



COBENGE 2005

XXXIII - Congresso Brasileiro de Ensino de Engenharia

"Promovendo e valorizando a engenharia em um cenário de constantes mudanças"

12 a 15 de setembro - Campina Grande Pb

Promoção/Organização: ABENGE/UFPE

DESENVOLVIMENTO DE UM CARRO MOVIDO A ENERGIA SOLAR

Helio Pekelman – hel1217@ig.com.br

Instituto Presbiteriano Mackenzie, Faculdade de Engenharia, Departamento de Mecânica

Rua da Consolação, 930 – Consolação

CEP – 01302-090, São Paulo – SP

Marco Antonio Assis de Melo – marco.melo@poli.usp.br

Resumo: O trabalho tem por objetivo mostrar o desenvolvimento de um projeto, no caso um carro solar que ocorreu dentro da disciplina projeto e desenvolvimento de protótipos. O projeto desenvolvido contou com uma forte participação de outras duas disciplinas, teoria das estruturas II e mecatrônica, cuja participação são descritas. É colocado a base teórica que diferencia o projeto, faz uma descrição da competição e conclui-se colocando os aproveitamentos, problemas e projetos futuros.

Palavras-chave: *interdisciplinaridade, desenvolvimento de projeto*

1. INTRODUÇÃO

Este trabalho tem como objetivo, mostrar como se deu o desenvolvimento de um carro movido a energia solar dentro da disciplina projeto e desenvolvimento de protótipos, salientando a interdisciplinaridade. Com o intuito de apresentar as disciplinas envolvidas, apresenta-se a seguir um pequeno relato sobre as mesmas:

A disciplina projeto e desenvolvimento de protótipos é lecionada no departamento de engenharia mecânica há dois anos e meio, portanto uma disciplina nova, que surgiu com o intuito de desenvolver projetos de forma organizada. Em sua ementa reza o seguinte texto: "possibilitar ao aluno a compreensão das etapas do desenvolvimento de um projeto, a importância da interdisciplinaridade e o impacto da prototipagem." Tem como objetivo, desenvolver um projeto, desde a fase de planejamento até a execução, teste e colocação em funcionamento, mostrar as fases de planejamento e destacar os riscos envolvidos nesta etapa, executar o projeto mostrando a importância dos conhecimentos já adquiridos e a necessidade de novos, colocar a criatividade de forma concreta, verificar as vantagens do processo de prototipagem rápida.

A disciplina teoria das estruturas II finaliza o ciclo de introdução à área estrutural formada inicialmente por mecânica dos sólidos e posteriormente por resistência dos materiais. Ela introduz os conceitos teóricos da análise por elementos finitos juntamente com outras práticas em laboratório de informática com a aplicação do sistema ANSYS.

2.DESCRICÃO DO PROJETO

2.1 Descrição dos trabalhos desenvolvidos nos últimos dois anos e meio

A proposta de trabalho aplicada à disciplina mudou ao longo do tempo, iniciou-se com a idéia de um “futebol” com carrinhos movidos por motores elétricos e alimentados por um umbilical. Naquele momento, os carrinhos eram feitos a partir de um kit de materiais, que impunha uma limitação, forçando a criatividade.

A mesma idéia (“futebol”) perdurou no semestre seguinte, porém com motores mais potentes, fato este que acabou gerando além do “futebol” uma espécie de competição de batidas.

Um segundo momento da disciplina, ocorreu com a mudança da fonte de alimentação para uma placa com células fotovoltaicas, nesta ocasião, perdeu-se a mobilidade dos carros (possibilidade de fazer curvas), mas ganhou-se em tecnologia construtiva. Para se obter um melhor resultado foi abolido o uso do kit de materiais, ficando o aluno “livre” para utilizar os materiais disponíveis no estoque da escola.

A mesma opção foi lançada no semestre seguinte, mas desta vez com uma integração com a disciplina de teoria das estruturas II, que permitiu a utilização do software ANSYS no estudo e verificação da estrutura do carro. Continuou-se sem mobilidade (possibilidade de fazer curvas) mas desta vez o carro deveria subir uma rampa. Um recurso tecnológico que fez muita diferença, que surgiu com a proposta de alguns alunos, após uma aula da disciplina mecatrônica, que foi o uso de um conjunto de capacitores como auxílio no fornecimento de energia da placa solar. Cabe salientar que não era permitido o uso de baterias.

Atualmente tem-se uma nova proposta, porém baseada em uma experiência antiga que é o “futebol”. Os carros são movidos pelos mesmos motores mais potentes, mas desta vez a mobilidade é conseguida com o auxílio de controle remoto sem fio, (o mesmo usado em aeromodelismo) e a fonte de energia são baterias seladas e recarregáveis. Nesta proposta de projeto é solicitado a construção de um veículo que possua um sistema de direção e que se movimente para frente e para trás, o mesmo deve ser inscrito em um cubo de 250 mm de lado e ser capaz de realizar uma prova de baliza e posteriormente participar do “futebol”. Será fornecido o mesmo tipo de motor para todas as equipes, e dois servo motores, os materiais estão limitados à disponibilidade dos estoques da escola. Antes da confecção do veículo são solicitados desenhos e cronograma.

2.2 O projeto do carro solar

Conforme citado anteriormente, durante dois semestres, um ano, foram desenvolvidos carros movidos à energia solar a partir de células fotovoltaicas, esta experiência foi bastante engrandecedora para o curso, pois despertou um grande entusiasmo por parte dos professores de outras matérias com relação a tecnologia empregada o que possibilitou uma maior integração das disciplinas.

A proposta de trabalho colocada aos alunos era simples, na primeira vez, foi-lhes solicitado que projetassem um carro movido a energia solar provida pela placa adquirida pelo departamento, o melhor projeto, seria o mais rápido. No teste final, os carros seriam colocados dois a dois, lado a lado, para disputar uma corrida em um percurso linear de 20 metros em um piso de concreto (relativamente liso) e plano. Inicialmente, foi informado que seria colocado no chão um fio que poderia ser utilizado como guia, porém, esta idéia não se mostrou adequada e foi descartada. Não foram feitas restrições do tipo de material empregado. Após a avaliação da placa solar, foi exigido dos alunos um ensaio para verificação do torque do motoredutor (fornecido pela instituição) e como consequência

também foi exigido a inclusão de um conjunto de redução com a finalidade de aumentar o torque.

Na Segunda vez, a proposta foi mais elaborada e incorporou desde o seu início tudo o que foi acrescido na proposta anterior, o diferencial estava na competição, que desta vez, ao invés de ser no plano seria realizado em um subida, além disso, cogitou-se a possibilidade da elaboração de uma pequena carreta onde seriam adicionados pesos para serem puxados pelos carros. Esta proposta final foi descartada devido a diferença de forma apresentada pelos carros.

3. BASE TECNOLÓGICA

3.1 – Máquina de prototipagem rápida

Conforme GORNI (2001) O termo prototipagem rápida designa um conjunto de tecnologias usadas para se fabricar objetos físicos diretamente a partir de fontes de dados gerados por sistemas de projeto auxiliado por computador (C.A.D). Ainda segundo GORNI (2001) Atualmente existem pelo menos sete diferentes técnicas de prototipagem rápida disponíveis comercialmente. Uma vez que tais tecnologias estão sendo cada vez mais usadas em aplicações não relacionadas diretamente com prototipagem, é preferível designá-las pelas expressões fabricação sólida com forma livre, manufatura automatizada por computador ou manufatura em camadas. Este último termo descreve particularmente o processo de manufatura usado por todas as técnicas comerciais atuais. Um pacote de software "fatia" o modelo do componente em CAD em várias camadas finas, com aproximadamente 0,1 mm de espessura, as quais são dispostas uma sobre a outra. O processo de prototipagem rápida é um processo "aditivo", combinando camadas de papel, cera ou plástico para se criar um objeto sólido. A natureza aditiva deste processo permite a criação de objetos com características internas complicadas que não podem ser obtidas através de outros processos como, por exemplo, usinagem (fresamento, furação, torneamento, etc.), que são processos "subtrativos", ou seja, removem material a partir de um bloco sólido.

Todos os processos de prototipagem rápida atualmente existentes são constituídos por cinco etapas básicas GORNI (2001):

1. Criação de um modelo CAD da peça que está sendo projetada;
2. Conversão do arquivo CAD em formato STL, próprio para estereolitografia;
3. Fatiamento do arquivo STL em finas camadas transversais;
4. Construção física do modelo, empilhando-se uma camada sobre a outra;
5. Limpeza e acabamento do protótipo.

Os principais processos citados por GORNI (2001) são os seguintes:

- Estereolitografia (SLA);
- Manufatura de objetos em lâminas (LOM);
- Sinterização seletiva a laser (SLS);
- Modelagem por deposição de material fundido (FDM);
- Cura sólida na base (SGC);
- Impressão por jato de tinta (MJT);
- Conformação próxima do formato final a laser (LENS)

O processo utilizado foi o de modelagem por deposição de material fundido (FDM, *fused, deposition modeling*) este tipo de processo consiste na extrusão de filamentos de material

termoplástico aquecido através de um bocal que se move num plano X-Y. O protótipo é construído sobre uma plataforma, que se desloca na direção Z permitindo a fabricação do componente camada por camada.

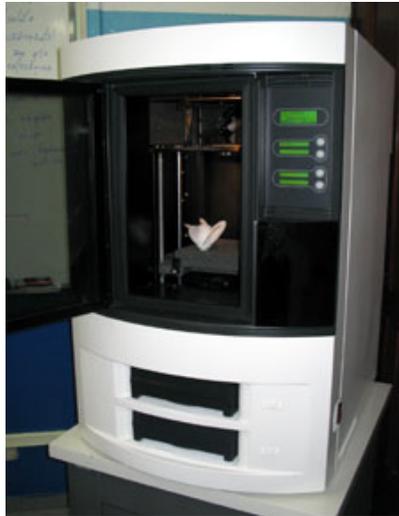


Figura 1 – Máquina de Prototipagem

3.2 - ANSYS

ANSYS é um pacote para modelagem por elementos finitos que provê soluções numéricas para uma grande variedade de problemas mecânicos, como: análise estrutural estática e dinâmica (linear ou não linear), transferência de calor, fenômenos de transporte, etc. De modo geral, soluções através de elementos finitos podem ser divididas em três estágios:

- 1- Definição do problema – definição dos pontos principais, áreas, volumes, linhas. Definição do tipo de material, propriedades e geometria.;
- 2- Solução – determinação das cargas e restrições;
- 3- Pós-processamento – listagem dos nós e suas propriedades, forças, momentos, deflexões, diagramas de tensão, etc.

3.3 – PLACA COM CELULAS FOTOVOLTÁICAS

No nosso projeto foi utilizada uma placa HM-11D12 da empresa Heliodinâmica cujas características são as seguintes:

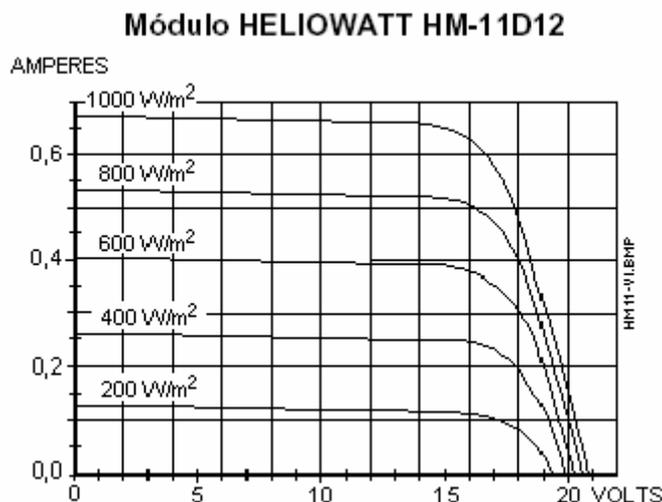


Figura 2 – Curva característica I x V à 45^oC

Especificações Técnicas

Módulos Fotovoltaicos HELIOWATT - Série D

| Modelo | | HM-21D12 | HM-11D12 |
|--|--------|-----------------------------|-----------------------|
| Constituição (células solares de silício monocristalino células de 100mm, redondas) | | 36 meias células | 36 quartos de células |
| Potência * | W | 21,0 | 11,0 |
| Corrente * | A | 1,23 | 0,62 |
| Tensão * | V | 17,0 | 17,0 |
| Corrente de curto-circuito * | A | 1,34 | 0,66 |
| Tensão de circuito aberto * | V | 21,0 | 21,0 |
| Capacidade média de geração ** | Ah/dia | 6,8 | 3,4 |
| Dimensões (C x L x45) | mm | 547x402 | 377x318 |
| Peso | kgf | 3,1 | 2,1 |
| Condições de operação: | | | |
| | | Temperatura -55 °C a +60 °C | |
| | | Umidade relativa até 100% | |
| | | Altitude até 7000 m | |
| | | Ventos até 200 Km/h | |

* Especificações médias, sob radiação solar de 1000 W/m² AM 1.5 e temperatura de 25 °C, sujeitas a variações de 10%

figura 3 – Especificações Técnicas

4. RESULTADOS OBTIDOS

Conforme descrito no item 2, este trabalho foi realizado em dois semestres consecutivos e portanto vamos dividir os resultados em cada um dos semestres.

Na primeira vez, que foi solicitado o trabalho, observou-se alguns problemas como a dificuldade de se obter um conjunto de células fotovoltaicas leve com possibilidades de mudança de configuração, na falta deste produto no mercado nacional, optou-se por uma placa comercial que pode ser utilizada em múltiplos propósitos. Esta placa apresentou um

peso maior que o esperado, porém apresentava maior resistente, esta resistência se mostrou necessária posteriormente devido a forma como o projeto foi manipulado. Outro problema foi a demora para sua chegada devido a burocracias internas o que atrasou os ensaios e a configuração de fixação. Suplantado estes problemas, e utilizando a placa sem modificações, os carros se movimentaram mas apresentaram muitos problemas como relação de transmissão (não tinham torque), em conjunto com a falta de mobilidade, acabou frustrando um pouco o público presente. Outro dificultador apareceu na troca da placa de um carro para outro fazendo com que a competição se estendesse além do previsto, também atrapalhou a necessidade de um dia com muito sol pois qualquer sombra ou redução da incidência fazia com que os carros parassem. Com relação a performance dos carros, a citada falta de torque se deu por dois motivos: primeiro, por estarmos usando motores elétricos de sucata, portanto sem conhecer suas características e segundo, com o atraso na chegada da placa solar não foi possível realizar ensaios para monitorar a performance do motor, causando uma escolha inadequada da redução e conseqüentemente o baixo torque.

Na segunda vez, sanado os problemas com peças, auxiliado pelas disciplinas teoria das estruturas II e mecatrônica e com uma turma maior, o que possibilitou um nível de competição maior, os projetos se tornaram mais sofisticados. Os ensaios foram mais precisos e possibilitaram o uso de reduções mais adequadas, desta forma, os carros tinham força para vencer os obstáculos que pudessem aparecer no caminho e o problema de o carro parar por causa de sombras (muitas vezes devido a nuvens) foi sanado com a utilização do banco de capacitores. Mesmo assim, apareceram problemas no dia da competição como a dificuldade na troca da placa e banco de capacitores de um carro para outro e a falta de local adequado para esta tarefa, este fato decepcionou um pouco o público presente, além da impossibilidade de manobra. Os resultados foram muito positivos nesta segunda vez.

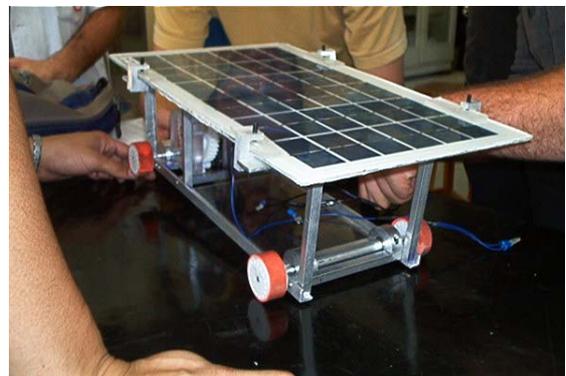
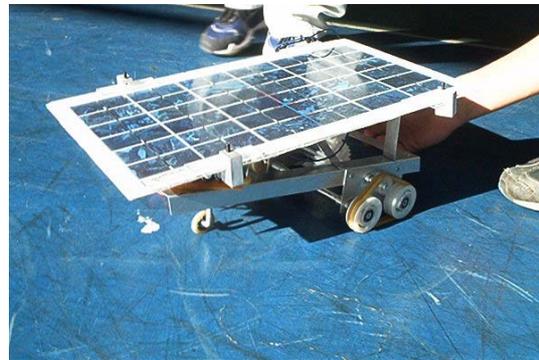


Figura 4 – fotos dos carros solares



Figura 5 – fotos da competição



etição

5. CONCLUSÕES

O projeto foi um sucesso pois, ao mesmo tempo que teve uma forte base de engenharia, nos cálculos e no uso de tecnologias como banco de capacitores e cálculo por elementos finitos, chamou a atenção da comunidade para a energia solar, fonte inesgotável não poluente.

Como problemas pode-se citar o tempo para troca da placa e banco de capacitores, que se tornou mais crítico pelo horário da competição, 12:00 h, horário este, devido à necessidade da intensidade de sol para o bom funcionamento dos carros. Também foi criticada a falta de mobilidade dos carros, este investimento deveria ser feito no próximo semestre. Outro ponto, foi o local da prova, não era próximo das grandes aglomerações de alunos, diminuindo o público, a divulgação também não foi grande, resultando em uma promoção menor, fato este que forçou a troca deste tipo de competição pelo anterior para o próximo ano.

Para o futuro, a intenção é voltar a este tipo de competição, se valendo de controle remoto sem fio e melhorando as condições iniciais de projeto com um planejamento mais apurado e com desenhos mais detalhados. Para tal, já contamos com os controles remotos, e os softwares de CAD estão sendo trocados por mais modernos. Assim, os investimentos serão baixos e com uma melhor escolha do local e divulgação este tipo de projeto tomará um vulto maior.

Com relação aos alunos, houve uma grande empolgação com o projeto mostrando que estamos na direção correta.

6. - BIBLIOGRAFIA

GORNI, ANTONIO AUGUSTO, **Introdução a prototipagem rápida e seus processos**, capturado de <http://www.gorni.eng.br/protrap.html> em 16/6/2005 as 16:20 h - 2001

ANSYS TUTORIAL, **Introduction**, capturado de <http://www.mece.ualberta.ca/tutorials/ansys/AU/Intro/Intro.html> em 16/6/2005 às 17:05 h

HELIODINÂMICA, **Módulos geradores fotovoltaicos HM-21D12 e HM-11D12** capturado em www.heliodinamica.com.br em 1/08/2005 às 14:15

Abstract: The objective of the work is to show the development of a project, in this case a solar car, that happened inside the discipline project and development of prototypes. The developed project counted with a strong participation of other two disciplines, theory of the structures II and mecatrônica, whose participation is described. It is placed the theoretical bases that differentiates the project, description of the competition, and concluded placing the uses, problems and future projects.

Key-Words: interdisciplinarity, project development