

PROJETO SOLARIS: ENRIQUECENDO A FORMAÇÃO DO ENGENHEIRO DE MATERIAIS

Dan Y. Miyaji¹, José de A. Rodrigues¹

¹Universidade Federal de São Carlos, Departamento de Engenharia de Materiais
Rodovia Washington Luís km 235, Monjolinho
CEP 13565-905 – São Carlos – SP
josear@ufscar.br, dan.miyaji@gmail.com

Resumo: *Recentemente, tem sido observado que as competências necessárias a um engenheiro para as próximas décadas vão além de sua habilidade puramente técnica. A capacidade de trabalho em grupo e uma visão sistêmica das situações são fundamentais para o crescimento de qualquer corporação. Por isso, as escolas de engenharia devem aprimorar suas metodologias de formação desse novo perfil profissional. Relacionado a este contexto, o presente trabalho apresenta um dos projetos de extensão desenvolvido no Departamento de Engenharia de Materiais da UFSCar, o Projeto Solaris. Dentre as diversas metodologias de ensino-aprendizagem existentes, foi aplicado o método de resolução de problemas, em que os alunos de graduação em engenharia de materiais organizam o lançamento de foguetes amadores, envolvendo planejamento, construção, logística, divulgação no ensino médio e o lançamento propriamente dito. Os fatores envolvidos na idealização desse tipo de projeto, desde conceitos físicos até legislação, somados à mediação de um tutor (professor do departamento), trouxeram interessantes oportunidades para o aprendizado dos alunos. O projeto no momento está em andamento e provavelmente será apresentado como um trabalho final de conclusão de curso.*

Palavras-chave: *ensino, engenharia de materiais, projeto, extensão*

1. INTRODUÇÃO

No atual estágio de desenvolvimento social e econômico em que vivemos, ocorre a necessidade da atuação de engenheiros que possuam aprimoradas capacidades de lidar com situações não somente técnicas, mas também burocráticas e administrativas. Espera-se desse modo que os cursos universitários acompanhem esta tendência, proporcionando um ensino de qualidade.

Nesse sentido, o Curso de Graduação em Engenharia de Materiais da UFSCar procura não somente formar o aluno nos diversos campos da Ciência dos Materiais, mas também incluir disciplinas que envolvem meio-ambiente, economia, estatística, engenharia de produção e qualidade.

Com o intuito de se garantir uma melhor fixação desse aprendizado, está em desenvolvimento o chamado “Projeto Solaris”, enquadrado como uma das atividades de extensão desenvolvidas no Departamento de Engenharia de Materiais da UFSCar e registrado na Pró-Reitoria de Extensão. Sob a orientação de um tutor (professor do departamento), um grupo de alunos de graduação vem planejando, administrando e executando o lançamento de um foguete amador, em que para cada membro do grupo são designadas tarefas e funções para a agilização do trabalho.

O projeto em questão, além de envolver assuntos pertinentes à área de engenharia de materiais, também necessita conceitos físicos, químicos, matemáticos, computacionais, de legislação e organizacionais, abordados ao longo do curso de graduação dos alunos. Podemos citar como exemplos os critérios de escolha dos materiais a serem utilizados na construção do foguete, os cálculos necessários para o balanço de massa relacionado ao consumo do combustível durante o percurso e as forças necessárias para a sustentação do artefato no ar.

Um dos aspectos mais importantes é que o projeto é essencialmente multidisciplinar, envolvendo alunos dos cursos de engenharia de materiais (materiais e estrutura), química (combustível sólido), engenharia química (processo da queima do combustível e motor) e engenharia de computação (eletrônica embarcada e de experimentação). Cada aluno enfoca os correspondentes aspectos específicos de seu curso, porém todos trabalhando como equipe sintonizada no objetivo final do lançamento do foguete. A administração contábil e organizacional é feita por um dos alunos da engenharia de materiais.

Adicionalmente, o lançamento desse tipo de foguete implica observação à legislação pertinente, uma vez que há uma interferência civil relevante no espaço aéreo local. Desse modo, regras e normas devem ser rigorosamente seguidas para garantir total segurança em todos os aspectos, incluindo a da própria equipe e eventual público.

Outro aspecto importante que deve ser considerado pelos alunos é o controle dos gastos de recursos. Devido à limitada quantidade de verba destinada a este projeto, devem-se evitar desperdícios demandando conhecimentos de organização financeira.

Uma tarefa da equipe, também com destaque, é a divulgação de todo o trabalho aos alunos do ensino médio de São Carlos, através de várias oportunidades, cumprindo assim os aspectos de extensão do Projeto Solaris. Isso equivaleria ao marketing do projeto, do ponto de vista empresarial.

Relevando todos esses fatores, o presente trabalho busca relatar o trabalho desenvolvido até o momento por esses alunos de graduação, demonstrando os resultados de seus aprendizados pelo método de resolução de problemas, para o qual o seu enunciado poderia se resumir em: planejar, construir e lançar um foguete amador com segurança e divulgar essas atividades no ensino médio.

1.1 Métodos de ensino-aprendizado: Resolução de problemas

De acordo com BORDENAVE E PEREIRA (2006), a solução de problemas é buscada de maneira geral por dois tipos de indivíduos: os de pensamento convergente e os de pensamento divergente. Os divergentes têm a capacidade de perceber lacunas e usar caminhos diversos na solução de problemas. Estes geralmente são mais curiosos e inventivos, tendo facilidade em dar respostas rápidas. Possuem também amplitude de leitura, energia e determinação, interessando-se por trabalhos difíceis e utilizando recursos próprios para a solução da questão. De modo contrário, nos convergentes tais habilidades não são desenvolvidas, fazendo com que um indivíduo resolva determinado problema conforme um procedimento que lhe foi dado.

Resumidamente, pode-se afirmar que as pessoas naturalmente nascem divergentes, pois é da natureza infantil a exploração do ambiente, o questionamento constante dos fenômenos e a admiração por tudo que seja novo. Entretanto, diante de certas regras impostas pela educação sistematizada e, em certos casos até mesmo pela família e, por fim, pela própria sociedade, algumas pessoas acabam se condicionando de maneira convergente (BORDENAVE E PEREIRA, 2006).

O sistema educacional tem uma responsabilidade considerável pela formação de pessoas convergentes devido à própria forma como ele se estruturou como sistema de formação de pessoas; também responsável por essa forma limitada de aprendizagem pode residir na própria

forma como a ciência cresceu nas últimas décadas. A tendência dos cientistas a dedicarem seus estudos em sistemas cada vez menores (reducionismo), levou ao aprofundamento intenso de muitos ramos da ciência. Esperava-se que a separação da ciência em partes básicas independentes pudesse gerar soluções para o todo. Todavia, na proporção em que os sistemas eram reduzidos, houve uma perda do interesse pelo problema inicial que dera origem a esses próprios sistemas. Portanto, ao mesmo tempo em que os estudos ganhavam profundidade, os mesmos perdiam em extensão, conforme BORDENAVE E PEREIRA, 2006 (Tema também explorado no II SEMINÁRIO de Inovações pedagógicas da UFSCar, 2008). Como reflexo no sistema educacional, as diversas disciplinas foram elaboradas com poucos fatores inter ou multidisciplinares, levando o aluno a ter dificuldades em fazer correlações e, por fim, solucionar problemas e gerar inovações.

Como reação à tendência reducionista, hoje se admite que o expansionismo, a teleologia e a síntese proporcionam uma visão de mundo mais adequada e que cada parte é afetada e afeta as propriedades do todo simultaneamente. Logo, não existe independência das partes. Como exemplo, no próprio campo da ciência e engenharia de materiais no Brasil e no mundo, conforme relatam SILVA e RODRIGUES (1991), viveu-se uma grande transformação no enfoque do disciplinar para o interdisciplinar. Renomados centros de ensino e pesquisa e associações técnicas da área da metalurgia mudaram este termo ou adicionaram a palavra “materiais”, a grande área que abarca os assuntos dos metais, das cerâmicas e dos polímeros.

Prosseguindo nesta linha de raciocínio, é interessante para o aprendizado do aluno um problema que envolva vários assuntos que se relacionem de maneira interdisciplinar. Este seria então um eficiente incentivo para o desenvolvimento da capacidade analítica que exercita o comportamento divergente. Retomando o tema principal do presente trabalho, o “Projeto Solaris” nasceu com o intuito de trabalhar a interdisciplinaridade, praticando o lado divergente de um grupo de alunos da UFSCar, a partir do Departamento de Engenharia de Materiais.

1.2 Resolução de problema e o método de projeto

Dentro da metodologia de resolução de problema, BORDENAVE E PEREIRA (2006) apresentam o método conforme o seguinte: das palavras dos próprios autores, consiste em “uma aprendizagem ativa e interessante, englobando a educação em um plano de trabalho, sem impingir aos alunos os títulos das disciplinas científicas. Assim eles buscam e conseguem informações, lêem, conversam, fazem investigações, anotam dados, calculam, levantam gráficos, reúnem o necessário e, por fim, convertem tudo isso em pontos de partida para o exercício ou aplicação na vida”.

Existem quatro fases que são vividas ao longo do desenvolvimento de um projeto:

- 1) Intenção – vontade de solucionar uma situação (lançar um foguete).
- 2) Preparação – busca dos meios para a resolução (planejamento do foguete)
- 3) Execução – a ação conforme os meios escolhidos (construção do foguete e preparação para o lançamento)
- 4) Apreciação – verificação dos resultados frente à proposta inicial (análise pós-lançamento)

Dentre as vantagens oferecidas pelo método, pode-se citar que o aluno não sofre qualquer imposição de lições de programas livrescos. Além disso, existe um incentivo ao planejamento cooperativo além de um real propósito do aprendiz. Outras aptidões podem ser descobertas, levando também ao despertar do desejo de conquista, iniciativa, criação e responsabilidade. Outra vantagem é o fato da pesquisa se tornar essencial, ou seja, o trabalho em si requer

estudos e métodos de experimentação. Finalmente, a vida social e profissional torna-se mais próxima dos alunos.

Como limitação desse método, considera-se que determinadas iniciativas ingênuas dos alunos podem não atender aos objetivos do projeto e, portanto, seus aprendizados. Conseqüentemente, surge certo grau de desordem, daí a importância do tutor. Outro problema pode advir da excessiva intervenção do tutor que; na preocupação de seguir a proposta inicial, acaba gerando lições estereotipadas em torno do tema. Por isso, no Projeto Solaris a equipe de alunos reúne-se semanalmente para tomada de decisões, sendo que as reuniões com o tutor ocorrem apenas a cada três semanas.

Logo, uma orientação prudente é fundamental, pois é preciso balancear a intensidade de iniciativas dos alunos com o direcionamento necessário ao projeto. Os alunos devem se sentir livres, mas seus esforços devem ser responsáveis e focados no objetivo.

1.3 Projeto Solaris: um desafio aos alunos

O Projeto Solaris foi aprovado na Pró-Reitoria de Extensão, ProEx, da UFSCar e já está no seu segundo ano de duração, registrado pelo processo 3086/2006-55, com as verbas de R\$ 800,00 em 2007 e R\$ 1000,00 para 2008. O projeto, também é reconhecido oficialmente pelo Departamento de Engenharia de Materiais, DEMa e pela Coordenação do Curso de Graduação em Engenharia de Materiais, como atividade extra-curricular, passível de recebimento de créditos por parte do aluno participante. Além disso, O Programa de Pós-Graduação em Ciência e Engenharia de Materiais, PPG-CEM, também reconhece e apóia o Solaris como mecanismo de interação entre graduação e pós-graduação.

Essa proposta surgiu a partir de um aluno de engenharia de materiais (EM), da turma de 2006, que veio propor ao professor da disciplina Introdução à Ciência e Engenharia de Materiais, disciplina dirigida aos alunos calouros, no primeiro semestre de 2006, que vislumbrava a possibilidade de montar um grupo com outros alunos nessa temática de foguetes. Iniciou-se, então, um grupo com quatro alunos, sendo três da engenharia de materiais e um da engenharia química. Mais tarde um dos alunos da EM saiu do grupo, mas ingressaram um aluno do curso da química e dois alunos do curso de engenharia de computação. Também, ingressaram no projeto dois professores do Departamento de Engenharia de Computação, DC, além de ocorrer a colaboração de um professor e de uma técnica do Departamento de Química, DQ. Com isso, nota-se a evidente interdisciplinaridade da atividade e a colaboração inter-departamental.

Tanto o DEMa como o PPG-CEM apóiam financeiramente o projeto, quando surgem necessidades específicas.

É de fundamental importância a conscientização feita com os alunos de que o Projeto Solaris visa à construção e o lançamento de um foguete amador, não-tripulado, não-militar, e de pequeno porte, que deve servir, se de grande porte fosse, para fins terminantemente pacíficos e científicos.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

A equipe do projeto trabalha de modo coordenado e cooperativo. Os alunos realizam reuniões semanais para a tomada de decisões e para a definição de necessidades, de contatos ou de compras, por exemplo, sempre sob a liderança do aluno-líder, que recebe uma bolsa de extensão da ProEx. As sub-equipes, com suas tarefas específicas, tais como, combustível, estrutura do foguete, aerodinâmica, legislação, lançamento, eletrônica embarcada, administração e divulgação, trabalham em lugares distintos (inclusive nas casas de alguns membros) conforme a necessidade.

Uma vez a cada três semanas, a equipe completa, alunos mais professores orientadores, se reúne em sala adequada com recursos de projeção, de modo a se discutir os problemas mais importantes, ouvir palestras de membros da equipe sobre assuntos específicos e controlar e corrigir o plano mestre do projeto. Nessas reuniões, são também tomadas decisões sobre compras e contatos mais específicos internos ou externos à universidade.

É importante informar que a ampliação da equipe é controlada sendo que o ingresso de novos elementos é feito mediante seleção de candidatos que possam vir a desempenhar tarefas demandadas pelo projeto, ou seja, a entrada de novos integrantes não é espontânea. Devemos ressaltar que o anúncio dessas vagas é feito de forma democrática nas salas de aula.

As principais atividades de construção, montagem, preparação de combustível, calibração e outras, são desenvolvidas basicamente no DEMa, no DC e no DQ, buscando-se a colaboração de laboratório específicos.

Ao final de um período do projeto, o líder do grupo faz a prestação de contas oficial à ProEx e o relatório técnico que são encaminhados aos interessados.

Sobre a divulgação do projeto, ela está voltada principalmente para o ensino médio, cooperando com essa escola no sentido de levar aos seus alunos e professores um assunto interessante e motivante, chamando a atenção para o Programa Espacial Brasileiro. Através do tema "foguetes", são inúmeras as oportunidades para a ilustração da aplicação de conceitos da física e da química. Nesse caso, os alunos da UFSCar colocam-se como instrutores para os futuros alunos universitários, ganhando experiência na clareza das exposições e demonstrações para esse público.

Outros canais de divulgação usados pela equipe são: a) a construção de um site na internet que apresenta conceitos básicos de espaço-modelismo e outras informações pertinentes; b) exposição e demonstração na chamada "Escola de Férias de Engenharia de Materiais para Alunos e Professores do Ensino Médio", oferecida anualmente no DEMa e que traz para dentro da Universidade, por três dias, alunos daquele nível para um primeiro contato com o mundo dos materiais; e c) palestras e stands nas escolas do ensino médio, aproveitando, às vezes, feiras de ciências.

A equipe do Solaris é composta pelos seguintes membros:

- Luis Henrique Okusu, DEMa - líder atual; administração e estrutura física.
- Nelson Ponce Junior, DEMa - idealizador do Solaris; desenvolvimento de dispositivos.
- Vitor Gregório de Oliveira, DEQ - combustíveis; motor.
- André Oliveira Santos, DQ - combustíveis; motor.
- Bruno Daniele, DC - eletrônica embarcada.
- Ricardo do Valle Flores, DC - eletrônica embarcada.
- Prof. Dr. Edílson Reis Rodrigues Kato, DC - orientação em eletrônica embarcada.
- Prof. Dr. Orides Morandin Junior, DC - orientação em eletrônica embarcada.

O aluno Yuri Felix Guimarães, DEMa, já fez parte da equipe na área de marketing. Além da equipe propriamente dita, apresentada acima, os seguintes colaboradores têm contribuído para o projeto:

- Prof. Dr. Walter Libardi, DEMa - cálculos mecânicos.
- Prof. Dr. Nerilso Bocchi, DQ - orientação sobre reações perigosas.
- Sr. Geraldo Biason Gomes, PPG-CEM - orientação em compras.
- Sr. Paulo Fernando Grassi Reali, SIn/UFSCar - domínio para site.
- Técnico Leomar Scarpa, DEMa - orientação em construção mecânica.

- Técnico Edson Roberto D'Almeida, DEMa - orientação técnica geral.
- Técnica Paula Silva Martins, DQ - orientação e auxílio em reações perigosas.
- Sra. Teresinha Luisa Luchesi Cera, DEMa - orientação em compras.
- Sr. Bruno Cortez, externo - orientação em WebSite.

3. RESULTADOS

Em termos de resultados, o Projeto Solaris tem sido um grande incentivador para uma vida mais ativa e criativa dos alunos de vários cursos de graduação da UFSCar. O grupo tem crescido sistematicamente, incorporando outros membros para necessidades específicas. Veja o quadro abaixo (Tabela 1) para a evolução da equipe:

Tabela 1 - Quadro da evolução da equipe do Solaris

Transcurso do tempo	Tamanho da equipe
Primeiro momento	O aluno idealizador + o professor tutor
Segundo momento	+ 3 alunos
Terceiro momento	+ 2 professores colaboradores
Quarto momento	+ 2 alunos
Quinto momento	+ 2 técnicos colaboradores + 1 professor colaborador
Momento atual	6 alunos, 4 professores e 2 técnicos

Os alunos participantes do projeto têm se mostrado extremamente motivados e ansiosos para o primeiro lançamento. Sentem-se, também, incentivados a buscarem outros conhecimentos complementares ao que vêm em salas de aula. Sentem, além disso, as vantagens do trabalho em equipe com foco num objetivo claro e preciso: lançar um foguete.

No momento, a equipe (Figura 1) está pronta para o teste do motor do foguete, que consiste em um tubo e uma tubeira em aço que contém o combustível sólido à base de nitrato de sódio e açúcar. O teste do motor é feito contra uma célula de carga instrumentada para o registro da força de propulsão em função do tempo da queima do combustível, em computador. A ignição do combustível é feita com resistência elétrica comandada por um sistema de rádio, em rádio-frequência, remotamente. O computador, também, registra a evolução da temperatura pelo lado externo da carcaça do motor.



Figura 1: Parte da equipe do Projeto Solaris em stand de exposição no DEMa durante a 4ª EFEM (4ª Escola de Férias de Engenharia de Materiais)

Essas informações são primordiais para a finalização do foguete propriamente dita. A estrutura do foguete já está pronta, em alumínio, que suportará o motor, na sua parte inferior, e a carenagem, em PCV, que dá a aerodinâmica. Quatro haletas inferiores oferecerão direcionalidade e estabilidade à trajetória vertical do foguete. A previsão de altura a ser alcançada, segundo o projeto, é de 1000 m. O computador de bordo, acomodado na parte central do corpo do foguete, registrará a altura do mesmo e a temperatura da parte externa do motor, ambos em função do tempo a partir do lançamento. O computador, também, detectará o tombamento do foguete (após altura máxima), por meio de um sensor de verticalidade e acionará o dispositivo de abertura do pára-quedas, acomodado na ponta do foguete. O pára-quedas trará para o chão o foguete sem maiores danos, para o exame posterior e detalhado de possíveis danos causados pelo lançamento e vôo. As informações serão extraídas do computador de bordo e interpretadas para análise do desempenho.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao longo do tempo decorrido desde a concepção do Projeto Solaris, tem-se observado uma evolução significativa no comportamento dos alunos. Eles têm conseguido por em prática muitos dos conhecimentos adquiridos em seus cursos de graduação, conhecendo e exercitando suas habilidades de trabalho em equipe e liderança. Finalmente, acredita-se que o Projeto Solaris tem proporcionado uma sólida oportunidade de educação e formação aos jovens, não somente destinando-os ao ofício da engenharia, mas também ao cumprimento dos seus papéis sociais como cidadãos. A divulgação dessa atividade no ensino médio desperta a equipe para a importância da docência e da transmissão de conhecimento da universidade para a sociedade, dentro do espírito da extensão.

Agradecimentos

Os autores agradecem à equipe do Projeto Solaris pelas informações cedidas; ao CNPq pela bolsa de produtividade em pesquisa, processo 301073/2006-6 e pela bolsa de doutorado; aos apoios do DEMa, do PPG-CEM, do DQ e do DC, todos da UFSCar; e à ProEx, processo 3086/2006-55. Ao Prof. Dr. Edson do Carmo Inforsato, da Unesp-Araraquara, os nossos agradecimentos pelas discussões realizadas e pela indicação de literatura.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- II SEMINÁRIO de Inovações Pedagógicas no Ensino de Graduação da UFSCar, 2008.
- BORDENAVE, J. D., PEREIRA, A. M. **Estratégias de Aprendizagem e Ensino** (27ª edição). Petrópolis. Ed. Vozes. 312 pgs. 2006.
- SILVA, J. R. G. RODRIGUES, J. A. De metais a materiais: tendência mundial de mudança de enfoque. **Metalurgia, ABM**. São Paulo. V. 47 n. 394 p. 77-79. 1991.

THE SOLARIS PROJECT: ENHANCING THE EDUCATION OF MATERIALS ENGINEERS

***Abstract:** Recent years have shown that the competencies needed by engineers in the coming decades will go beyond their purely technical skills. Teamwork abilities and a systemic vision of situations are essential for corporate growth. Engineering schools should therefore improve their methodologies, aiming at this new professional profile. This paper presents and discusses one of the extension courses developed by UFSCar's Department of Material Engineering, the SOLARIS Project. Among the various existing teaching methodologies, the problem-solving method was applied, whereby undergraduate materials engineering students organize the launching of amateur rockets. This enterprise involves planning, construction, logistics, dissemination in high schools and the launch itself. The factors involved in the conception of this type of project, from physical concepts to legislation, allied to the mediation of a tutor (a faculty member of the department), have provided the students with interesting learning opportunities. The project is ongoing and will probably be presented as a course conclusion monograph.*

***Keywords:** education, materials engineering, project, extension*