



**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/UFPG-UFPE

## **PROJETO E DESENVOLVIMENTO DE PROTÓTIPOS, EVOLUÇÃO E DISCUSSÕES.**

**Helio Pekelman** – [hel1217@ig.com.br](mailto:hel1217@ig.com.br)

Instituto Presbiteriano Mackenzie, Faculdade de Engenharia, Departamento de Mecânica  
Rua da Consolação, 930 – Consolação  
CEP – 01302-090, São Paulo – SP

**Antônio Gonçalves Mello Jr.** – [mellojr@mackenzie.com.br](mailto:mellojr@mackenzie.com.br)

*Resumo: Este artigo descreve o desenvolvimento de um projeto dentro da disciplina projeto e desenvolvimento de protótipos, mostra as bases utilizadas e discute o desempenho dos alunos no desenvolvimento do projeto. No início, descreve quais os focos principais e as bases utilizadas para o planejamento do projeto, aborda a seguir a questão criatividade, colocando-a de forma teórica dentro da disciplina, continua com um relato sobre os projetos desenvolvidos na disciplina, para então discutir a participação de todos os envolvidos no desenvolvimento do projeto, discussão esta dividida em três pontos: infra-estrutura, gestão do projeto e interdisciplinaridade, conclui destacando a disciplina no curso e propondo a partir do apresentado, pontos para discussões de melhorias no curso de engenharia mecânica.*

*palavras-chave: desenvolvimento de projetos, criatividade, engenharia mecânica*

### **1. INTRODUÇÃO**

O mercado mais competitivo tem exigido dos engenheiros recém formados cada vez mais experiência profissional, uma parte desta vem da vivência nas empresas no período de estágio e uma outra parte vem do desenvolvimento de projetos na escola. Desta forma, torna-se maior a necessidade de aprimorar e profissionalizar os projetos apresentados aos alunos, mostrando a interdisciplinaridade e a importância do planejamento e projeto na obtenção do sucesso na empreitada.

Com base no exposto, este artigo descreve a trajetória dos últimos dois anos da disciplina projeto e desenvolvimento de protótipos, que nasceu com a intenção de desenvolver projetos com os alunos em uma etapa intermediária do curso, mostrando a importância da organização e interdisciplinaridade no desenvolvimento de um projeto.

Como a disciplina faz parte da grade de engenharia mecânica, é interessante uma definição para nortear as atividades da disciplina. Engenharia segundo KIRK (1979) “é a profissão essencialmente dedicada à aplicação de um certo conjunto de conhecimentos, de certas habilitações e de uma certa atitude à criação de dispositivos, estruturas e processos utilizados para converter recursos a formas adequadas ao atendimento das necessidades humanas”.

## **2. DESENVOLVIMENTO DE PROJETOS**

Este item mostrará de maneira breve, os principais conceitos que servem de base para o desenvolvimento dos trabalhos na disciplina. São utilizados como base bibliográfica livros que tem como referência o PMBOK 2000 (*Project management body of knowledge*) do PMI (*Project management institute*), existe na biblioteca vários volumes, que tratam deste assunto com esta abordagem.

Inicialmente a conceituação de projeto (*“projeto é um empreendimento temporário com o objetivo de criar um produto ou serviço único”* PMBOK GUIDE [2000]) é um ponto importante e de fácil constatação uma vez que o trabalho proposto é o mesmo para toda a turma e apesar disso não tem configurações iguais.

Após a explicação de todas as áreas de conhecimento da gerência de projetos, uma ênfase maior é dada à gerência do escopo e à gerência do tempo, pois dentro da duração prevista para o desenvolvimento (um semestre) estes são os que mais impactam na determinação dos objetivos e na manutenção dos mesmos.

As áreas de conhecimento da gerência de projetos são as seguintes: gerência da integração do projeto, gerência do escopo do projeto, gerência do tempo do projeto, gerência do custo do projeto, gerência da qualidade do projeto, gerência dos recursos humanos do projeto, gerência das comunicações do projeto. PMBOK GUIDE [2000].

### **2.1 Gerência do escopo do projeto**

É na gestão de escopo que se assegura que o projeto inclua todos os produtos e serviços a serem fornecidos.

De acordo com PMBOK GUIDE [2000], o termo escopo pode se referir a: escopo do produto, aspecto e funções que caracterizam um produto ou serviço e escopo do projeto, trabalho que deve ser feito com a finalidade de fornecer um produto de acordo com os aspectos e funções especificados. Em se tratando do trabalho desenvolvido pelos alunos, um primeiro passo é informar quais os requisitos do projeto, informar quais as restrições e salientar quais as “multas” a serem pagas em caso de violação, isto é feito através de documento escrito, entregue e protocolado, aumentando assim a responsabilidade com o trabalho. Com os requisitos e restrições, é solicitado aos alunos que façam uma avaliação de viabilidade que é concluída com um documento descrevendo o produto citando: justificativa do projeto, produto do projeto, sub produtos, objetivos (critérios quantificáveis) e plano de gerenciamento do escopo. Estes dados servem de base para a elaboração da estrutura analítica do projeto que consiste na última fase desta etapa do trabalho.

### **2.2 Gerência do tempo**

A gerência do tempo assegurará que o trabalho será executado dentro do prazo previsto.

As atividades programadas nesta etapa são divididas em quatro: definição, seqüenciamento, estimativa da duração e desenvolvimento do cronograma. A explanação teórica é feita separadamente para cada uma das quatro atividades, porém, é salientado ao aluno que as atividades se entremeiam, ou seja, o raciocínio ocorre de forma holística e não estanque conforme teoria.

A respeito da atividade definição, vários alertas são dados de forma que o aluno entenda, primeiro as dificuldades de se listar as atividades de execução com tanta antecedência e segundo, a necessidade de experiência para selecionar quais atividades são

importantes e merecem um acompanhamento mais rigoroso e quais atividades são menos importantes e portanto não precisam constar da lista de atividades.

As outras atividades são executadas sem o auxílio de computador, pois o uso de ferramentas computacionais necessitaria de aulas que ensinam o seu manuseio, fato não previsto nos objetivos da disciplina nem na sua carga horária.

O resultado final desta etapa é um diagrama de rede e um cronograma que servem de orientação para a seqüência de projeto e construção do trabalho solicitado. Apesar de não se fazer o acompanhamento do cronograma, o planejamento imposto, ressalta a necessidade de organização em um trabalho deste vulto.

### **2.3 Risco na fase de projeto**

Conforme GURGEL [1997], no intuito de reduzir os riscos no desenvolvimento de um projeto, vários aspectos devem ser contemplados. Na redução dos riscos de engenharia, dois aspectos são levantados: atender aos requisitos do marketing de desenvolvimento e funcionalidade irresistível, não esperada e não imaginada pelos mercados em evolução. O autor ressalta ainda a importância do perfeito entrosamento do produto com a unidade industrial e ao sistema de operação, coloca que a qualidade, facilidade de manufatura, entrosamento com operações logísticas, facilidade de montagem, serviço pós-venda e custo reduzido formam um conjunto que determina o desenvolvimento de um bom produto.

Quando este assunto é tratado, duas situações são destacadas: primeiro, observar a facilidade de manufatura, montagem e entrosamento com a logística de materiais (nem sempre todos os materiais estão disponíveis no início do projeto), segundo, incentiva-se a funcionalidade irresistível, ou seja, a percepção de oportunidades com o uso de novas técnicas ou tecnologias que se transformam em vantagens competitivas.

### **3. A QUESTÃO CRIATIVIDADE**

Com o exposto no item 2., desenvolvimento do projeto, mostra-se a ênfase dada a criatividade em todas as etapas, o diferencial, no caso desta disciplina, é que se passa um conjunto de teorias que servem para provocar uma nova postura frente a questão criatividade, em especial, mostra-se que a criatividade esta relacionada com um arcabouço de conhecimentos teóricos, culturais e experiências de vida e não com genética. Outro foco relevante é o incentivo para que o aluno saia da “zona de conforto” e faça experimentações, lembrando que se aprende com os erros.

Para contextualizar a questão criatividade, são utilizadas as dez estratégias de AYAN (2001), mostrando que a criatividade pode ser aprendida, que o mercado é carente de pessoas com este conhecimento, que criatividade não ocorre do dia para noite e portanto, que não se espera que sejam criativos ao final da disciplina ou do curso mas que cultivem a semente de criatividade que esta sendo plantada para colher os frutos no futuro.

AYAN (2001) propõe as seguintes estratégias:

- 1- Relacione-se com as pessoas;
- 2- Projete um ambiente enriquecedor;
- 3- Saia do seu casulo, viajando;
- 4- Seja contagiado por brincadeiras e bom humor;
- 5- Expanda sua mente através da leitura;
- 6- Dedique-se às artes;
- 7- Fique ligado na tecnologia;
- 8- Dinamize o pensamento com relação aos seus desafios;
- 9- Libere seu *alterconsciente*;

10- Entre em contato com sua alma criativa.

## **4. A DISCIPLINA PROJETO E DESENVOLVIMENTO DE PROTÓTIPOS**

### ***Ementa***

Possibilitar ao aluno a compreensão das etapas do desenvolvimento de um projeto, a importância da interdisciplinaridade e o impacto da prototipagem.

### ***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.

### **4.1 Descrição dos trabalhos desenvolvidos nos últimos dois anos**

As propostas de trabalhos aplicados à disciplina mudaram ao longo do tempo, iniciou-se com a ideia de um “futebol” com carrinhos movidos por motores elétricos e alimentados por um umbilical. Neste momento, os carrinhos eram feitos a partir de um kit de materiais, que impunha uma limitação forçando a criatividade.

A mesma ideia (“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, surgiu com a proposta de alguns alunos, após uma aula da disciplina eletrônica, 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, (semelhante ao usado em aeromodelismo) e a fonte de energia são baterias seladas e recarregáveis.

A proposta de projeto apresentada é 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 conforme já descrito.

## **5. DISCUSSÕES**

Para uma melhor condução deste item, faremos a seguinte divisão:

- Infra-estrutura: discutirá a participação da escola em termos de estrutura, material e logística;
- Gestão do projeto: discutirá como esta sendo a condução por parte dos alunos do planejamento e execução do projeto;
- Interdisciplinaridade: discutirá como é o relacionamento com as demais disciplinas do curso.

## 5.1 Infra-estrutura

A infra estrutura é a base do projeto e tem dois aspectos a serem considerados: primeiro, a questão do atraso dos materiais, que pode ser considerado crítico para o cumprimento dos prazos, e ao mesmo tempo um aprendizado, pois de posse destas informações os alunos devem refazer seus planejamentos e traçar suas prioridades; segundo, quais materiais a escola está oferecendo, quais materiais o aluno deve providenciar e quais materiais são opcionais para o projeto, este é uma aspecto crítico pois envolve os estoques de materiais disponíveis que não devem se acumular já que isto se reflete em capital mal investido, quais são as dimensões de matéria prima bruta utilizada e se o projeto se adapta a elas, caso contrário volta-se ao ponto anterior (a compra de material específico em quantidades mínimas de mercado, que não pode ser usado por outras disciplinas, mostra capital mal empregado), no caso da escola de engenharia a maior parte, senão todo material é fornecido, desta forma, deve-se vencer esta inércia e fazer com que os alunos compreendam que ao adquirirem material para o projeto, estão ganhando experiência em especificação, pesquisa e negociação. Reaproveitar peças de outros produtos no projeto pode ser uma faca de dois gumes, é interessante pelo lado da criatividade e do tempo, porém, nem todos os alunos tem acesso ao mesmo material o que pode se tornar um desmotivador.

A estrutura fornecida pela escola em termos de laboratórios, equipamentos, ferramentas e horários, é excelente, limitando muito pouco as possibilidades de projeto. Tem-se disponível o laboratório de usinagem com todas as máquinas, ferramentas e dispositivos, laboratório de fundição, máquina de prototipagem rápida e toda parte de softwares para desenho.

A logística não é o ponto forte, mesmo com todo planejamento por parte do professor com relação aos materiais, dos técnicos com relação aos laboratórios (máquinas e ferramentas) e do departamento com liberação de *budget*, mesmo assim a burocracia e a informática ainda são capazes de atrasar liberações forçando mudanças imprevistas das regras do projeto levando o aluno a desacreditar no planejamento elaborado e conseqüentemente passar a uma situação de trabalho desordenado.

## 5.2 Gestão do projeto

Esta discussão não é fácil, uma vez que existem muitos fatores influenciando a performance dos alunos como: tarefas para outras disciplinas, provas, estágio, outros compromissos, etc. a maioria, fora do controle da disciplina.

O desempenho dos alunos, analisado de forma geral, sem levar em conta destaques, tanto positivos como negativos, ocorre conforme figura 1 a seguir, construída com base em avaliações intermediárias e conversas durante o decorrer do projeto:

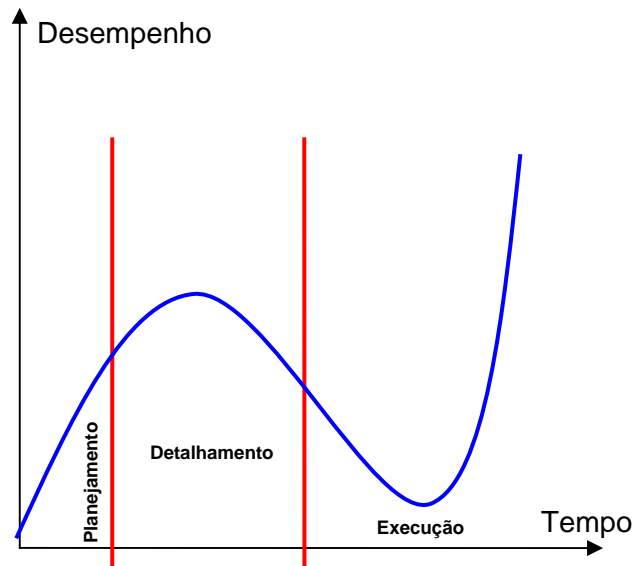


Figura 1 – Gráfico de desempenho dos alunos no projeto

A primeira fase a aparecer no gráfico da figura 1 é a do planejamento, neste período a empolgação é grande devido a novidade do trabalho e da tecnologia envolvida (controle remoto), por conta disso, é que se tem um desempenho crescente, nesta fase os limites impostos ao projeto também são menos percebidos, e a criatividade aflora, o ar de competição aparece favorecendo a curva ascendente.

Na fase seguinte, chamada de detalhamento, ocorre a elaboração dos desenhos, está é a fase mais crítica, inicia-se com a colocação de limites técnicos, de materiais, de processos, passa pelas dificuldades de se desenhar um produto inexistente, sem algo similar para se basear como o ocorrido até o momento. Também existe a necessidade de fazer o aluno entender que um projeto antes de ficar pronto deve ser modificado e refinado várias vezes, desapontando o aluno em relação ao imediatismo e exigindo tempo para as discussões e modificações, tempo este escasso devido às várias atividades e prejudicado devido às dificuldades de comunicação. As ferramentas de CAD, apesar de disponíveis, foram utilizadas até o momento, de forma básica, exigindo um aprendizado extra por parte do aluno.

Nesta mesma fase se inicia o processo de fabricação, apesar de todo esforço para a execução de um planejamento e do detalhamento na forma de desenhos, ainda assim, a fabricação se inicia de forma desarticulada, pois os alunos, não acreditam e não consultam os desenhos elaborados.

Na última fase, execução, ocorre o menor desempenho, como resultado da falta de consulta ao projeto a execução começa a apresentar muitos erros e leva a discussões entre os componentes do grupo.

Após um período de construção o produto toma forma e o desempenho, então, melhora, primeiro, pois a forma final começa a aparecer e segundo, os desenhos e planejamento ressurgem. Um ponto fundamental para o aumento do desempenho é a

competição entre os grupos, onde surgem novas e criativas modificações de projeto pois, ninguém quer “ficar para traz”.

O papel do professor é essencial, apesar da dificuldade de fazer os alunos entenderem a importância do projeto e planejamento, o apoio e incentivo nas horas de baixo desempenho fazem muita diferença no resultado final. Em muitos casos, os alunos não percebem que modificações no projeto original devem ser feitas em prol da melhoria de performance. O maior desempenho se dá nos testes, com o produto funcionando.

### **5.3 Interdisciplinaridade**

O relacionamento do projeto com outras disciplinas tem duas faces, primeiro, destacar a relação entre as disciplinas no mesmo período e de períodos anteriores, mostrar a necessidade de conhecimento e de como aplicá-lo; segundo, trazer o professor de outras disciplinas para um trabalho conjunto, esta talvez a maior dificuldade, pois demanda tempo, escasso também entre os colegas professores.

Trabalhar com professores do mesmo período tem demonstrado ser mais fácil dentro da estrutura da escola, professores de outros períodos tendem a participar menos, não tendo a devida paciência para recordar o conteúdo da disciplina. Mesmo com ressalvas, o raciocínio é: já te ensinei, você foi aprovado, portanto sabe o conteúdo e dessa forma minha participação não é tão necessária. Outro ponto é: esta disciplina não é minha, portanto não tenho que ter uma relação mais próxima e tem ainda a reticência relacionada à invasão do espaço profissional do colega professor e da divergência na abordagem do problema.

Mesmo com todas as barreiras deve-se insistir com a interdisciplinaridade, neste caso, em especial, não se tem conseguido manter uma constância na participação de outros professores e disciplinas devido às mudanças no tipo de projeto, mas bons resultados são obtidos com conversa, transparência nos objetivos e liberdade de opinião. Aos poucos o relacionamento entre professores vem se estreitando e as participações aumentando. Muito bons resultados já foram colhidos como: um banco de capacitores, resultado de discussões do projeto na disciplina de eletrônica aplicada, cálculos estruturais com auxílio do software ANSYS, resultado de acordo com o professor da disciplina teoria das estruturas II, entre outros.

## **6. CONCLUSÕES**

Lidar com projetos exige um constante aprendizado, tanto na questão relacionamento, seja com alunos, professores, departamento ou diretoria, como na questão técnica. Não ser arrogante, perceber as dificuldades, pedir auxílio quando necessário e cultivar o bom senso, realçam ainda mais as qualidades do engenheiro.

Espera-se que ao final da disciplina, o aluno perceba a importância do planejamento em um projeto, note que a elaboração passa por erros e deve-se aprender com eles e que a criatividade esta relacionada com o esforço e o conhecimento técnico e cultural que deve ser cultivado por toda vida.

A disciplina vem se destacando semestre a semestre, se tornando conhecida dentro e fora do curso, aumentando a participação de outras disciplinas e professores, colaborando com a divulgação do curso, da escola e mais que isso realçando a imagem da engenharia.

Com a análise da disciplina projeto de protótipos pode-se levantar pontos de discussão para o curso e de engenharia mecânica como:

- Melhorias no uso dos softwares de CAD;
- Melhorias no ensino de desenho técnico;
- Melhorias nas disciplinas de projeto

- Interdisciplinaridade com a implantação da jornada de período integral;
- Professores consultores;
- A eletrônica no curso de engenharia mecânica;



## 7. Fotos das competições já realizadas

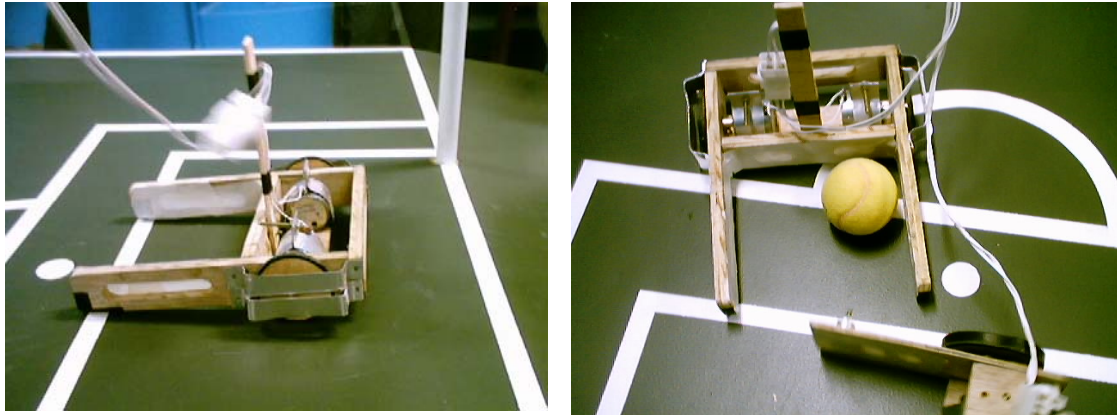


Figura 2 e 3 – fotos da segunda competição realizada na disciplina

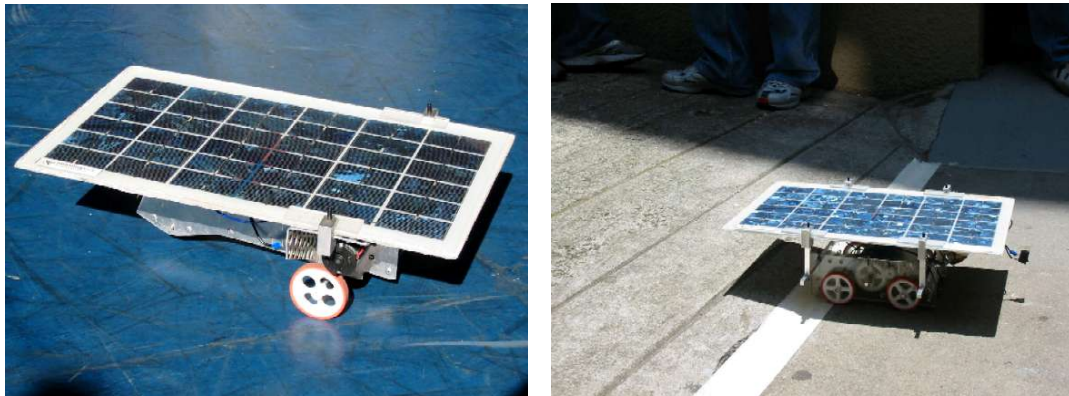


Figura 4 e 5 – foto dos carros solares



Fotos 6 – Competição carros solares



Foto 7 – Laboratório de usinagem

## 8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

GURGEL, FLORIANO DO AMARAL, **Reduzindo riscos de fracassos com novos produtos, marketing, tecnologia, economia e embalagem**, apostila Fundação Vanzolini, São Paulo, 1997

KELLING, RALPH, **Gestão de projetos, uma abordagem global**, São Paulo: Saraiva, 2002

KIRK, Edward V. – **Introdução à Engenharia** – Rio de Janeiro, Livros Técnicos e Científicos - 1979

MAXIMIANO, ANTONIO CESAR AMARU, **Administração de projetos, como transformar idéias em resultado**, São Paulo: Ed. Atlas, 2002

PMBOK GUIDE, **A guide to Project management body of knowledge, ausgabe 2000**, deutsche übersitzing – Project Management Institute, Newton Square, Pennsylvania, USA

AYAN, Jordan – **AHA 10 maneiras de libertar seu espírito criativo e encontrar grandes idéias** – São Paulo, Negócio Editora - 2001

### **PROJECT AND DEVELOPMENT OF PROTOTYPES, EVOLUTION AND DISCUSSIONS.**

***Abstract:** This article describes the development of a project inside the discipline project and development of prototypes, it shows the used bases and discusses the students' performance in the development of the project. In the beginning, it describes what are the main focuses and the bases used for the planning the project, it approaches the subject creativity, placing it in a theoretical way into the discipline, continues with a report about the projects developed in the discipline, and then discuss the participation of everybody involved in the development of the project, discussion this, divided in three points: infrastructure, administration of the project and interdisciplinarity, conclude highlighting the discipline in the course and proposing, based on presented, points for discussions for improvements in the course of mechanical engineering.*

***Key-words:** Project development, criativity, mechanical engineering*