

## Robótica 2001 – Festival Nacional de Robótica

Luis Almeida<sup>1</sup>, José Azevedo<sup>1</sup>, Carlos Carneira<sup>2</sup>, Pedro Fonseca<sup>1</sup>, Pedro Lima<sup>2</sup>,  
Fernando Ribeiro<sup>3</sup>, Vítor Santos<sup>1</sup>  
(Comissão Técnico-Científica do Robótica 2001)

### 1. Introdução

O ROBÓTICA'2001 – Festival Nacional de Robótica visa promover desenvolvimentos técnicos e científicos na área da Robótica Móvel e áreas afins (electrónica, mecânica, programação, visão por computador, inteligência artificial, navegação, controlo, etc) através de um problema motivador, a ser resolvido por diferentes grupos de investigadores e estudantes. Procura-se ainda difundir a Ciência e a Tecnologia junto do público em geral e dos jovens em particular, nomeadamente motivando estes últimos para a aprendizagem experimental da Ciência. O objectivo principal dos participantes no evento deverá ser pois aprender e partilhar a sua aprendizagem com os colegas, tendo em vista a evolução da Robótica. Este evento consistiu em três actividades paralelas: uma competição de robótica móvel (em duas modalidades), um encontro científico e ainda várias demonstrações de outros robôs móveis e/ou autónomos.

O Festival Nacional de Robótica é uma iniciativa de algumas das principais instituições que trabalham na área da robótica em Portugal, nomeadamente a Universidade de Aveiro, a Universidade do Minho e o Instituto Superior Técnico. O Grupo de Robótica da Universidade do Minho (Escola de Engenharia em Guimarães) organizou este ano o evento e congratula-se com o sucesso da iniciativa, a qual permitiu uma promoção assinalável da robótica nacional e contou com uma comissão de programa que incluía pessoas de renome nacional na área, tais como o Prof. António Dourado da Universidade de Coimbra, a Prof<sup>a</sup>. Isabel Ribeiro do Instituto Superior Técnico, o Prof. Guimarães Rodrigues, pró-reitor da Universidade do Minho, o Prof. António Pouzada, Presidente da Escola de Engenharia da Universidade do Minho, o Prof. Carlos Couto da Universidade do Minho e o Prof. Paulo Garrido da Universidade do Minho, para apenas nomear os que estiveram presentes em Guimarães.

Esteve ainda presente no evento um representante do *Eurobot*, o Sr. Bruno Hondelatte. O Eurobot consiste numa competição idêntica ao Robótica'2001, mas realizada em França, e que vai já na 8ª edição, contando com mais de 170 equipas participantes.

Nesta primeira edição do evento, era esperado que apenas algumas equipas se inscrevessem. No entanto, verificou-se que o número final de inscrições foi de 21 equipas (13 de escolas secundárias e técnico-profissionais e 8 de Universidades e Institutos Politécnicos). A maior surpresa foi mesmo no número de escolas secundárias, pois participaram escolas de todo o país: Almada, S.João da Madeira, Guimarães, Braga, Famalicão, Maia, Aveiro, Lisboa e Montijo. Ficou provado que as escolas secundárias, desde que motivadas, se empenham nestas iniciativas, e que a área da robótica está assegurada num futuro próximo. O evento científico foi também um sucesso, pois foram apresentados 12 trabalhos de robótica de grande qualidade e todos realizados em Portugal.

Este evento não seria possível sem os apoios de várias entidades, das quais se destacam: Agência Nacional para a Cultura Científica do Ministério da Ciência e Tecnologia, Câmara Municipal de Guimarães, Revista Robótica, Desportivo Francisco de Holanda, Centro Algoritmi, Universidade do Minho, Universidade de Aveiro, Instituto Superior Técnico e Núcleo Estudantil do IEEE da Universidade do Minho e ainda Emoções Fortes - Eventos, Turismo e Lazer.

No site do Grupo de Robótica da Universidade do Minho estão disponíveis os resultados finais e fotos/vídeos do evento em <http://www.robotica.dei.uminho.pt/robotica2001>.

---

<sup>1</sup> Universidade de Aveiro, DET/SAEM, 3810-019 Aveiro, E-mail: {lda,jla,pf}@det.ua.pt, [yls@ua.pt](mailto:yls@ua.pt)

<sup>2</sup> Instituto Superior Técnico - Av. Rovisco Pais, 1 – 1049-001 Lisboa, [carreira@dem.ist.utl.pt](mailto:carreira@dem.ist.utl.pt),  
[pal@isr.ist.utl.pt](mailto:pal@isr.ist.utl.pt)

<sup>3</sup> Universidade do Minho, DEI, Campus de Azurem, 4800 Guimarães, [fernando@dei.uminho.pt](mailto:fernando@dei.uminho.pt)

Neste artigo são brevemente descritas as várias actividades deste ano, com informação sobre o Encontro Científico (Secção 2), as Competições (Secção 3) e uma reflexão final, acompanhada pelos desafios futuros, na Secção 4.

## 2. Encontro Científico

Durante a fase de planeamento do evento ROBÓTICA'2001, a comissão técnico-científica definiu como ingrediente indispensável a existência de um encontro científico onde os concorrentes às competições e outros investigadores pudessem apresentar trabalhos e resultados de relevância científica no âmbito da robótica num contexto nacional. Deste modo afirmava-se a marcação de uma certa diferença, pela positiva, em relação a outros eventos congéneres no estrangeiro onde este ponto não terá resultado tão explicitamente e, por outro lado, mais importante do que isso, estar-se-ia a lançar as sementes de um encontro científico específico para a comunidade portuguesa nesta área da robótica, o que seria inédito no nosso país.

O Pedido de Submissão de Artigos (*Call for Papers*), divulgado a partir de Novembro de 2000, propunha que os artigos a apresentar no encontro deveriam endereçar áreas relacionadas com a robótica, e que seria particularmente bem-vinda a apresentação de artigos relacionados com os robôs participantes nas competições e/ou demonstrações, versando, mas sem estar por isso limitada, aos temas de navegação, sensores, controlo, ambientes operativos, ambientes de desenvolvimento, inteligência artificial, visão por computador e arquitecturas de integração de sistemas. Para dar valor, e também credibilidade, ao evento, foram convidadas várias das maiores personalidades nacionais da área, ou áreas afins, para constituir a Comissão de Programa que, na sua grande maioria, teve, para bem do evento, disponibilidade para aceitar o convite.

Os artigos foram chegando de diversas partes do país e acabaram por permitir um total de doze apresentações acolhidas no magnífico Auditório Nobre da Universidade do Minho no terceiro dia do ROBÓTICA'2001. No rescaldo da sessão pode dizer-se que as expectativas foram todas ultrapassadas e que o nível científico foi bom ou mesmo muito bom. Muitos dos trabalhos e resultados apresentados mostraram estar à altura das conferências internacionais nesta área.

De salientar foi também a grande participação da audiência, chegando a atingir mais de 40 pessoas, cuja afluência de comentários e questões aos oradores (e até entre si, levando a um *são debate*) levou inclusivamente a que algumas apresentações começassem bem depois da hora para que estavam previstas, quase em desespero do já muito compreensivo moderador da sessão, o Professor Carlos Couto. Esta participação tão activa, por vezes rara em conferências internacionais, onde o moderador (*chairman*) se chega a ver obrigado a formular uma pergunta de cerimónia ao orador, explicar-se-á, talvez, pela comunicação facilitada que a língua estrangeira nem sempre permitirá. De facto, estar-se a falar de assuntos gratos sem limitações de expressão ou comunicação estimula activamente as intervenções. Esta constatação vitaliza ainda mais a necessidade de futuras edições dum encontro científico com este nível de especialidade no nosso país.

Os artigos foram compilados e publicados em CD-ROM pela organização do ROBÓTICA'2001. Dos doze trabalhos apresentados, a Comissão de Programa escolheu os que considerou serem os cinco melhores, pelo seu conteúdo e nível científico. Esses artigos serão publicados em dois números especiais da revista *Robótica*, com início nesta mesma edição. Os escolhidos foram os seguintes:

- "Missões de Monitorização Ambiental Utilizando o Veículo Submarino ISURUS", Ricardo Teixeira, Rui Gomes, Sérgio Fraga, Nunu Cruz, Patrícia Ramos, Aníbal Matos, Jorge Estrela, Fernando Lobo Pereira, Faculdade de Engenharia do Porto, ISR.
- "A Dynamical Systems Approach to Robot Formation", Sérgio Monteiro, Estela Bicho, Dep. Electrónica Industrial, Universidade do Minho.
- "Active Vision System for Tracking two Targets in 3D", Luis Perdigoto, Diogo Marques, João Barreto e Hélder Araújo, Univ. Coimbra-ISR.
- "Multi-sensor Navigation without an a Priori Map", Alberto Vale, João Simões, José Machado e Pedro Lima, IST-ISR.
- "Using a Real-Time Kernel to Simulate the Micro-Rato Robotics Contest", João Capucho, Luís Almeida e Giorgio Buttazo, Uni. Aveiro-DET.

### 3. Competições

#### 3.1. Classe UIP

A prova aberta à participação de Universidades e Institutos Politécnicos (UIP) contou com a presença de 7 equipas, constituídas por professores e estudantes finalistas de diversas licenciaturas dos seguintes departamentos e universidades:

- Departamento de Electrónica e Telecomunicações da Universidade de Aveiro (UA)
- Departamentos de Engenharia Electrotécnica e de Computadores e de Engenharia Mecânica do Instituto Superior Técnico (IST)
- Departamento de Electrónica Industrial da Universidade do Minho (UM)
- Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade de Coimbra (UC)
- Instituto Superior de Engenharia do Porto (ISEP) – 3 equipas.

Os desafios colocados na classe UIP podem ser divididos em 3 grupos (ver Fig. 1):

- Seguimento de uma pista composta por um fundo negro ladeado por linhas brancas, com dimensões conhecidas antecipadamente.
- Navegação no interior de um túnel colocado sobre a pista que, ao longo do percurso sob o túnel, não tem as linhas laterais.
- Decisão da direcção a seguir e/ou de parar em cruzamentos da pista, através da observação de semáforos colocados a uma altura pré-definida.

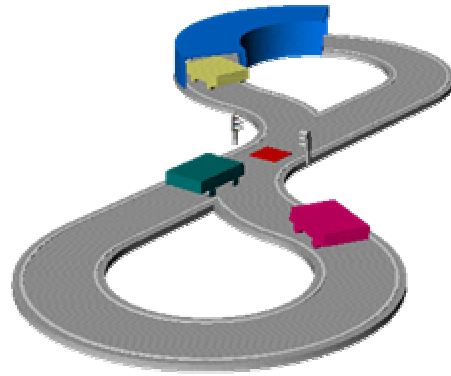


Figura 1: Pista da classe UIP – à esquerda a pista real, ainda sem os semáforos; à direita o seu modelo 3D, incluindo os semáforos.

O objectivo é procurar reduzir o tempo de percurso através de um bom controlo de seguimento de pista e paredes do túnel, bem como evitando penalizações (quando uma ou mais rodas saem fora da pista, o túnel é tocado, a direcção ou a ordem de parar ditada pelos semáforos não são cumpridas), que são transformadas em tempo adicional. Para cada desafio procurou-se sempre deixar em aberto a possibilidade de utilizar mais que uma solução de sensor (ex<sup>o</sup>: visão/cor ou células foto-resistivas para os semáforos).

A pista, semelhante a uma estrada, visa obrigar os participantes a desenvolver um bom sistema de condução com características similares às necessárias a um automóvel autónomo. A maioria das equipas utilizou como sensor para detectar as linhas uma câmara de vídeo, normalmente uma *Web Cam* com maior ou menor sofisticação. No entanto, a equipa de Coimbra optou por uma solução exclusivamente baseada em sensores industriais de infra-vermelhos que, embora mais simples e barata, obriga o robô a aproximar-se periodicamente da pista para a detectar e é menos robusta, devido à sua maior sensibilidade a variações de iluminação e temperatura da pista. Numa primeira abordagem do problema o seguimento das duas linhas laterais por métodos baseados em visão sugere a detecção das duas linhas laterais para manter o robô alinhado com o meio da pista. No entanto, as equipas de Aveiro, Lisboa e Guimarães optaram por seguir só uma das linhas. Na ausência desta linha, o robô do IST comutava para a outra linha, dado que, em situação normal, uma delas deveria estar presente. Já o robô da UA apresentou uma solução apoiada numa trajectória pré-planeada durante o percurso correspondente à ausência de linha, uma vez que a objectiva da sua câmara não lhe permitia visualizar simultaneamente as duas linhas laterais.

O túnel tem como objectivo promover a comutação entre sistemas de condução ou, pelo menos, entre os sensores usados para a condução. Na realidade, as equipas da UA, IST e UM, que utilizaram visão para seguir a pista, comutavam os seus sensores de seguimento para infra-vermelhos (IV) no túnel, quando este era detectado por outro sensor de IV. O algoritmo de condução utilizado pela UA foi o que produziu o seguimento mais suave de uma das paredes do túnel, dado basear-se num controlador proporcional que mede a distância à parede através do sinal analógico produzido pelo sensor de IV. Também o robô da UM utilizava um sensor de IV analógico, mas a uma velocidade consideravelmente mais baixa. No caso do IST, os sensores digitais levaram naturalmente a um controlo mais “nervoso”, quase do tipo “bang-bang”.

Os semáforos foram detectados por quase todas as equipas através da colocação no robô de uma torre com 3 células foto-resistivas à altura de cada um dos semáforos. Assim, embora a cor não fosse efectivamente detectada, a informação relevante foi obtida por determinação do semáforo aceso em cada passagem, através da associação da altura do semáforo aceso à respectiva cor (vermelho no topo, azul no meio e verde no fundo). Apenas o IST concebeu uma solução para determinar a cor do semáforo aceso, baseada numa câmara de vídeo comercial adicional à de seguimento da pista. Embora flexível (e com a propriedade adicional da câmara poder girar, de forma a parar só quando estava virada para o semáforo, imunizando assim o robô de sensibilidade a pequenas diferenças de posição na zona do semáforo), esta solução apresentou algumas deficiências, dado que apenas foi tirado partido do facto do semáforo iluminado ser detectável através da localização do centro de massa da imagem binarizada – solução nem sempre fiável, devido às variações de iluminação e da lâmpada utilizada para os semáforos.



Figura 2: As equipas classificadas nos 3 primeiros lugares da classe UIP, com os respectivos robôs. Da esquerda para a direita: IQ2001 (IST), CYCLOP (UA), BENDER (UM).

Para a classe UIP foram realizadas 3 rondas, em dias consecutivos. Na primeira ronda apenas a pista e os semáforos estiveram presentes, tendo a UA conquistado o melhor tempo, seguida do IST e da UM. Na segunda ronda, o robô podia sempre seguir a pista na mesma direcção, devido à ausência de semáforos, mas o túnel estava presente. Venceu o IST, seguido da UA e da UM. Na última ronda foi enfrentado por todas as equipas o desafio completo (pista+semáforos+túnel), tendo a UA selado a sua vitória na classe UIP com mais uma brilhante prestação, seguida neste caso da UM e do IST. A classificação final, resultante da soma dos melhores tempos em cada ronda, foi:

1. UA
2. IST
3. UM
4. UC
5. ISEP

As equipas da UC e do ISEP não conseguiram completar nenhuma das rondas.



periodicamente girava sobre si próprio recuperando, em seguida, o seguimento da pista e várias equipas deram demonstrações das capacidades "todo o terreno" dos seus robôs fazendo-o subir várias rampas sucessivas com graus de inclinação superiores.

Antes da competição os robôs eram colocados em "parque fechado", ou seja, não eram permitidas alterações ao robô depois de a competição ter início. Os robôs eram alvo ainda de uma análise realizada pelo júri da prova que verificava se os mesmos estavam conformes ao regulamento. Verificou-se que as características dos robôs apresentados estavam de acordo com o regulamento (com efeito, o robô BIGDADDY necessitou de uma pequena adaptação realizada localmente pois foi desta forma "amputado" de uma extensão "aerodinâmica", esteticamente interessante, mas que o fazia violar, em alguns centímetros, as dimensões máximas autorizadas pelo regulamento).

A prova foi extremamente competitiva. Tiveram lugar duas rondas idênticas, ambas no mesmo dia, a primeira durante a parte da manhã e a segunda durante a parte da tarde. Um árbitro de pista controlava o acesso à pista e o tempo de permanência de cada equipa e dois outros árbitros mediam os tempos de forma a propiciar alguma redundância nesta informação crítica para a competição. Sobre a pista estava ainda o director de prova e o júri, essencialmente atentos a que as equipas encontrassem as mesmas condições para a competição.

A primeira ronda colocou em primeiro lugar o robô M&M, com o tempo de 17.4 s, logo seguido pelo robô PATRULHA com o tempo de 18,3 s. Desta forma, menos de um segundo separava os candidatos ao primeiro lugar. Num segundo pelotão, os robôs ROOKIE e ROBOJITO, com tempos de 24 e 28 s, respectivamente, apresentavam-se como candidatos ao terceiro lugar da competição. Nos lugares seguintes classificaram-se os robôs TITANIC, DRIVE-IN e TEX que, conforme o regulamento, não tendo conseguido chegar ao fim da prova foram classificados pelos sétimos de pista percorridos até ao abandono.

No intervalo entre as rondas, assistiu-se a uma azáfama entre as equipas com modificações de última hora eventualmente capazes de recuperar um segundo de fosse na competição, uma vez que uma diferença destas era suficiente para determinar a equipa que ganharia a prova. Entre as muitas alterações que poderíamos imaginar foi possível distinguir equipas enrolando camadas sucessivas de fita cola ao longo do perímetro das rodas para assim ganhar um ligeiro aumento no diâmetro das rodas que lhes permitisse recuperar um segundo que fosse na prova.

A segunda ronda teve lugar neste ambiente competitivo, tendo o robô PATRULHA ficado em primeiro lugar como tempo de 17,3s (sempre conseguiram recuperar 1,2s em relação à ronda anterior). O robô M&M acabou em segundo lugar com um tempo de 17,4s !

Esta recuperação não foi suficiente para o robô PATRULHA destronar o robô M&M, pois, no cômputo final, o robô M&M foi declarado vencedor da classe ESP porque fez o melhor tempo na soma das duas rondas.

A competição entre o terceiro e o quarto lugar foi ganha pelo robô ROBOJITO, uma vez que o robô ROOKIE teve dificuldades adicionais que o impediram de terminar a prova.

A classificação final foi a seguinte :



| Classificação | Equipa  | 1ª ronda | 2ª ronda | Final |
|---------------|---|----------|----------|-------|
| 1             | M&M - INETE - LISBOA                                    | 17,4     | 17,5     | 34,9  |
| 2             | PATRULHA - ESC. SEC. SERAFIM LEITE - S. JOÃO DA MADEIRA | 18,5     | 17,3     | 35,8  |
| 3             | ROBOJITO - ESC. SEC. EMÍDIO NAVARRO - ALMADA            | 28       | 26       | 54    |
| 4             | ROOKIE - ESC. SEC. Nº 1 - AVEIRO                        | 24       | 600      | 624   |
| 5             | TITANIC - ESC. SEC. JORGE PEIXINHO - MONTIJO            | 471      | 600      | 1071  |
| 6             | DRIVE IN - INED - MAIA                                  | 537      | 600      | 1137  |
| 7             | TEX - ESC. PROF. CENATEX - GUIMARÃES                    | 557      | 600      | 1157  |
| 8             | BIGDADDY - ESC. SEC. EMIDIO NAVARRO - ALMADA            | 600      | 600      | 1200  |
| 8             | EPÁ TV - ESC. SEC. AMAR TERRA VERDE - BRAGA             | 600      | 600      | 1200  |

O júri atribuiu ainda o prémio Engenharia à equipa da escola secundária Emídio Navarro de Almada, que construiu o robô ROBOJITO, pela engenhosidade do sistema de molas que foi construído para levantar os sensores e assim poder suplantar as lombas previstas no percurso.

Como balanço final, importa realçar a forma entusiástica como as Escolas Secundárias e Profissionais responderam aos desafios lançados nesta classe da competição, tendo sido agradável para a organização deste evento constatar que aquela classe veio a revelar-se a classe mais competitiva e mais empolgante.



Figura 4: A equipa M&M do INETE, vencedora da competição reservada às escolas secundárias e profissionais.

#### 4. Conclusões e Perspectivas Futuras

Terminado o evento importa tirar conclusões. Os dados objectivos que temos são significativos e dão claros sinais de que a iniciativa começou bem e deve continuar. Por um lado, as 8 inscrições registadas na classe UIP, provenientes de 6 instituições, mostraram que houve bom acolhimento da iniciativa num número razoável de escolas de engenharia. Este facto foi confirmado pela comparência e testemunho de 7 dessas equipas. Na classe ESP, os números são extremamente motivadores, com 13 equipas inscritas e 9 efectivamente participantes. Neste caso, os testemunhos quer dos alunos quer dos professores que os acompanhavam foram unânimes na confirmação do interesse pedagógico da

iniciativa. As participações destas equipas são tanto mais significativas quando conhecemos as limitações técnicas e humanas com que tantas escolas secundárias se debatem.

Do ponto de vista da competição, os resultados são igualmente motivadores. Em ambas as classes houve um verdadeiro ambiente de competição tendo os resultados sido construídos manga após manga com disputas entusiasmantes, principalmente para os primeiros lugares. O facto de, também em ambas as classes, sensivelmente metade das equipas não ter conseguido atingir os objectivos da prova, algumas das quais não conseguiram sequer colocar os seus robôs em funcionamento, confirma que o desafio técnico, não sendo demasiado exigente, também não é trivial. Para além desse factor de destreza técnica, terá ainda tido influência o facto de ser a primeira vez que o evento se realiza e, logo, de ainda não haver experiência anterior de participação em provas congéneres.

Em termos do Encontro Científico, a recepção de 12 artigos de elevada qualidade técnico-científica, provenientes de 7 grupos de investigação, é um sinal do interesse que o evento despertou junto da comunidade científica nacional ligada à robótica móvel. Interesse este corroborado, também, pela presença de reputados professores universitários dessa área, quer como membros do Júri das competições, quer como membros da Comissão de Programa, quer como simples participantes no encontro.

Por fim, o público que, embora tenha tido uma adesão muito tímida durante os primeiros dias, compareceu com algum impacto na tarde das finais, contribuindo também para melhorar, e dar mais sentido, ao espectáculo.

Por todas estas razões, o saldo desta primeira edição é suficientemente positivo para que se pense já na segunda edição, o ROBÓTICA'2002, a qual decorrerá em Aveiro, em período similar, no próximo ano.

Se, porventura, alguns aspectos poderiam ser julgados menos positivos, estamos, contudo, cientes de que essencialmente o tempo, com a repetição sucessiva do evento, poderá contribuir para a sua resolução. De facto, a experiência que fomos acumulando, ao longo dos últimos 6 anos, de participação em, e organização de, competições de robótica móvel permite-nos saber que estas iniciativas têm um tempo de maturação relativamente elevado. É necessário tempo, i.e. várias edições, para que o evento se torne mais conhecido e reconhecido, e para que as potenciais equipas se vão familiarizando com o regulamento respectivo e se entreguem à competição sem receio de evidenciar fraquezas mas antes com a vontade de exercitar as suas capacidades e, desse modo, desenvolvê-las.

É essencial, contudo, mostrar continuamente alguns aspectos que consideramos essenciais. Por um lado, que um evento desta natureza é útil quer do ponto de vista de investigação, quer de formação, e mesmo de divulgação da ciência e tecnologia. Por outro lado, que o desafio técnico está ao alcance de uma parte substancial do universo de potenciais participantes. E ainda, que a organização está empenhada em promover o bom desempenho das equipas dentro de uma base regulamentar evolutiva, tentando, de alguma forma, incorporar sugestões e críticas de edição para edição.