filho (2007), na sua explanação sobre o PBL, apontam que na forma mais ortodoxa, os problemas são propostos sem contar com uma estruturação disciplinar, ficando sob a responsabilidade dos alunos, com o suporte de especialistas e da literatura, a busca da solução do problema proposto. Indicam ainda que existe uma versão híbrida, na qual os problemas ainda formam o núcleo do currículo mas, nesse caso, disciplinas previamente organizadas dão suporte à solução do problema. Numa terceira versão, o PBL é conduzido por disciplinas isoladas dentro de currículos convencionais.

Existe uma seqüência de etapas que caracterizam o trabalho no PBL:

1. Proposição de um problema aberto e relevante aos estudantes;
2. Em equipes, os alunos, discutem e levantam hipóteses para a solução do problema proposto;
3. Consulta a especialistas e, também, material de apoio para a resolução do problema;
4. Equipe busca a solução do problema, a partir do material reunido para isso;
5. Avaliação do processo, após se chegar à solução do problema.

O fato mais relevante a se considerar é que o processo de construção da solução é algo de grande importância, pelas relações estabelecidas, pelo significado do processo e ainda mais, pelo controle do processo que os alunos devem manter.

3 DESENVOLVIMENTO DO TRABALHO

Nesta seção será detalhada a aplicação do PBL na Disciplina Introdução à Engenharia – Módulo “Engenharia Mecânica” da EEM.

3.1 A disciplina Introdução à Engenharia

Segundo a descrição da disciplina, a Introdução à Engenharia oferece ao aluno da primeira série a oportunidade de contato com atividades

práticas e problemas de engenharia. É importante que o estudante desenvolva uma visão sistêmica da profissão, conhecendo cada uma das habilitações, percebendo que a engenharia é interdisciplinar e as diversas áreas não são estanques. Quando em contato com problemas práticos de engenharia, o aluno terá a oportunidade de aplicar conhecimentos aprendidos nas disciplinas de formação básica. Promover a auto-motivação do aluno e despertar sua vocação e criatividade são alguns dos objetivos da Introdução à Engenharia, que também visa ajudar o estudante na escolha da habilitação a ser cursada a partir da segunda série (MAUÁ, 2008).

Para atingir seus objetivos, a disciplina é dividida em 3 fases. A primeira fase consiste dos chamados Módulos da Introdução à Engenharia, que são aulas de Laboratório das habilitações da engenharia existentes na EEM. A carga horária de cada módulo é composta por 2 aulas de 100 min e o aluno deve cursar 3 dentre os módulos oferecidos pela Escola.

Na segunda e na terceira fase da disciplina, os alunos desenvolvem, em grupo, um Projeto de uma das habilitações da Escola.

3.2 Apresentação do Projeto no Módulo de Engenharia Mecânica

Neste projeto, que vem sendo aplicada na Escola de Engenharia Mauá desde 2002, os alunos, divididos em equipes de até 7 integrantes, têm como objetivo definir uma relação de transmissão para um triciclo, que deve conduzir um rolo de 120 kg.



Figura 1- Alunos da Competição entre os triciclos

Após a conclusão do trabalho, as equipes participam de uma competição que consiste de “provas de arrancada” por um percurso plano de 30m. São distribuídos troféus aos três finalistas. Cada equipe participa de 5 arrancadas, onde competem 3 equipes entre si (Figura

1). O primeiro colocado em cada prova recebe 3 pontos, o segundo 2 e o terceiro, se concluir o percurso, 1 ponto. Os três primeiros colocados competem na prova final.

As equipes não podem realizar testes para definir a relação de transmissão, o que elimina a possibilidade de trabalharem com o processo de tentativa e erro. O desenvolvimento do trabalho segue as seguintes etapas:

- a- Apresentação do projeto aos alunos e formação das equipes.
- b- Seminário com apresentação dos seguintes temas, necessários para a elaboração dos projetos: sistemas de transmissão, forças de resistência ao movimento de veículos e curvas características de motores. O seminário consiste de apresentações elaboradas pelas próprias equipes, com o objetivo de exercitar a capacidade de o aluno aprender um assunto não lecionado em aula e a habilidade para uma apresentação em público.
- c- Levantamento da força gerada pelo ciclista em função da rotação do pedal, por meio de um ensaio experimental em dinamômetro.
- d- Determinação do torque gerado pelo ciclista (T) em função da rotação do pedal (n), a partir dos dados obtidos com o ensaio (Figura 2). O professor apenas mostra aos alunos como fazer as medições. O número de pontos que serão levantados para elaborar o gráfico $T \times n$ é definido pela própria equipe, e terá influência sobre o resultado da simulação do desempenho do triciclo.

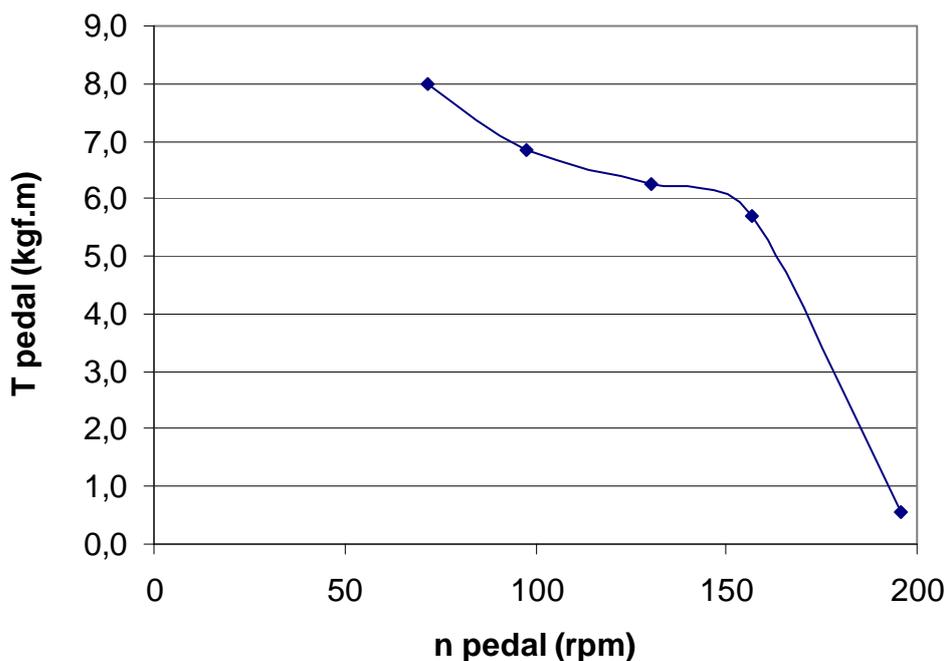


Figura 2- Curva de torque (T) em função da rotação (n) de uma equipe

- e- Determinação da força trativa na roda (F) em função da velocidade do triciclo (v), a partir dos dados da figura 2 e da relação de transmissão adotada:

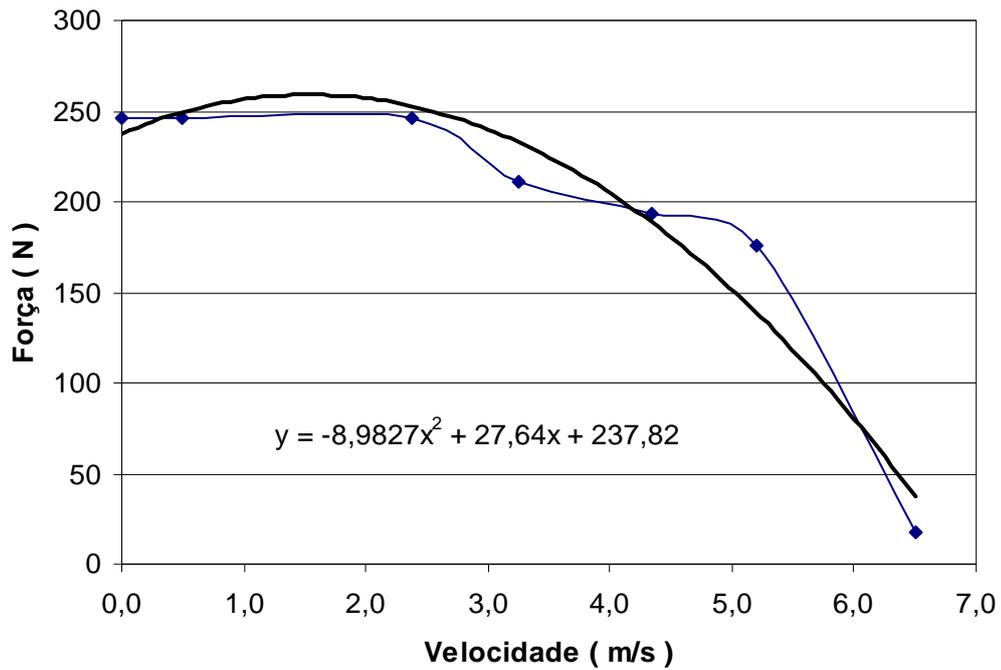


Figura 3- Força trativa na roda em função da velocidade do triciclo

f- Modelagem do problema, aplicando a segunda Lei de Newton para uma partícula:

$$F = ma \quad (3.1)$$

A aceleração da partícula pode ser calculada pela equação (3.2).

$$a = \frac{dv}{dt} = v \frac{dv}{ds} \quad (3.2)$$

Com as equações 3.1 e 3.2, é possível estimar o tempo e o espaço percorrido, aplicando respectivamente as equações 3.3 e 3.4:

$$dt = \frac{m}{F(v)} dv \quad (3.3)$$

$$ds = \frac{m}{F(v)} v dv \quad (3.4)$$

- g- Elaboração de um algoritmo para obtenção da variação da velocidade em função do tempo e do espaço percorrido pelo triciclo.
- h- Estimativa do tempo total do percurso para diversas relações de transmissão.
- i- Definição da melhor relação de transmissão com base na simulação do desempenho do triciclo e nas engrenagens disponíveis comercialmente.
- j- Elaboração do desenho de fabricação da engrenagem.

- k- Montagem da transmissão do triciclo e testes, realizados em um dinamômetro de rolos (Figura 4). Com esse equipamento, que foi um trabalho de graduação de um grupo de alunos da engenharia mecânica da EEM em 2002, pode-se obter uma estimativa do tempo do percurso da competição, porém, não é permitido às equipes alterarem a transmissão definida anteriormente.



Figura 4 – Teste do triciclo em dinamômetro, após a montagem

- l- Competição (Figura 1).

- m- Comentários e conclusões do projeto. Na aula seguinte à competição, o professor debate com as equipes as possíveis diferenças entre o desempenho estimado com a simulação elaborada pelas equipes e o desempenho durante a competição.

A avaliação leva em conta o empenho dos alunos durante as aulas, o seminário apresentado, a postura durante a competição e o relatório referente ao projeto.

Vale ressaltar que a melhor relação de transmissão para um determinado ciclista provavelmente não será a melhor para outro, a menos que a função torque x rotação de cada um deles (Figura 2) seja idêntica.

4 ASPECTOS DIDÁTICOS DA ATIVIDADE

O projeto do Módulo de Engenharia Mecânica da Disciplina Introdução à Engenharia tem contribuído para o enriquecimento do aprendizado dos alunos da primeira série de engenharia mecânica por que:

- Desafia o aluno para a solução de um problema de engenharia, compatível com o conhecimento de um estudante da primeira série.
- Estimula o trabalho em equipe.

- A gestão das atividades é realizada pela própria equipe, reforçando a importância do trabalho em equipe e exercitando a capacidade de liderança dos alunos.
- Contato com um projeto que exige o cumprimento de prazos, transferindo às equipes a responsabilidade pela gestão do cronograma das atividades.
- Todo o conhecimento necessário para a elaboração do projeto é obtido pelo próprio aluno em outras disciplinas da primeira série ou por meio de pesquisa e levantamento bibliográfico. O professor orienta a condução das tarefas, interferindo no andamento dos trabalhos apenas quando necessário.
- Há uma competição saudável entre as equipes, onde é valorizado o cumprimento de regras, a ética e o respeito aos colegas e professores.
- É um projeto integrador e multidisciplinar da primeira série. O aluno utiliza conhecimentos de Física I para desenvolvimento dos itens c, d, e, f desta seção, de computação para elaborar o algoritmo do item g, de cálculo I na modelagem matemática do item f e desenho técnico para elaborar o desenho de fabricação citado no item j.

Além disso, o aluno vai perceber a importância de outros assuntos que serão abordados em séries futuras, como ajuste de curvas, extrapolação e integração numérica.

5 COMENTÁRIOS E CONCLUSÕES

A aplicação do Ensino Baseado em Problemas (PBL) na disciplina Introdução à Engenharia Mecânica permitiu que os alunos da primeira série empregassem conhecimentos das aulas de Algoritmos e Programação, Física I, Cálculo I e Desenho em uma atividade próxima ao dia a dia de um Engenheiro Mecânico da área de projeto ou desenvolvimento.

O caráter interdisciplinar do projeto permitiu aos alunos reconhecer a importância do conhecimento das matérias estudadas na primeira série na solução de problemas de engenharia. A ênfase dada para a simulação do desempenho do triciclo, que teve como objetivo motivar modelagem de problemas, despertou nos alunos a idéia de planejar e prever o desempenho de um produto durante a fase do projeto, antes da construção do primeiro protótipo, deixando claro que engenharia não é simplesmente um processo de tentativa e erro. A auto-gestão das atividades pelo grupo e a característica integradora e multidisciplinar do projeto contribuíram para a motivação do aprendizado a partir de um trabalho de engenharia. O autodidatismo foi incentivado por meio de pesquisa e levantamento bibliográfico de temas necessários para a elaboração do projeto. Os seminários com esses temas valorizaram a apresentação de projetos, mostrando aos alunos a importância não apenas da elaboração de um bom trabalho, mas também a sua divulgação.

A importância do trabalho em equipe ficou evidente para os alunos durante as atividades, bem como a valorização da liderança e a gestão eficaz de atividades que envolvem o cumprimento de prazos.

A competição após a conclusão dos trabalhos enfatizou o cumprimento de regras, ética e respeito aos colegas e professores.

Houve diferenças na metodologia aplicada pelas equipes para a solução dos problemas. Algumas equipes aplicaram o método analítico para integrar as equações 3.3 e 3.4, outras integraram usando o método numérico dos trapézios, apesar desse assunto ser abordado apenas na segunda série, na disciplina Métodos Computacionais.

Outra equipe elaborou o gráfico do torque obtido pelo ciclista em função da rotação do pedal (Figura 2) para cada integrante da equipe. O critério que essa equipe empregou para definir o melhor ciclista para a competição foi a maior razão torque / massa do ciclista.

Concluindo, foi observado que a aplicação estimulou os alunos a buscarem soluções próprias para obter a melhor relação de transmissão do triciclo, contribuindo para a construção do próprio conhecimento, por meio do PBL.

Cabe ressaltar que, apesar do sucesso do projeto, houve a necessidade de promover algumas mudanças que estão sendo implementadas em 2008. Com o intuito de evitar que o esforço físico durante a competição tivesse influência nos resultados ou ainda, pudessem de alguma forma colocar em risco a integridade física dos alunos, passou-se a utilizar mini-veículos motorizados. Os alunos obtêm a curva de torque do motor, elaboram um modelo e um algoritmo para previsão de desempenho e definem a melhor relação de transmissão, com base na simulação do desempenho, de maneira análoga ao trabalho com o triciclo.

Outro aspecto a ser destacado é que, na nova proposta, passa-se a promover a integração dos alunos da primeira série com alunos do final do curso, que trabalham nos motores dos veículos com o objetivo de conseguir aumento na potência em relação ao motor original do veículo. Assim, os alunos ingressantes poderão ter mais motivação pela proximidade com problemas típicos de alunos de final de curso.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CARDOSO, A. T. M.; SCHEER, A. de P. Diagnóstico do acompanhamento acadêmico dos calouros de engenharia química da UFPR. In: Congresso Brasileiro de Ensino de Engenharia, XXXI, 2003, Rio de Janeiro. **Anais**. Rio de Janeiro: IME, 2003. CD-ROM.

CARVALHO, A. M. P.; GIL-PEREZ, D. **Formação de professores de ciências: tendências e inovações**. 2ª ed. São Paulo: Cortez. 1995. 120 p.

DANOSO-GARCIA, P. F.; TÔRRES, L. A. B. Ensino orientado ao projeto desafio: uma experiência para o ensino de controle, instrumentação e eletrônica. In: Congresso Brasileiro de Ensino de Engenharia. Curitiba PR.. **Anais do COBENGE 2007**, Curitiba: UNICENP, 2007. CD-ROM.

EEM. **Escola de Engenharia Mauá**. <www.maua.br>. Acesso em 14.05.2008.

FINK, F. K. Integration of engineering practice into curriculum - 25 years of experience with problem based learning. In 29th ASEE/IEEE FRONTIERS IN EDUCATION CONFERENCE, San Juan, Puerto Rico – IEEE, 1999. p.11a2-7 - 11a2-12

FINK, F. K. Problem-based learning in engineering education: a catalyst for regional development. **World Transactions on Engineering and Technology Education**, 1(1):29-32, 2002.

MATTASOGLIO Neto, O. O desafio das séries iniciais. **Revista Ensino Superior**: São Paulo. Ano 10, n. 116. p. 48.

MATTASOGLIO Neto, O, ARA, A. B., BOSCAINO, E. G.,. Modificações nas representações de alunos num curso de engenharia após cursarem as duas primeiras séries do ciclo básico. In: **ACTAS DO SEMINÁRIO INTERNACIONAL EDUCAÇÃO E TRABALHO**. Aveiro, Portugal. **Actas**. Universidade de Aveiro, 2005.

MEC - MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO E CULTURA. Conselho Nacional de Educação / Câmara de Educação Superior. Diretrizes Curriculares para os cursos de engenharia. **Resolução CNE/CES nº 11**, de 11 de março de 2002.

MIZUKAMI, M. G. N., **Ensino: as Abordagens do Processo**. São Paulo: E.P.U., 1986.

OLIVEIRA, J. M., E se aprendêssemos fazendo? **Anais**. I Seminário Mauá de Ensino. São Caetano do Sul SP. Escola de Engenharia Mauá, 2004.

RHEM, J. Problem-based learning: An introduction. In: **THE NATIONAL TEACHING & LEARNING FORUM**, 1998. p. 8(1):1 4.

RIBEIRO, L. R. C.; ESCRIVÃO FILHO, E. Um sistema de avaliação no ensino de engenharia: A visão dos alunos em uma experiência com o PBL. In: XXXV Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia. Curitiba PR.. **Anais**. COBENGE 2007, Curitiba: UNICENP, 2007. CD-ROM.

SAMFORD. **Samford University PBL homepage**. Disponível em: <<http://www.samford.edu/pbl/history.html>>. Acesso em: junho de 2006.

AN EXPERIENCE OF IMPLEMENTATION OF PROBLEM BASED LEARNING (PBL) IN THE INTRODUCTION TO MECHANICAL ENGINEERING

***Summary:** This paper describes the application of Problem Based Learning (PBL) in the Introduction to Mechanical Engineering at Maua Engineering School EEM. It is intended to show the goals of discipline, the way the PBL was conducted and interdisciplinary character of the project. The results were: motivation of learning from a integrator multidisciplinary project of engineering; development of self-learning through research and bibliographical survey of topics necessary for the development of the project; appreciation of the work in teams, leadership and management of activities involving compliance with deadlines; recovery of rules, ethics and respect for colleagues and teachers, through a healthy competition between the teams at the end of the project.*

***Key-words:** Problem Based Learning (PBL), Project Lead Education, Introduction to Mechanical Engineering,*