

O USO DA COMPETIÇÃO NO PROCESSO EDUCACIONAL DOS CURSOS DE ENGENHARIA

Nicola Getschko - ngetschk@usp.br

Departamento de Engenharia Mecatrônica e de Sistemas Mecânicos da EPUSP

Av. Prof. Mello Moraes, 2231 São Paulo -SP

CEP:05508-900

Resumo. *O trabalho aborda o crescente uso de competições entre projetos nos cursos de Engenharia como uma nova metodologia educacional e motivadora. Em sua primeira parte é feita uma análise sobre algumas peculiaridades do ensino de Projeto em Engenharia e sobre algumas das propostas didáticas existentes para este setor. A seguir são apresentadas algumas das principais vantagens na implantação desta metodologia educacional, bem como alguns pontos negativos que devem ser objeto de atenção, evitando assim a diminuição dos aspectos didáticos positivos. Em sua parte final é apresentada uma análise sobre as chamadas competições cooperativas, através do estudo de caso da "International Design Contest-IDC-ROBOCON", que procuram manter o nível de motivação e conteúdo educacional sem, no entanto, incorrer em alguns dos vícios freqüentes dos modelos antagonistas mais comuns.*

Palavras-chave: *Competição, Projeto, Engenharia, Didática*

1. INTRODUÇÃO

Um dos mais constantes questionamentos no meio acadêmico prende-se, sem dúvida alguma, a como melhorar a eficácia do aprendizado por parte dos alunos e, em consequência, como garantir que os mecanismos de avaliação, para aferir os indicadores deste aprendizado, sejam realmente representativos.

Em algumas áreas do conhecimento a busca destas duas qualidades do processo educacional, quais sejam o aumento da eficácia do aprendizado e sua medição de uma maneira representativa, reveste-se uma dificuldade maior, em função de algumas particularidades, como ocorre nas disciplinas ligadas a Projeto em Engenharia.

Dentre estas particularidades destaca-se o fato de se estar lidando com um processo de síntese que, intrinsecamente, remete a uma atividade de criação onde a multiplicidade de “respostas” para um dado “problema”, longe de ser um indicativo de indeterminação, é uma premissa básica para ampliar as chances de êxito do Projeto. Deste ponto central é que surgem as duas maiores questões já abordadas acima:

- Qual a melhor maneira de ensinar (e o aluno aprender) a Projetar? Trata-se de um processo iterativo, onde as experiências e os conhecimentos prévios se somam aos recém adquiridos no próprio projeto e, ainda, não há uma relação unívoca entre o “problema” e a “solução”?
- Se não há mais a dicotomia entre “certo” e “errado” para a solução apresentada pelo aluno, como avaliar de resultado de um trabalho de Projeto de maneira objetiva, sem limitar excessivamente a amplitude da avaliação? Por outro lado, como evitar as distorções de um julgamento subjetivo, quando se pretende prever o desempenho e o êxito de um projeto, apenas pela experiência prévia do avaliador?

Como em qualquer atividade de Projeto, não há uma única resposta para estas questões. Inúmeros modelos tem sido implantados nos currículos de Engenharia, em várias escolas em todo o mundo. Desde cursos inteiramente teóricos, passando pelos de modelamento e simulação numérica, "dissecção" de equipamentos, aplicações de engenharia reversa ou competições, cada uma destas alternativas agrega um elenco de pontos, favoráveis e desfavoráveis, que devem ser pesados a luz do contexto da capacitação tecnológica que se espera do futuro profissional, bem como dos recursos materiais e humanos disponíveis para tanto.

Analisando alguns destes modelos, implantados do Instituto Tecnológico de Massachusetts - MIT e na Universidade do Texas, Otto e Wood, mostram prós e contras de cada tipo adotado. Concluem que o maior diferencial, para uma maior eficácia do processo de aprendizado, prende-se mais a um planejamento do curso, onde as disciplinas de projetos formem um conjunto coerente desde o início até o último semestre, do que, propriamente, a escolha de um ou outro modelo de ação.

A adoção do "aprendizado cíclico" (Kolb,1984) é um outro modelo que permite melhorar muito o aprendizado do aluno em Projeto. Ao propor um aumento das atividades práticas, juntamente com uma integração maior entre as disciplinas voltadas para a análise e síntese, este modelo torna o aprendizado muito mais próximo da realidade, encontrada na vida profissional do futuro engenheiro de Projetos.

Talvez uma das grandes deficiências da estrutura curricular nos cursos de engenharia no Brasil, seja a grande prevalência das chamadas disciplinas de Ciências Básicas, e mesmo algumas diretamente ligadas à Engenharia, que tem uma abordagem puramente analítica, sem a conseqüente e indispensável aplicação posterior na síntese, ou seja, no Projeto.

A análise somente existe na medida em que algo tenha sido proposto, criado, construído anteriormente. Passar ao futuro engenheiro a idéia de que a análise é um fim em si mesma, subverte a definição básica de Engenharia (Getschko,1997) na medida em que omite a sua principal função que é a de "criar e construir soluções para os problemas materiais da sociedade". Não se trata aqui de diminuir a importância que as ferramentas analíticas tem para o engenheiro, muito pelo contrário. A síntese sem uma base analítica obtida a partir de experiências anteriores, do modelamento matemático dos fenômenos físicos e do estabelecimento, com bases científicas, das relações causa e efeito, recai no empirismo banal que em nada tem a ver com a prática da boa Engenharia. A análise enriquece o conhecimento humano porém, sem o seu conseqüente uso para a síntese de uma solução, torna-se algo incompleto, mero exercício de raciocínio acadêmico (Cervo).

2. PROJETANDO E COMPETINDO

O uso de competições como uma ferramenta didática no curso de Engenharia não é algo recente. Na verdade trata-se de utilizar uma característica inata do ser humano, da sua necessidade instintiva em se diferenciar do grupo buscando um papel de destaque e liderança, com um fim didático. Sem que se pretenda uma revisão arqueológica do uso de competições dentro de disciplinas de Engenharia, nos anos 70, o professor Woodie Flowers implantava no MIT uma competição como clímax de uma disciplina introdutória de Projeto de Máquinas para alunos do 2º ano. Nos anos 80, a maioria das escolas de Engenharia dos EUA haviam incorporado competições tanto dentro dos programas de disciplinas, como em atividades extracurriculares.

A pergunta que fica é: qual a vantagem em se adotar uma competição entre alunos como instrumento de didático? Uma resposta óbvia que vem a mente é a de treinar o aluno para o ambiente profissional que ele encontrará.

Hoje os termos e expressões como "competitividade" ou "ser competitivo" tornaram-se comuns no dia-a-dia, em um mundo em que sociedades e mercados tem sua fronteiras rompidas pela globalização econômica e, em certa medida, também social e cultural, principalmente devida ao fenômeno da Internet. Não se trata mais de ser mais "competitivo" que seu concorrente vizinho, mas algo muito mais amplo e difícil de ser atingido pois, agora, seu concorrente pode estar a milhares de quilômetros de distância, em outro continente.

Porém não foi esta a razão principal para que tantas escolas optassem por incorporar em suas disciplinas competições entre projetos. Em 1992, na segunda edição do encontro "Education Adopting a Contest", Cambridge-MA, perguntado sobre a principal razão para o uso de competições entre projetos de alunos em sua disciplina no MIT, o professor Harry West respondeu que o mais simples projeto tem tamanha amplitude de conceitos envolvidos em seu funcionamento e desempenho que a melhor, senão única, forma justa de avaliá-lo seria o teste em condições reais.

Uma outra medida de carácter educacional importante é a formatação dos trabalhos de projeto para que sejam realizados em grupo. O autor está convicto de que o junção destes dois fatores tem um efeito sinérgico muito importante para a consecução dos objetivos do educador.

Algumas das principais vantagens do uso destes dois fatores no processos educacional são mostrados abaixo.

Vantagens do uso de competições:

- 1- Cria um estímulo ao empenho do aluno por si só, devido ao contexto de exposição aos pares e a sociedade do trabalho executado.
- 2- Diminui os aspectos controversos da avaliação subjetiva e pessoal do trabalho por parte de um professor ou mesmo uma banca.
- 3- Introduce variáveis aleatórias que tornam o processo de avaliação muito mais realista e que dificilmente poderiam ser incluídas em uma simulação.
- 4- Engloba aspectos de comportamento, éticos, morais e psicológicos, importantes para a formação e amadurecimento do futuro profissional.
- 5- Estimula o aprimoramento de qualidades importantes no futuro engenheiro como objetividade, capacidade de análise das condições de contorno do problema, desenvolvimento de uma solução dentro de um contexto de restrições pre-estabelecidas, capacidade de

modelamento da realidade, capacidade de análise causa-efeito e posterior utilização dos resultados na síntese e reprojeto da solução adotada.

- 6- Permite, didaticamente, a utilização do conceito de “aprendendo com o fracasso” (“learning by failure”), onde o desempenho de vencedores e vencidos serve de base a uma análise causal, visando o aprimoramento de futuros projetos.
- 7- Permite ao aluno constatar, na prática, alguns dos princípios básicos de Metodologia de Projetos como a multiplicidade de soluções para uma dado problema, através da comparação entre os trabalhos de cada equipe.

Vantagens do Trabalho em Equipe

- 1- Estimula no aluno o desenvolvimento de características fundamentais para o engenheiro do novo milênio como a capacidade de comunicação oral e gráfica, capacidade de liderança e responsabilidade, atendimento às regras sociais do grupo, pro-atividade e solidariedade, divisão de tarefas e coordenação das atividades, entre outras.
- 2- Promove, automaticamente, a geração de várias soluções para o problema dado e, conseqüentemente, a necessidade de discussão, hierarquização e escolha dentre elas.
- 3- Amplia a probabilidade de uma solução final com maior chance de êxito, na medida em que ela resulta de uma escolha com critérios de decisão mais imparciais e diversificados.
- 4- Estimula criatividade de seus membros, na medida em que o grupo cria uma ambiente socialmente receptivo, e necessário, às extravagâncias inerentes ao processo criativo, dando segurança psicológica para que seus integrantes não se sintam tolhidos na formulação de novas idéias e conceitos (Sawrey e Telford, 1968).

3. ESTRUTURANDO A COMPETIÇÃO

3.1 Cuidados

Já foram ressaltadas as vantagens que o uso da competição e do trabalho em equipe. Porém deve-se estar atento para alguns efeitos colaterais, para que os ganhos globais obtidos não sejam diminuídos. São 4 os principais efeitos negativos que se pode observar:

1. A perda dos objetivos didáticos. Quando se coloca um indivíduo frente a uma competição, é comum que o ato de competir, vencer seu oponente e atingir a posição de destaque frente ao grupo, se sobreponha, como agente estimulador, tanto aos objetivos iniciais propostos como às próprias normas de conduta. Deve-se evitar ao máximo que os alunos enveredem pelo caminho do "vencer a qualquer custo".

Um exemplo deste tipo de situação ocorre quando as equipes concluem ser melhor investir seu tempo na procura de falhas das normas da competição, que lhes permitam uma situação de vantagem em relação ao adversário, do que dar prioridade à síntese de uma boa solução para o problema proposto e para a construção e teste de seu protótipo.

A experiência tem mostrado que o melhor caminho para se evitar tais inconvenientes apoia-se em 3 pontos:

- A formulação das regras da competição deve ser bastante completa, clara e cuidadosamente revisada. Deve-se simular o maior número de situações indefinidas de modo a prever, e evitar, possíveis interpretações múltiplas.

- Restringir, ao máximo, que o objetivo final, ou vitória, possa ser atingido pela obstrução, dano ou destruição do protótipo adversário durante a competição. Embora este tipo de interação seja um forte estímulo à participação das equipes, e mesmo para o espetáculo junto ao "público", ela facilmente leva a uma perda de controle sobre manutenção do maior objetivo do evento, que é auxiliar a formação do futuro engenheiro.
- Como na maioria dos casos o controle dos protótipos é feito por um operador, o tema e o formato escolhidos para a competição devem propiciar que os maiores diferenciais para o êxito decorram de um bom projeto (e protótipo) e não da perícia e agilidade do "piloto".

2. A frustração originada pela "derrota" na competição, que não é desprezível pois, além dos efeitos pessoais em cada aluno, ao final de uma competição temos sempre uma maioria de "perdedores". Alguns estudos mostram que o grau de frustração é tanto maior quanto maior for a importância dada pelo indivíduo ao evento no qual fracassou e quanto maior a certeza de êxito esperada (Sawrey e Telford, 1968). Além disso, o fato de se tratar com indivíduos em fase de formação, tende a acentuar ainda mais estes efeitos.

Provavelmente, os grupos que mais se dedicaram ao projeto (e não venceram) acabariam por ser aqueles cujo sentimento de frustração seria mais intenso, com o risco de ser convertido em uma reação de rejeição, consciente ou não, à disciplina e seu conteúdo.

A chave para diminuir este efeito está em três procedimentos que devem agregados ao processo.

- Atenuar o efeito do resultado da competição como único indicador de êxito. Isto é feito introduzindo-se uma etapa prévia da avaliação, onde o projeto e o protótipo são analisados por uma banca de professores, verificando alguns quesitos fundamentais como criatividade, objetividade e confiabilidade, de maneira absoluta e não comparativa. Esta pré-avaliação, feita individualmente com as equipes, permite também que se discutam pontos críticos do projeto e que sejam dadas sugestões para possíveis correções. Os professores, no entanto, devem estar atentos para não interferirem no projeto, alterando sua concepção básica e desvirtuando o trabalho do grupo. A nota obtida na pré-avaliação, ponderada juntamente com a classificação na competição, passa a ser o indicador de êxito global do projeto.
- Proceder a uma etapa de análise dos projetos, em aula, imediatamente após o término da competição onde são ressaltados os pontos positivos e negativos para o desempenho dos protótipos. Para os alunos que tiveram uma experiência frustrante, a primeira reação de defesa é procurar esquecer-la o mais rapidamente possível, ou então buscar uma nova chance para corrigir seus erros e obter um projeto vencedor. Embora os alunos que adotam o primeiro tipo de reação apresentem, a primeira vista, uma maior resistência ao assunto, são exatamente eles que mais necessitam desta etapa de análise, como forma de catarse de suas frustrações. Vencida esta barreira inicial, este momento é um dos mais importantes para o aprendizado e fixação de conceitos, pois todas as equipes estão ávidas por respostas aos problemas observados no desempenho de seus projetos.
- Estabelecimento de uma continuidade do processo. É fundamental que seja dada "uma nova chance" para que os alunos apliquem todo o conhecimento e experiência adquiridos em uma nova atividade de projeto, preferivelmente na forma também de uma competição. Isto pode ser dado na mesma disciplina, caso ela esteja formatada no modo anual ou em uma posterior, quando no formato semestral. Preferencialmente, o intervalo de tempo até o novo evento não deverá exceder 6 meses, sob pena de perder-se a motivação gerada pelo primeiro.

3.2 Formato

Há vários formatos de competição que podem ser adotados. Classificá-las não é uma tarefa simples, dada a quantidade de características envolvidas. Como uma contribuição para sistematizar o procedimento de análise de cada uma delas, será apresentada abaixo uma classificação preliminar. Note-se que uma mesma competição pode estar classificada em mais de uma categoria:

- **Antagonista Livre** - neste caso trata-se de uma competição onde a vitória depende diretamente da ação de um dos protótipos contra seu oponente. Exemplos deste tipo de competição são as simulações de lutas de sumô entre dois protótipos ou aquelas em que o vitorioso é protótipo que imobiliza ou destrói seu adversário. Neste caso, normalmente há poucas regras a serem seguidas e pouco controle no encaminhamento que será dado ao projeto.
- **Antagonista Limitada** - neste tipo de competição, é designada uma tarefa específica a ser cumprida que independe do adversário. Permite-se, porém, que a vitória seja obtida não apenas pelo melhor cumprimento da tarefa, mas também pelo ataque ao protótipo oponente. Coletar alguns objetos e colocá-los em determinados locais é um exemplo deste tipo de competição. Como o vencedor será definido pelo maior número de objetos coletados, obviamente, alguns grupos podem dar prioridade não a coleta de objetos, mas a maneira de impedir que o protótipo adversário colete mais objetos que eles.
- **Independente Parcial** - aqui tem-se um formato equivalente ao anterior, mas limita-se a possibilidade de interação entre os protótipos, de modo a dirigir o trabalho no sentido da otimização do projeto para a consecução da tarefa solicitada. Como no caso anterior, a tarefa pode ser coletar e posicionar objetos porém adicionando uma barreira física, que dificulta a interação entre os protótipos (definindo dois campos claros de atuação, um para cada protótipo), porém não a impede. A idéia é desestimular estratégias agressivas em relação ao oponente. Há também regras claras na competição limitando a possibilidade de interação, sem proibi-la.
- **Independente Total** - o que se procura com este formato é que a competição propriamente dita se dê entre o protótipo e a tarefa a ser cumprida, não havendo qualquer possibilidade de interação entre oponentes. Um exemplo deste tipo de competição é o desafio de construir-se um pequeno veículo capaz de transportar a maior carga possível em um dado percurso. Cada protótipo pode apresentar-se individualmente e seu desempenho ser medido para obter-se a classificação final.
- **Dimensionalmente Restrita** - as restrições impostas ao projeto são apenas de caráter dimensional. Exige-se que o protótipo tenha certos requisitos de altura, largura, comprimento, peso, etc.
- **Materialmente Restrita** - a única restrição que se impõe ao projeto é o tipo(s) e/ou quantidade de material a ser utilizado. Construir um "barco" para transportar uma pessoa, em uma determinada distância, usando apenas folhas de jornal, pode ser um exemplo deste tipo de competição.

- Energeticamente Restrita - há restrições qualitativas e quantitativas quanto a energia utilizada no acionamento do protótipo. Pode-se, por exemplo, exigir que toda energia do protótipo venha de uma dada bateria ou da variação da energia potencial de uma dada massa.
- Triplamente Restrita - tanto as dimensões, como os materiais empregados e as fontes de energia, são objeto de restrições.

Poder-se-ia estender esta classificação para além dos sete itens anteriores, em função das particularidades de cada competição. No entanto o objetivo deste trabalho não é esgotar o tema mas procurar analisar o uso das competições como ferramenta didática.

A experiência do autor tem mostrado que a associação do formato *independente parcial* e do *triplamente restrito* é o que traz a melhor relação "custo-benefício", quando se busca utilizar a competição tanto para a motivação dos alunos como para o aprendizado de Projeto.

Restrições materiais, dimensionais e energéticas são elementos importantes de balizamento para o projetista iniciante e servem de estímulo a sua criatividade. O processo criativo é estimulado no indivíduo a partir de um estado de insatisfação que deve ser solucionado. Assim a imposição de mais restrições leva a que o sucesso do projeto seja mais dependente da criatividade, objetividade e estratégia do grupo, do que de aspectos materiais. Por exemplo, como comparar o desempenho de dois projetos se um dos grupos tinha acesso apenas a chapas de aço, enquanto o outro utilizava titânio e fibra de carbono em sua estrutura?

Formatos muito livres como o *antagonista* tendem a aumentar a motivação, por criarem uma rivalidade personificada, porém levam a uma perda do controle sobre o aprendizado em Projeto. Os caminhos e estratégias seguidas pelas equipes tendem a ser muito dispersas e, muitas vezes, não coerentes com as metas propostas.

Excessivas restrições, como as apresentadas pela *independente total*, garantem um bom controle sobre a consecução dos objetivos propostos, porém são pouco motivadoras, o que pode ser um aspecto negativo para a eficácia do processo de aprendizado.

4. O MODELO COOPERATIVO

Com o sucesso alcançado pelo uso das competições nos cursos de Engenharia, era natural que esta iniciativa extrapolasse os domínios de cada escola para assumir um carácter mais amplo. Assim surgiram diversas competições envolvendo instituições de ensino que rapidamente passaram do nível regional para torneios nacionais e, desde os anos 90, internacionais. Este quadro foi bastante incrementado pelo grande desenvolvimento das áreas de robótica e automação, tema mais freqüente na grande maioria dos eventos.

Porém, se já nas competições internas há uma grande preocupação com a perda do carácter educacional da competição, este efeito é aumentado no modelo escola X escola ou país X país. Amplificam-se sentimentos de corporativismo e até mesmo chauvinistas que, além de nada contribuírem à formação do futuro engenheiro, exacerbam seus defeitos morais e éticos como cidadão.

Em 1990, o professor Harry West do MIT-EUA decidiu promover uma competição de projetos juntamente com o professor Masashi Shimizu TITECH-Japão. A questão era: como realizar o evento sem incorrer no lugar comum das competições A X B. A idéia para a solução deste dilema foi inovadora. Ao invés de se ter equipes de alunos do MIT e equipes do TITECH, novas equipes

seriam formadas com alunos de ambas as universidades! Nascia assim a International Design Contest - IDC.

Esta simples e brilhante idéia não só resolveu o problema mas propiciou uma série de desdobramentos. Agora, os participantes teriam mais um desafio: vencer as barreiras culturais e lingüísticas para atingir seu objetivo, através da compreensão e da cooperação mútua. Deixava-se de ter o modelo MIT x TITECH ou EUA x Japão em uma disputa internacional, onde a mais significativa característica era a cooperação.

4.1 A International Design Contest -IDC

Iniciada em 1990, a IDC passou a integrar a ROBOCON, evento que reúne uma série de competições nacionais no Japão na área de robótica. Em 1991, além de Japão e EUA, são convidadas para participar a Universidade de Cambridge, através do professor Ken Wallace e a Universidade Técnica de Darmstadt, através do professor Herbert Bierkhofer. Em 1992 o convite é estendido à Universidade Nacional de Seul e a Universidade de São Paulo, mais especificamente ao Depto. de Engenharia Mecânica da Escola Politécnica, que enviam os professores Jang Gyu Lee e este autor para acompanharem o evento.

A partir de 1993 a IDC assume sua configuração estável, com 6 países participantes (Alemanha, Brasil, Coréia, EUA, Inglaterra e Japão) e com um comitê organizador, composto pelos professores já citados e por representantes das empresas patrocinadoras e apoiadoras do evento.

A cada ano, uma nova edição da IDC acontece no mês de julho, tendo como sede um dos países participantes. Seis alunos de cada universidade foram equipes internacionais para, durante duas semanas, para projetar e construir uma pequena máquina capaz de executar as tarefas programadas e testá-la em uma competição final.

O formato adotado é de uma competição independente parcial e triplamente restrita, com um êxito bastante grande na consecução de seus objetivos.

5. CONCLUSÕES

Este trabalho mostrou a importância didática do uso de competições e do trabalho em equipe nos cursos de Engenharia, principalmente na área de Projetos. A competição entre protótipos mostrou-se a melhor maneira de avaliação e motivação dos alunos neste setor. A implantação de algumas medidas de correção pode evitar que os ganhos didáticos alcançados, sejam diminuídos por efeitos colaterais indesejáveis, decorrentes da frustração experimentada pelos "perdedores". É possível, ainda, atenuar o caracter antagonista de uma competição, através da adoção de formas cooperativas de competição onde o adversário seja o desafio a ser vencido e não a equipe concorrente.

6. REFERÊNCIAS

Getschko, N. "A Sistemática de Avaliação no Ensino de Projeto de Máquinas", Congresso Brasileiro de Engenharia Mecânica - COBEM-97, Bauru,12/1997, pg.. 341 - versão integral em CD-ROM.

Kolb, D. A. "Experimental Learning: Experiences as the Source of Learning and Development",
Prentice Hall, NY, 1984

Otto, K. N. e Wood, K. L. "Designing the Design Course Sequence", Mechanical Eng. Design, novembro, 1999, pg. 39-42.

Telford, C. W. e Sawrey, J. M. "Psicologia: Uma Introdução aos Princípios Fundamentais do Comportamento", Editora Cultrix, 1968.