



## FONTES DE MOTIVAÇÃO DOS GRADUANDOS EM ENGENHARIA

### COMPETIÇÕES E DESAFIOS EM ROBÓTICA MÓVEL:

**Leandro dos Santos Coelho** – lscoelho@rla01.pucpr.br

Pontifícia Universidade Católica do Paraná

Grupo Produtrônica, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas

Laboratório de Automação e Sistemas, LAS/PPGEPS/CCET/PUCPR

Rua Imaculada Conceição, 1155, CEP 80215-901 – Curitiba – PR

**Viviana Cocco Mariani** – mariani@rla01.pucpr.br

Pontifícia Universidade Católica do Paraná

Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica

Rua Imaculada Conceição, 1155, CEP 80215-901 – Curitiba – PR

**Alexandre Haruo Maebayashi Nagao** – haruo\_1999@yahoo.com

Pontifícia Universidade Católica do Paraná, Graduação em Engenharia da Computação

Rua Imaculada Conceição, 1155, CEP 80215-901 – Curitiba – PR

**João Guilherme Sauer** – joao@rla12.pucpr.br

Pontifícia Universidade Católica do Paraná, Graduação em Engenharia da Computação

Rua Imaculada Conceição, 1155, CEP 80215-901 – Curitiba – PR

***Resumo:** Os avanços rápidos da tecnologia, nos últimos anos, têm um grande impacto na reforma da educação em Engenharia, afetando o estado, metas e estratégias de ensino-aprendizagem no meio acadêmico e industrial. Os estudantes necessitam ter presente nos seus estudos em Engenharia abordagens práticas que os exponham a um ambiente o mais próximo possível ambiente de trabalho de um engenheiro formado. Neste contexto, a robótica é uma área multidisciplinar que motiva o desenvolvimento de aplicações práticas e o cruzamento de fronteiras entre disciplinas tradicionais dos cursos de Engenharia. O projeto de robôs móveis é uma ferramenta de aprendizado eficiente por diversas razões, tais como o aprendizado de conceitos relevantes de várias disciplinas da grade curricular, usando experimentos práticos de projeto e o encorajamento da realização de projetos de colaboração baseados em equipes de alunos. O objetivo deste artigo é apresentar um estudo de caso, as vantagens e as desvantagens da utilização de competições entre alunos de forma a motivar o aprendizado de conceitos de mecânica, elétrica, sinais, sistemas, controle e robótica móvel.*

***Palavras-chave:** Competição entre alunos, Robótica móvel, Novas metodologias de ensino, Motivação para o aprendizado.*

## 1. INTRODUÇÃO

Devido ao desenvolvimento de tecnologias cada vez mais sofisticadas tem existido um aumento da necessidade por novas abordagens em engenharia a fim de resolver problemas mais complexos. Como um resultado é extremamente evidente que a eletrônica, computação, sistemas de controle e mecatrônica tenham começado a ser áreas da engenharia com maior influência no meio industrial.

Com a necessidade da indústria por novas abordagens existe também a exigência de um engenheiro melhor preparado na academia. Esta preparação inclui novos e relevantes assuntos de forma que o engenheiro ainda na academia adapte o seu núcleo de fundamentação teórica e prática para aumentar suas chances de empregabilidade em estágios de final de curso e na sua carreira profissional após formado. Neste caso, uma questão remanescente é como ensinar diferentes filosofias e abordagens de projeto em Engenharia com o atual e tradicional paradigma de distribuição de departamentos e laboratórios.

Alguns exemplos radicalmente diferentes em torno da educação em Engenharia, principalmente em Controle e Automação, Elétrica, Mecânica e Computação, tem sido iniciados em diversas universidades ao redor do mundo para o ensino de robótica (MAXWELL, 2000; MURPHY, 2000; MILLER & STEIN, 2001; WANG, 2001; SCHREINER, 2002; WILLIAMS, 2003). Estes exemplos incluem a realização de projetos, experimentos práticos, competições entre alunos e uso de *kits* educacionais para a concepção de projetos de robôs móveis (LEGO, Robix, Lynxmotion, entre outros).

O enfoque deste artigo é a análise de vantagens e desvantagens, contrastes de objetivos de competição versus experiência educacional. Além disso, é apresentado um estudo de caso da utilização de competições entre alunos de forma a motivar o aprendizado de novas abordagens, estas relevantes quanto ao cunho acadêmico e inspiradoras para geração de novas e eficientes filosofias de projeto na indústria.

O restante deste artigo é organizado da seguinte forma. Na seção 2 são comentados aspectos relativos a realização de competições, suas metas e a educação em Engenharia baseada em competição e desafios aos alunos de graduação. Na seção 3 são apresentados alguns comentários sobre a abordagem pedagógica adotada. Na seção 4, um estudo de caso da realização de uma competição baseada no projeto de robôs móveis é discutido.

## 2. COMPETIÇÃO E EDUCAÇÃO

As metas de uma competição têm freqüentemente uma superfície de intersecção com tópicos enfocados pela educação. Entretanto, o foco da competição é a determinação de um vencedor baseado no seu desempenho em um determinado projeto, enquanto o foco da educação concentra-se no ensino de métodos, no entanto estes métodos podem levar ao sucesso de um aluno ou grupo de alunos em uma competição acadêmica (MURPHY, 2001).

Os professores de Engenharia, em sua maioria, utilizam uma variedade de técnicas na sala de aula, exercícios de laboratório e projetos para garantir que cada um tenha a oportunidade de encontrar os objetivos de aprendizado propostos pelo professor.

O modelo de Perry (PERRY, 1970; PAVELICH & MOORE, 1993; PAVELICH, 1996) sugere que uma competição pode ajudar na maturidade intelectual dos estudantes que estão começando a aceitar que existe mais que uma resposta certa para um problema “prático”. A abordagem primária de um professor é como identificar e integrar aspectos apropriados de uma competição em um laboratório e/ou em requerimentos de projeto solicitado aos alunos.

## 2.1 Metas da competição

O *website* Robohoo (<http://www.robohoo.com>) possui uma lista das competições mais importantes e ligação para suas *homepages*, incluindo competições da RoboCup, MIROSOT (também conhecida como FIRA) e AAI. Os patrocinadores de competições de robótica citam geralmente as seguintes razões para a realização de competições (PAULIK et al., 2001):

- (i) avaliar o progresso da comunidade acadêmica em alguns aspectos da robótica móvel;
- (ii) ambientes competitivos criam excitação e motivação nos alunos;
- (iii) o projeto de robôs é inerentemente multidisciplinar por natureza, envolvendo a integração de sistemas elétricos, sistemas de controle, integração de sistemas, eletrônica, sensores, gerenciamento de potência, entre outros;
- (iv) encorajar alunos de graduação a ter mais experiências com a robótica móvel, e por meio disso aprimorar ambos a qualidade do aluno como empreendedor e o número de alunos que seguirão carreira na área de robótica;
- (v) expor os estudantes de graduação a abordagens emergentes de pesquisa, e além disso, os encorajando a considerar no futuro a possibilidade de realizarem cursos de pós-graduação;
- (vi) encorajar alunos de pós-graduação e seus orientadores a buscarem a solução de problemas desafiadores da robótica;
- (vii) encorajar as interações interdisciplinares entre pesquisadores da academia na esperança que tal esforço leve a um lugar comum de trocas de experiências e pesquisa;
- (viii) os aspectos lúdicos que são veículos facilitadores do aprendizado.

## 2.2 Competição e o modelo de Perry

As competições podem ser um canalizador de aprendizado por parte dos alunos, pois providenciam uma motivação adicional para os alunos amadurecerem de acordo com o modelo de desenvolvimento intelectual de Perry (PERRY, 1970; CULVER et al., 1990; PAVELICH, 1996).

O modelo de Perry define nove estágios de aprimoramento do raciocínio complexo. Em síntese, o modelo pode ser resumido por:

- posições 1 e 2 (dualismo): reflete a atitude do aluno, onde respostas certas e erradas existem para todos os problemas;
- posição 3 (multiplicidade precoce): os alunos aprendem que o conhecimento inclui métodos para resolução de problemas e que pode existir mais que uma resposta certa para um problema;
- posição 4 (multiplicidade “aprimorada”): quando os alunos começam a pensar e analisar sobre a diversidade das soluções possíveis;
- posição 5 (relativismo): os alunos avaliam as soluções sobre diferentes contextos;
- posições 6 a 9 (variantes do relativismo): os alunos são aptos a levar em conta que o mundo é um lugar de mudanças.

Uma competição envolve um problema claramente definido, mas de final imprevisto pois existem muitas soluções possíveis. O estudante deve conhecer o problema proposto em detalhes e aplicar seu conhecimento e métodos de resolução de problemas, o que engloba as posições 1 a 3 do modelo de Perry.

O trabalho voluntário e cooperativo entre estudantes encoraja a identificar e avaliar um fluxo das mais variadas opiniões, incluindo-se a literatura científica, professores e outros estudantes, que levam os estudantes para a posição 4.

A organização de uma equipe típica de alunos mais a colaboração de um professor (instrutor) leva a realização das posições 5 a 9 do relativismo, onde o professor serve como um consultor em vez de um árbitro.

Em síntese, as metas da competição, como caminho oposto a aplicações potenciais da robótica, serve para exploração de aspectos conceituais de aplicação do conhecimento. No contexto deste artigo, a competição dos robôs móveis foi usada como um exercício de aprendizado em sala de aula. Entretanto, em outro contexto, um conjunto de abordagens e características de aprendizado devem ser considerados quando competições oficiais e interinstitucionais são realizadas.

### **3. Ênfase pedagógica**

Muitos dos conceitos básicos para o aprendizado e a realização de projetos de robôs móveis está relacionados ao aprendizado de conceitos de mecânica, sinais, sistemas, elétrica, eletrônica e sistemas de controle.

A integração de sistemas e a multidisciplinaridade são direções emergentes para o desenvolvimento de projetos promissores em robótica móvel, que muitas vezes podem até levar a criação de futuras patentes e novas empresas nos mais variados setores da indústria. Entretanto, muitos pesquisadores em ambientes acadêmicos são muitas vezes levados a pensar que pesquisa é mais importante que desenvolvimento prático. A ênfase que a educação baseada em experimentos práticos, a integração de sistemas e multidisciplinaridade traz é relevante para o desenvolvimento de novos produtos e abordagens quando alunos (ou jovens pesquisadores) migram da academia para a realidade do meio industrial. Neste caso, estes alunos estão mais aptos a produzir tecnologias avançadas (NAGAI, 2001).

Outro aspecto a ser mencionado é que um dos objetivos da realização de experimentos práticos, competições entre alunos e apresentar desafios motivadores ao aprendizado e descoberta do conhecimento, é a exploração de noções construtivistas propostas por Seymour Papert, Jean Piaget, e Lev Vygotsky. As noções construtivistas são motivadores para o ensino de conceitos matemáticos abstratos de sinais e sistemas, além de fundamentos de eletrônica, sensores, identificação e controle de processos de uma forma interessante e lúdica. Neste sentido, algumas propostas de Piaget, Papert e Vygotsky são utilizadas, tanto na apresentação das concepções de projetos de robôs, quanto para a maior interação entre grupos de alunos envolvidos no projeto de robôs móveis (COELHO & VALLIM, 2001).

### **4. Alguns comentários sobre a robótica móvel**

A área de robótica móvel tem evoluído rapidamente desde a década passada, devido ao acentuado aumento do poder computacional e avaliabilidade de uma grande variedade de sensores. Isto pode ser observado no fato dos seres humanos terem enviado robôs para Marte (*Mars Pathfinder Rover - Sojourner*), aplicado robôs móveis dentro de reatores nucleares, nas linhas manufatura, na inspeção de dutos, além da comercialização de brinquedos infantis (brinquedos da Sony, por exemplo, Aibo) e educacionais (por exemplo, *kits* LEGO e Khepera). Outro indicador deste fato é que as vendas anuais de robôs industriais têm crescido nos Estados Unidos à taxa de aproximadamente 25% ao ano. Além disso, outro aspecto relevante é que os robôs cada vez mais têm sido dotados da capacidade de aprender, atuar autonomamente e interagir com os humanos e seu ambiente.

A robótica é uma área multidisciplinar que motiva o cruzamento de fronteiras das disciplinas tradicionais de diversos cursos de Engenharia e tecnologia para o desenvolvimento de sistemas com aplicações práticas relevantes. A área de robótica abrange duas abordagens

distintas: robótica de manipuladores e robótica móvel. A abordagem apresentada neste artigo enfoca a robótica móvel.

#### 4.1 Princípios e regras da competição

Na disciplina de Sinais e Sistemas II, do curso de graduação em Engenharia da Computação, da Pontifícia Universidade Católica do Paraná, são ministrados tópicos de transformada de Fourier, Laplace e Z.

Entretanto, por se tratar de uma disciplina com forte base matemática torna-se necessário fazer alguma atividade prática para facilitar a abstração de conceitos teóricos por parte dos alunos. Neste contexto, utiliza-se várias aulas práticas de Matlab (COELHO, 2002) e a adoção de um projeto de final de disciplina.

No projeto de final do primeiro semestre de 2003 escolheu-se a realização do projeto de um robô móvel de baixo custo. A validação da construção do robô móvel foi realizada através de uma competição em sala de aula.

O projeto básico desenvolvido foi baseado no projeto do veículo mecatrônica VM-1 (BRAGA, 2002). Entretanto diversas modificações foram propostas para o objetivo da competição. Entre as mudanças teve-se que o robô móvel não teria uma hélice e que cada um dos dois motores que movimentam as rodas seriam acionados de forma independente por dois LDRs independentes. Nas regras da competição foi imposta uma restrição: a penalização de 10 segundos para cada toque de um membro da equipe para retirar o robô móvel de situações onde ele não consiga contornar um obstáculo.

#### 4.2 Resultados

A competição teve a presença de 5 equipes com 2 (no máximo 3) alunos. Foram tomados dois tempos para cada equipe fazer o percurso circular que tinha cerca de 18 metros. O percurso foi configurado com a remoção das cadeiras da sala de aula do caminho e fechamento das cortinas da sala pois os motores dos robôs móveis eram acionados pela luz através do uso de LDRs. A figura 1 apresenta uma representação do percurso. Na figura 2 são apresentados os robôs projetados pelas equipes.

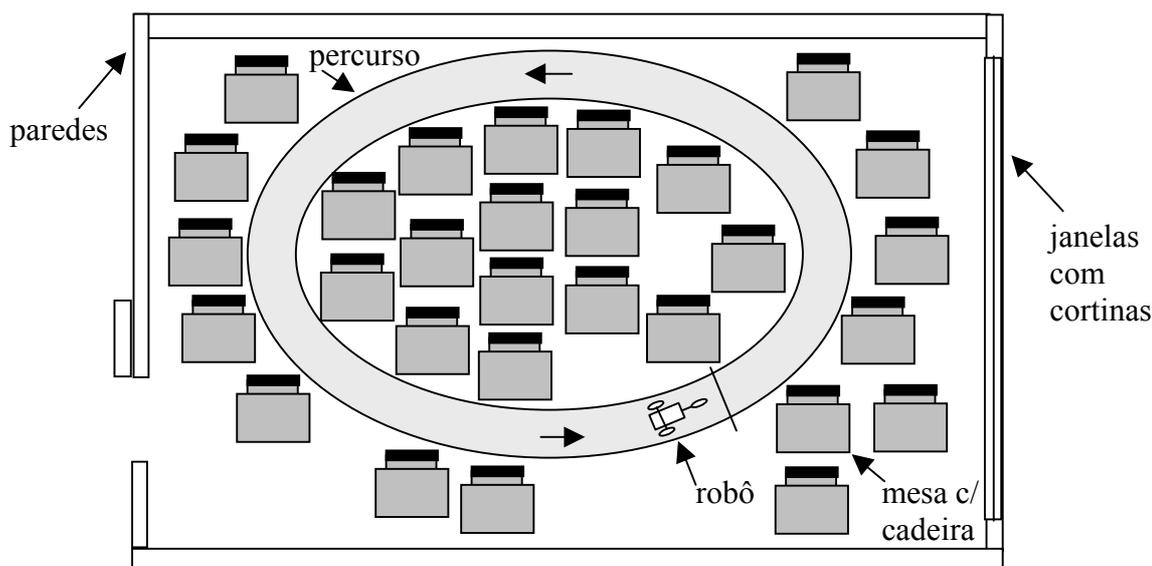


Figura 1. Uma representação aproximada do percurso seguido pelos robôs móveis da competição.

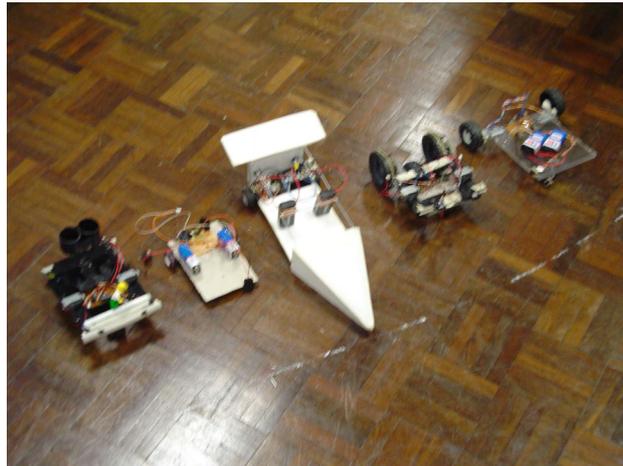


Figura 2. Os 5 robôs móveis projetados pelas equipes competidoras.

### 4.3 Projeto da equipe vencedora

O projeto, materiais e a montagem do robô móvel da equipe vencedora (equipe 1, ver membros da equipe na seção de agradecimentos), isto é, a que obteve o menor tempo para cumprir o percurso é resumido a seguir e ganhou 10% de pontos extras na nota do projeto.

#### Materiais utilizados:

- 2 resistores 4,7M $\Omega$ ;
- 2 TIP 122;
- 2 motores de corrente contínua com engrenagens;
- 2 baterias 9V;
- 2 suportes para bateria 9V;
- 2 LDRs;
- 1 placa universal;
- 3 rodas pequenas;
- 1 cola do tipo superbonder.

#### Montagem:

A idéia do projeto vencedor foi montar o robô móvel utilizando o máximo possível de peças de CD-ROMs. Neste caso, o robô móvel foi concebido utilizando dois *drivers* de CD-ROMs considerados sucatas, onde foi reaproveitado grande parte deles.

O principal material que foi reaproveitado dos *drivers* foi o motor com engrenagens que faz parte do sistema que abre/fecha a gaveta do *driver*. As engrenagens são parte importante do robô móvel porque são caixa de redução. Assim o motor tem um torque apropriado e apresenta uma boa velocidade.

O circuito do robô móvel foi simples de montar, pois envolveu poucos componentes. Nota-se pelo diagrama da figura 3 (esquema concebido em *software* EWB) que o LDR tem a função de regular a tensão que alimenta o motor de corrente contínua. Assim quanto mais luz menor a resistência dele, e maior a tensão aplicada ao motor. Observa-se também pela figura 3 que o circuito eletro-eletrônico de cada motor é idêntico, contudo ambos foram montados separadamente.

Um problema que foi observado pelos alunos, somente após a montagem do robô móvel, é a diferença de tensão que é imposta a cada motor de corrente contínua e sua

respectiva reação a esta. Por ser uma tarefa complexa a obtenção de dois motores iguais, notou-se que um deles girava mais rápido que o outro, e esta diferença é devido ao fato dos componentes eletrônicos, mesmo sendo de um único fabricante, apresentarem alguma diferença entre as resistências. Para tentar contornar este problema, os alunos procuraram componentes com valores o mais próximo possível de resistências e transistores para os motores utilizados.

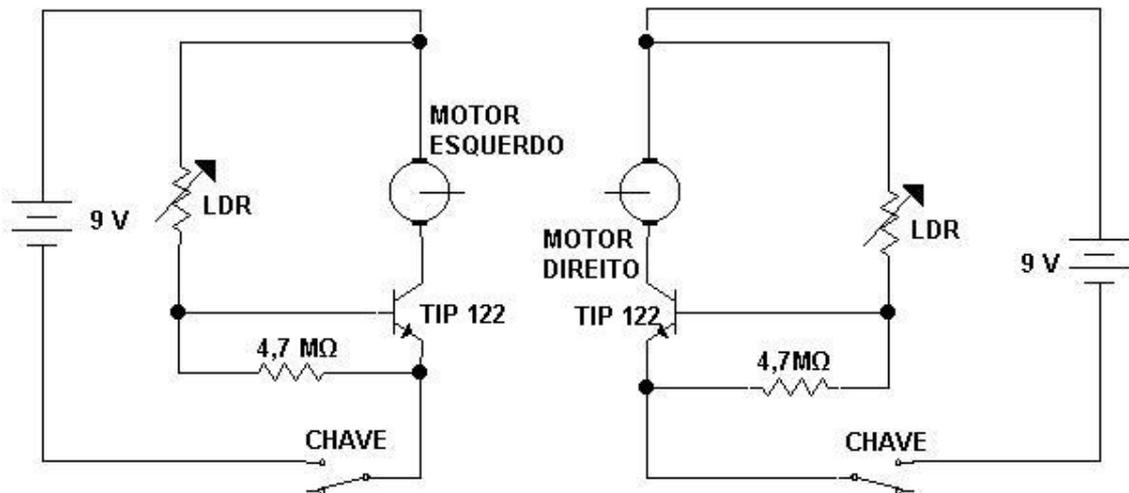
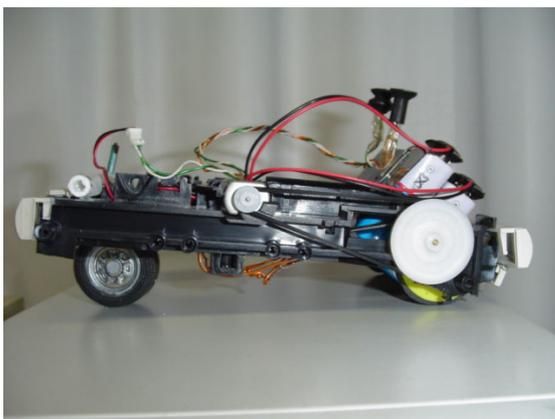
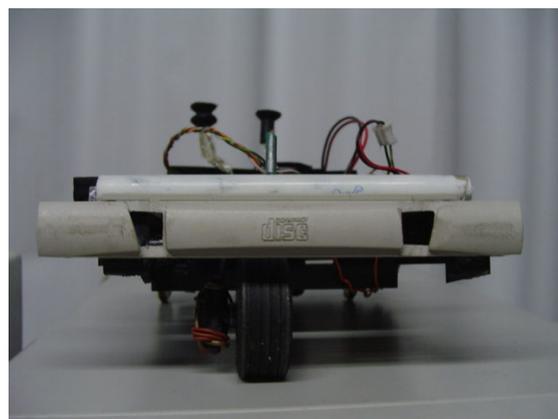


Figura 3. Montagem do circuito em ponte de terminais.

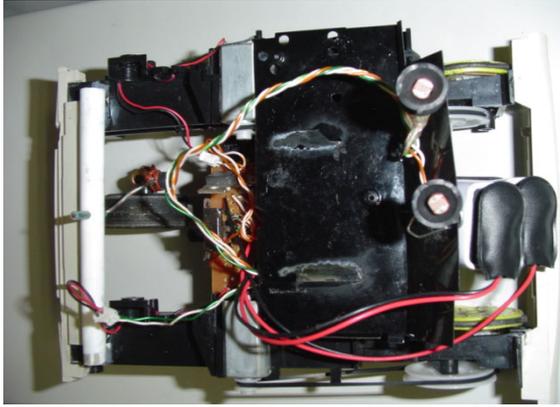
Uma dificuldade encontrada pelos alunos, do projeto vencedor, foi encontrar a roda dianteira à venda, pois as vendidas comercialmente são grandes para as necessidades do projeto do robô móvel. Neste caso, os alunos criaram uma roda que pudesse girar 180° livremente, pois o robô deveria girar tanto em sentido horário quanto anti-horário, ou seja, tanto para o lado direito quanto para o esquerdo. Deve-se mencionar que caso a roda gira-se apenas 90°, dependendo da curva a roda não voltaria e o robô ficaria em posição de impedimento do seu movimento. Os detalhes do robô móvel concebido são apresentados na figura 3.



(a) vista lateral



(b) vista frontal



(c) vista superior



(d) robô móvel competindo.

Figura 3. Vistas do robô móvel vencedor da competição.

A maior parte do robô móvel foi concebida utilizando-se materiais de baixo custo e sucatas dos dois *drivers* de CD-ROM, e as peças e dispositivos eletro-mecânicos foram colados com cola.

A roda traseira do robô móvel foi construída com uma câmara de bicicleta, para dar mais aderência, e a tampa plástica de um pote de maionese. Esta roda ficou fina para não apresentar atrito acentuado com a superfície do solo. Os circuitos eletro-eletrônicos e as baterias foram colocadas o mais próximo das rodas de trás do robô móvel, pois assim seria obtido um maior atrito e o robô não derraparia na arrancada. Por ultimo, os LDRs ficaram o mais próximos possíveis para que a ação de uma lanterna conseguisse fazer com que o motor girasse de forma a obter-se um movimento à frente e em linha reta.

O objetivo da concepção do robô móvel era a velocidade e a estabilidade do robô móvel, assim foi deconsiderado o *design* do robô, pois o objetivo era obter um melhor desempenho quanto ao tempo, isto é, passar por todo o percurso no menor tempo possível.

O grupo vencedor da competição (que também foram incluídos como autores deste artigo) mencionaram a relevância de poder unir os conhecimentos obtidos em outras disciplinas (Física e Eletrônica I e II) com a disciplina de Sinais e Sistemas II.

Deve-se mencionar que após a tomada dos dois tempos para cumprir o percurso para cada uma das 5 equipes participantes da competição de onde saiu o vencedor foi realizada mais uma competição, esta agora com todos os robôs móveis competindo. Neste caso a equipe vencedora foi outra. Na figura 4 é apresentada uma fotografia de instantes anteriores a largada da corrida e uma fotografia (da equipe 4) do robô móvel vencedor da competição onde todos competiram ao mesmo tempo.



Figura 4. Fotografias da competição (de todos os grupos) de robôs móveis.

## 5. COMENTÁRIOS FINAIS

Atualmente, o aprendizado dos fundamentos de processos eletromecânicos e robótica tem sido focado em muitas escolas primárias e de ensino médio com a utilização de *kits* educacionais, principalmente baseados em *kits* LEGO e Robix (MARTIN et al., 2000; WEDEWARD & BRUDER, 2002).

Neste sentido, a educação de fundamentos tecnológicos nos cursos de graduação e pós-graduação em Engenharia está, nos últimos anos, sofrendo uma reformulação visando a adoção de estratégias de ensino-aprendizagem que visem resolução de problemas reais, abordagens multidisciplinares, aprendizado orientado a projetos, cooperação de equipes de alunos tem sido enfocados em inovações curriculares recentes (VERNER, 1997).

Entretanto apesar de todas as vantagens da realização de competições entre alunos para motivar o aprendizado de disciplinas, existem desvantagens. Uma das maiores desvantagens, segundo MANSEUR (2000), é que existe uma equipe vencedora e várias perdedoras em uma competição.

## AGRADECIMENTOS

A todos os alunos da disciplina de Sinais e Sistemas II (6º período), do curso de Engenharia da Computação, da Pontifícia Universidade Católica do Paraná, turma do 1º semestre de 2003, pela ajuda e por fazerem a competição de robôs móveis, um evento motivador ao aprendizado de tópicos de eletrônica, sinais, sistemas e robótica.

Os alunos participantes da competição foram (ver figura 5):

- equipe 1: Alexandre Haruo Maebayashi Nagao e João Guilherme Sauer;
- equipe 2: Ronaldo Domingues Ferreira, Joubert Tamitaro Ogawa e Julio Eduardo Martins;
- equipe 3: Guilherme Baumi Campagnoli e Filipe Machado de Menezes;
- equipe 4: Rangel Yoshiaki Koseko, Tamara Cassia Favoreto e Vanderlei Luiz Zamban;
- equipe 5: Elaina Lourenço e Jelson André Cordeiro.



Figura 5. Alunos participantes da competição e o professor da disciplina de Sinais e Sistemas II, Leandro dos Santos Coelho.



## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRAGA, N. C. VM-1 Veículo mecatrônico, **Mecatrônica Fácil**, Editora Saber Eletrônica, n. 2, p. 17-23, 2002.

COELHO, L. S. Simulações em Matlab como motivação ao aprendizado de transformada de Fourier. In: XXX Congresso Brasileiro de Ensino de Engenharia. **Anais**. Piracicaba, SP, 2002.

COELHO, L. S.; VALLIM, M. Uma abordagem multidisciplinar de robótica móvel em cursos de tecnologia e de engenharia, XXIX Congresso Brasileiro de Ensino de Engenharia. **Anais**. Porto Alegre, RS, 2001.

CULVER, R. S.; WOODS, D.; FITCH, P. Gaining professional expertise through design activities, **Engineering Education**, v. 80, n. 3, p. 533-536, 1990.

MANSEUR, R. Hardware competitions in engineering education. In: 30th ASEE/IEEE Frontiers in Education Conference, Kansas City, MO, USA. **Anais**. p. F3C-5-F3C8, 2000.

MARTIN, F.G., BUTLER, D., GLEASON, W. M. Design, story-telling, and robots in irish primary education. In: IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics, Nashville, TN, USA. **Anais**. p. 730-735, 2000.

MAXWELL, B. A. Integrating robotics research with undergraduate education, **IEEE Intelligent Systems**, v. 15 , n. 6, p. 22-27, 2000.

MILLER, D. P.; STEIN, C. Creating autonomous roboticists, **IEEE Intelligent Systems**, v. 16, n. 2, pp. 20-23, 2001.

MURPHY, R. R. “Competing” for a robotics education, **IEEE Robotics & Automation Magazine**, v. 8, n. 2, p. 44-55, 2001.

MURPHY, R. R. Robots and education, **IEEE Intelligent Systems**, v. 15 , n. 6, p. 14-15, 2000.

NAGAI, K. Learning while doing: practical robotics education, **IEEE Robotics & Automation Magazine**, v. 8, n. 2, p. 39-43, 2001.

PAULIK, M. J.; KRISHAN, M. A competition-motivated capstone design course: the result of a fifteen-year evolution, **IEEE Transactions on Education**, v. 44, n. 1, p. 67-75, 2001.

PAVELICH M. J.; MOORE, W. S. Measuring maturing rates of engineering students using the Perry model. In: Frontiers in Education Conference, Washington, DC, USA. **Anais**. p. 451-455, 1993.

PAVELICH, M. J. Helping students develop higher-level thinking: use of the Perry model. In: Frontiers in Education Conference, Salt Lake City, USA. **Anais**. vol. 1, p. 163-167, 1996.

PERRY, W. G. **Forms of intellectual and ethical development in the college years**, Holt, Rinehart and Winston, NY, USA, 1970.

SCHREINER, K. Evolution continues in classroom robots, **IEEE Intelligent Systems**, v. 17, n. 6, p. 6-7, 2002.

VERNER, I. M. Upgrading technology towards the status of a high school matriculation subject: a case study, **Journal of Technology Education**, v. 9, n. 1, 1997.



WANG, E. Teaching freshmen design, creativity and programming with LEGOs and LabView. In: 31st ASEE/IEEE Frontiers in Education Conference, Reno, NV, USA. **Anais**. p. F3G-11-F3G15, 2001.

WEDEWARD, K., BRUDER, S. Incorporating robotics into secondary education. In: 5th Biannual World Automation Congress, Orlando, FL, USA. **Anais**. v. 14, p. 411-416, 2002.

WILLIAMS, A. B. The qualitative impact of using LEGO MINDSTORMS robots to teach computer engineering, **IEEE Transactions on Education**, v. 46, n. 1, pp. 206, 2003.