

ANÁLISE COMPARATIVA DE KITS DE ROBÓTICA EDUCATIVA.

Sérgio Ricardo Xavier da Silva – srxsilva@uneb.br

Universidade do Estado da Bahia (UNEB).

Professor do Departamento de Ciências Exatas e da Terra I (DCET I).

Mestrando em Mecatrônica pela Universidade Federal da Bahia (UFBA).

Rua Silveira Martins, 2555, Cabula.

41150-000 – Salvador – Bahia

Luciano Porto Barreto – lportoba@ufba.br

Universidade Federal da Bahia, Instituto de Matemática.

Professor do Departamento de Ciência da Computação (DCC) e do Programa de Pós-Graduação em Mecatrônica da Universidade Federal da Bahia (UFBA).

Av. Adhemar de Barros S/N, Ondina.

40170-110 – Salvador - Bahia

Resumo: *A Robótica Educacional vem ganhando destaque no processo de ensino-aprendizagem não só por sua habilidade de promover a interdisciplinaridade entre diferentes áreas do conhecimento, mas também por valorizar a coletividade e motivar a participação de alunos. Entretanto, a inserção da robótica no processo de ensino-aprendizagem esbarra em dificuldades financeiras e técnicas, tais como o alto custo dos kits proprietários, suas restrições de utilização e falta de apoio pedagógico aos docentes. Este trabalho descreve um estudo que teve por finalidade fazer uma análise comparativa de sete kits de robótica educacional incluindo o robô Tesla, projetado pelos autores.*

Palavras-chave: *Robótica na Educação, Kit de robótica, Robôs Móveis, Robôs de Baixo Custo, Tecnologia Educacional.*

1 INTRODUÇÃO

Atualmente, o mercado dispõe de dezenas de kits de robótica educacional, sendo que a maioria deles é importada. São muitos os recursos disponíveis no mercado para o desenvolvimento de projetos educacionais utilizando a robótica, centrados, basicamente, na reprodução de comandos e construção de protótipos com a utilização de materiais adquiridos comercialmente.

Os *kits* de robótica proprietários possuem um custo elevado para a realidade brasileira (FILHO & GONÇALVES, 2008). Além disso, estes *kits* proprietários não possuem muita adaptabilidade no que diz respeito a interação com outros dispositivos que não pertençam ao fabricante (CÉSAR & BONILLA, 2007) ou escolhas de outras linguagens de programação não presentes no *kit*. Isso limita a aplicabilidade do *kit* em diferentes cursos dentro de uma Instituição de Ensino.

Este artigo descreve o estudo de comparação do robô Tesla¹ com seis *kits* de robótica educativa utilizados em Universidades de Engenharia e Computação do país: *Super Robby*, *Robokit*, *Lego MindStorms*, *GogoBoard*, *RoboFácil* e *Hajime*. Alguns dos parâmetros utilizados nessa comparação envolvem o custo, tipo de arquitetura (pública ou proprietária), tipo de interface, abrangência de suporte de microcontroladores e sensores, autonomia e facilidade na alteração do *hardware* e respectiva reprogramação.

O presente trabalho está organizado da seguinte maneira. A seção 2 traça uma breve descrição dos *kits* de robótica escolhidos para a análise comparativa com o *kit* Tesla. A seção 3 descreve resumidamente o *status* do *kit* de robótica Tesla, quanto ao *hardware* e *software* construídos. A seção 4 apresenta com detalhes a análise comparativa entre os *kits* pesquisados, e como o *kit* Tesla se enquadra nessa análise a partir de suas características. Por fim, a seção 5 conclui o artigo apresentando considerações finais e perspectivas futuras.

2 KITS DE ROBÓTICA EDUCATIVA PESQUISADOS

Atualmente, existem no mercado vários *kits* nacionais e importados de robótica educacional. Dentre eles, destacamos alguns dos mais utilizados para fins educacionais, sendo dois desenvolvidos no Brasil (*Super Robby* e *Robokit*), e outros dois importados (*Lego MindStorms* e *GoGoBoard*). A comunidade acadêmica também apresenta algumas contribuições, dentre os quais se destacam o *RoboFácil* (MIRANDA, 2006) e o *kit* robótico didático *Hajime* (SASAHARA e CRUZ, 2007).

Serão descritos, em seguida, os seis *kits* didáticos citados acima.

2.1 Super Robby

O *kit Super Robby* (ARS, 1995) comercializado pela *ARS Consult*, foi o primeiro *kit* de robótica educacional projetado e fabricado no Brasil; é composto pela interface *Super Robby*, uma fonte de alimentação, um motor de corrente contínua, três lâmpadas incandescentes, seis metros de fio e pelo *software* (*Super Robby v.1.0*) que controla o *kit* didático (Figura 1).



Figura 1: *Super Robby*.
Fonte: (ARS, 1995)

Esse *software*, apesar de possuir uma interface visual, possui limitações no desenvolvimento de modelos computacionais. Essa restrição de funcionalidades deve-se a carência de recursos de *hardware* do *kit*.

¹O protótipo do robô móvel interdisciplinar de baixo custo para uso educacional em cursos de Engenharia e Computação “Tesla” foi apresentado no XXXVIII Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia (COBENGE) entre 13 e 17 de Setembro de 2010 em Fortaleza/CE (SILVA & BARRETO, 2010).

O *Super Robby* também pode utilizar um “Kit de Acessórios para o *Super Robby*”, que é vendido separadamente, e contém: dois motores de passo, três motores DC, uma chave de fenda, oito LED’s, dez lâmpadas, um alto-falante, dois relés, dois potenciômetros, dois sensores de luz, dois sensores de temperatura, quatro sensores de toque, dez metros de fio flexível e pelos *softwares* necessários para programação do *kit*.

2.2 Robokit

O *Robokit* consiste em um *Kit* de Robótica Educacional que possui um módulo controlador independente, ou seja, funciona sem computador, é composto por quatro LED’s, dois motores de corrente contínua e um motor de passo.

O *kit* permite, ainda, a programação de sons, a repetição de comandos e a elaboração de procedimentos. Através de programação, no teclado do *kit*, é possível controlar os motores e os LED’s. O *kit* é ideal para o desenvolvimento de programação e robótica, animando protótipos desenvolvidos pelos estudantes. O *Robokit* (Figura 2) é desenvolvido através de parceria do curso de Licenciatura em Computação e da empresa IMPLY - Tecnologia Eletrônica (ROBOKIT, 2011).



Figura 2: *Robokit*.

Fonte: <http://www.imply.com.br/pgs-inform/prtedu-robokit.htm>

A maioria dos *kits* de robótica educativa disponíveis no mercado são alimentados por baterias descartáveis. Porém, o *Robokit* pode operar através da fonte externa ou da bateria interna, tendo um LED para indicar que a bateria deve ser recarregada.

O módulo de controle possui dois tipos de memória. A memória de programas, do tipo *flash*, que armazena os comandos que são digitados no microcontrolador; e a memória de dados, que é uma memória externa ao microcontrolador do tipo EEPROM, que permite que os comandos do programa sejam salvos ou carregados.

2.3 Lego Mindstorms

O *kit Lego Mindstorms* (LEGO, 2011), é uma linha do brinquedo *Lego*, lançada comercialmente em 1998, voltada para a Educação tecnológica.

Resultado de uma parceria de mais de uma década entre o *Media Lab do Massachusetts Institute of Technology* e o *Lego Group*, o produto *Lego Mindstorms* é constituído por um conjunto de peças de encaixes da linha tradicional e da linha *Lego Technic*, acrescido de sensores e controlado por um processador programável, o módulo RCX (Figura 3).



Figura 3: Módulo RCX
Fonte: <http://mindstorms.lego.com>

O módulo RCX processa comandos pré-programados em um computador, através de softwares específicos, como o RoboLAB (na versão educativa) ou o *Robotics Invention System* (na versão comercial), permitindo a interação da estrutura construída com o ambiente no qual se inscreve. O conjunto é fornecido com uma torre baseada em tecnologia de raios infravermelhos, que pode ser conectada a um computador pessoal de duas formas, através da conexão USB ou através da porta serial.

Em janeiro de 2006, na feira *Consumer Electronics Show* em *Las Vegas*, a *Lego* apresentou ao público a nova geração do *Mindstorms*. O *Mindstorms NXT* (Figura 4). O novo *kit* constitui-se numa versão mais avançada, equipado com um processador mais potente, *software* próprio e sensores de luz, de toque e de som, permitindo a criação, programação e montagem de robôs com noções de distância, capazes de reagir a movimentos, ruídos e cores, e de executar movimentos com elevado grau de precisão.



Figura 4: *Lego Mindstorms NXT*.
Fonte: <http://mindstorms.lego.com>

O *Lego Mindstorms NXT*, tem como características: um microprocessador de 32 *bits* (Atmel 32-bit ARM); três portas de saída e quatro portas de entrada digitais; *display* tipo matriz; alto-falante; bateria recarregável de lítio; porta de comunicação USB 2.0 e módulo *Bluetooth*; três servo-motores (com *encoder* acoplado); dois sensores de toque, um ultrassônico, um sensor de cor, e de intensidade luminosa.

Segundo Kim e Jeon (2009), o *kit* didático *Lego Mindstorms* é o mais famoso e popular do mundo, devido, comparativamente, ao seu durável *hardware*. Sem contar na facilidade de alterá-lo como em um brinquedo de encaixes.

2.4 GoGoBoard

O *Kit Didático GoGoBoard* (GOGOBOARD, 2010) é uma coleção de dispositivos eletrônicos que possui sua arquitetura eletrônica e *softwares* disponibilizados na Internet. Um diferencial desse *kit* educacional é a possibilidade de modificar o seu *hardware* e até mesmo o *software*, para atender a necessidades específicas. A impossibilidade de compra do *kit* “pronto para uso” impossibilitou a apresentação de seu custo na tabela comparativa entre os *kits* de robótica analisados, que será apresentada na seção 4. Podemos observar o *kit GoGoBoard* na Figura 5.

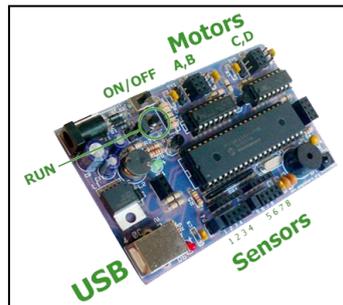


Figura 5: *GoGoBoard*.

Fonte: <http://gogoboard.stanford.edu/>

Diversos *softwares* que podem controlar esse *kit* estão disponíveis, inclusive no site do projeto. Bibliotecas prontas também estão publicadas, permitindo sua utilização com linguagens de programação comerciais, tais como *Microsoft Visual C++* e *Microsoft Visual Basic*.

A característica de destaque desse produto está na concepção dos idealizadores desse *kit*, de não comercializá-lo, mas sim disponibilizar todas as ferramentas necessárias para sua montagem.

2.5 RoboFácil

O *Kit de Robótica Educacional RoboFácil* (MIRANDA, 2006) é baseado em uma CPU da família dos microcontroladores MCS-51 da Intel e contém uma extensão de 16 portas digitais de entrada e 16 portas de saída com *buffer* (Figura 6).

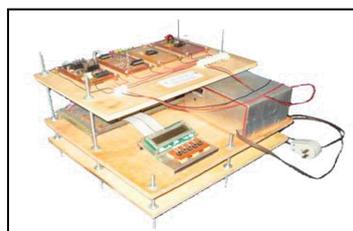


Figura 6: *RoboFácil*.

Fonte: (MIRANDA, 2006)

O sistema permite a utilização de circuitos externos usando *plugins*, que permitem a interação do sistema com o mundo externo. Um *plugin* acoplado ao *hardware* pode assim

controlar diversos sensores e atuadores (e.g. motores de passo, sensor de luminosidade, sensor de temperatura, etc.).

Os principais elementos eletrônicos disponíveis no *hardware* do *kit* são: CPU – Intel 8031AH (CPU CMOS de baixo consumo); 32 KB de memória ROM de programa; 32 KB de memória RAM de programa; 8 KB de memória RAM de dados; interface de comunicação RS-232C utilizando conector externo DB-25; *display* de uma linha com dezesseis colunas; teclado com cinco botões; controle de dois motores de passo; controle de lâmpadas, relés ou LED's; sensor de temperatura, usando um NTC (termistor de coeficiente negativo); sensor de luminosidade, fazendo uso de um LDR; conversor digital-analógico; e analógico-digital.

As características do *kit* RoboFácil transformam-no em uma interessante plataforma de controle, podendo ser utilizado por professores e alunos como uma ferramenta auxiliar na construção do conhecimento.

2.6 Hajime

O *kit Hajime* (SASAHARA e CRUZ, 2007), é composto por dois módulos. O primeiro consiste em um de *software* de programação e controle. O outro é um braço mecânico com movimentos semelhantes aos de um robô industrial em pequena escala, utilizando servomotores que são responsáveis pela movimentação do conjunto (Figura 7).

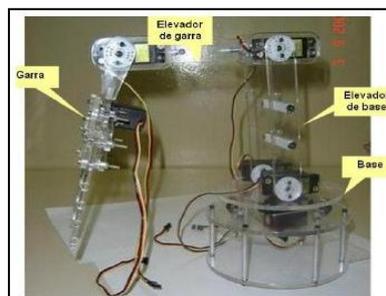


Figura 7: *Hajime*.

Fonte: (SASAHARA e CRUZ, 2007).

O projeto do robô apresenta características que facilitam a construção de toda a estrutura robótica em sala de aula, (e.g. arquitetura aberta de *hardware*; montagem simples; materiais de baixo custo; não utiliza circuitos eletrônicos de processamento externo para executar os movimentos). O braço robótico possui articulação vertical e é composto por seis juntas rotacionais, cada uma com 180 graus de liberdade. O *hardware* (base, braço e garra) foi construído com materiais originados de sucata industrial (roletes, parafusos, cabos lógicos e de energia). Para facilitar a visualização da operação dos componentes, sua estrutura foi construída em chapas transparentes de policarbonato.

A garra é articulada e é composta por uma pinça que permite agarrar objetos de diferentes tamanhos e formas, sua facilidade em segurar objetos irregulares e de tamanhos diferentes deve-se aos sinais de controle PWM que são transmitidos diretamente através da porta paralela de um computador pessoal.

O *software* de controle do robô possui e utiliza um acesso direto à porta paralela do computador com uma interface gráfica intuitiva e interativa. A manipulação do braço robótico é executada através de duas interfaces gráficas, o módulo *Kids* e o *Digital*. No módulo *Kids*, os estudantes menos experientes programam sequências de movimentos em linguagem

icônica através de operações de *drag-and-drop*², cada atuador é representado como uma trilha independentemente programável. No módulo *Digital*, é possível calibrar o conjunto mecânico e energizar os servomotores individualmente. Este módulo apresenta controles mais precisos e é possível movimentar cada atuador a partir de passos de 0,5°, outra opção é manipular o conjunto em tempo real com o auxílio de um *joystick*. O *software* de controle pode salvar as sequências de movimentos para refinamentos futuros, ampliando a interatividade e o potencial de aprendizagem.

A impossibilidade de compra do *kit* “pronto para uso” impossibilitou a apresentação de seu custo na tabela comparativa entre os kits de robótica analisados, que será apresentada na seção 4 deste trabalho.

3 TESLA: UM KIT DE ROBÓTICA EDUCACIONAL DE BAIXO CUSTO

Após apresentação do protótipo do *kit* Tesla para a Comunidade Acadêmica Científica no XXXVIII COBENGE (SILVA & BARRETO, 2010), algumas alterações importantes na arquitetura do robô foram realizadas.

Atualmente o *kit* é composto de duas rodas, uma garra articulada, módulo de potência, de controle, de sensores, de controle do braço mecânico e de sensores de luz, montados sobre um chassi de poliuretano. O protótipo tem dimensões aproximadas de 17 cm x 12 cm de base e 10 cm de altura, com massa total aproximada de 500 g (Figura 8).

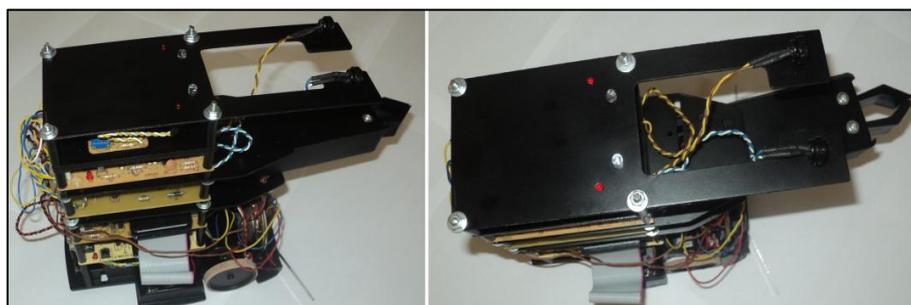


Figura 8: Robô Tesla.

Duas alterações relevantes no protótipo referem-se ao número de módulos que foi reduzido de seis para cinco, simplificando toda a sua arquitetura interna; e na mudança do material utilizado para confecção do chassi (de acrílico para poliuretano), reduzindo aproximadamente 58% da massa inicial de 1.200 g, sem comprometer sua resistência mecânica.

Para a implementação do *hardware* do robô Tesla foram utilizados componentes eletrônicos, motores, e *kits* para produção de engrenagens e do chassi do robô (silicone e poliuretano). Apresenta-se, na Tabela 1, o custo total de aquisição de todos os componentes eletrônico-eletromecânicos e *kits* necessários para construção desse protótipo.

² Nas interfaces gráficas de computadores, *drag-and-drop* (arrastar e largar) é a ação de clicar em um objeto virtual e "arrastá-lo" a uma posição diferente ou sobre outro objeto virtual. De forma geral, ele pode ser usado para invocar diversos tipos de ações, ou criar vários tipos de associações entre dois objetos abstratos.

Tabela 1: Tabela resumida de custos

ITENS	CUSTO
Hardware (Eletrônica)	R\$ 136,77
Hardware (Mecânica)	R\$ 119,19
Software	R\$ 0,00
Frete	R\$ 40,00
CUSTO TOTAL	R\$ 295,96

A mensuração do custo de montagem do *kit* levou em conta, os componentes eletrônicos descrito no seu projeto eletrônico, toda a estrutura mecânica (chassi) e os custos referentes aos fretes pagos aos fornecedores. Todos os softwares utilizados são gratuitos, reduzindo consideravelmente o custo efetivo final do protótipo.

No decorrer da pesquisa de custos, foram constatadas pequenas diferenças que não influenciaram de forma significativa o valor final do protótipo. Por exemplo, a diferença de preço entre um fornecedor e outro para o mesmo produto foi de até no máximo 10,23%, mas por conta do frete, foi feita a opção por apenas um dos fornecedores.

4 ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE OS KITS PESQUISADOS

Após apresentar os sete *kits* de robótica educacional que foram objetos de estudo dessa pesquisa, incluindo o *kit* Tesla, apresenta-se uma tabela comparativa entre esses produtos, enfatizando alguns itens relevantes quando da escolha de um *kit* de robótica para ser empregado em projetos educacionais (Tabela 2).

Tabela 2: Comparação entre seis kits de robótica educacional.

Kit	<i>Super Hobby (full)</i>	<i>Robokit</i>	<i>Lego Mindstorms</i>	<i>GoGoBoard</i>	<i>RoboFácil</i>	<i>Hajime</i>	<i>Tesla</i>
Tipo de Arquitetura	Fechada	Fechada	Fechada	Pública	Pública	Pública	Pública
Open Source	Não	Não	Não	Sim	Sim	Sim	Sim
Interface com o Computador	Cabo de dados via interface paralela	Não se aplica	Infravermelho via interface serial, <i>Bluetooth</i> .	Cabo de dados via interface serial	Cabo de dados via interface paralela	Cabo de dados via interface paralela	Cabo de dados via interface paralela
Usa Microcontrolador	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Não	Sim
Programação Icônica	Indisponível	Indisponível	Disponível	Disponível	Disponível	Disponível	Indisponível
Funcionamento Autônomo	Não	Não	Sim	Sim	Não	Não	Sim
Utiliza Sucata	Não	Não	Não	Não	Não	Sim	Não
Uso de Sensores	Sim	Não	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
Custo (R\$)	450,00	1.199,00	1.400,00 (<i>kit</i>) + 200,00 (<i>software</i>)	Não foi possível mensurar (Vide seção 2.4)	300,00	Não foi possível mensurar (Vide seção 2.6)	300,00

Com base nas informações coletadas na Tabela 2, podemos observar que o *kit* Tesla possui totais condições de concorrer com os *kits* pesquisados; uma vez que tem como

características básicas, a maioria dos pontos “positivos” dos *kits*. A saber: possui arquitetura aberta, possibilidade de utilização de *software* livre, possui dois microcontroladores, é autônomo, tem uma gama de sensores (toque, luz e ultrassônico) e é de baixo custo (aproximadamente R\$ 300,00).

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo desse artigo foi realizar uma análise comparativa entre sete *kits* didáticos de robótica educativa incluindo o *kit* Tesla, projetado e construído pelos autores, com o intuito de coletar as principais características de cada *kit* estudado para avaliar o potencial de uso do *kit* Tesla frente aos demais *kits* analisados.

Em tempo, é fundamental efetuar uma avaliação pedagógica sobre aplicação do uso desse *kit* robótico em disciplinas de cursos de graduação e pós-graduação. No momento dispomos de resultados preliminares sobre a avaliação do uso do *kit* robótico. Atualmente estão sendo realizados estudos de campo em turmas dos cursos de Engenharia Mecatrônica, Engenharia Mecânica, Engenharia Elétrica e Computação na Universidade Salvador. Nosso objetivo é coletar dados que comprovem a utilidade e eficácia do *kit* robótico através da aplicação e análise de questionários e avaliações formais. Além disso, pretendemos analisar os rendimentos dos alunos e os níveis de motivação dos mesmos e também dos professores durante a utilização do protótipo nas atividades de ensino.

Agradecimentos

Agradecemos ao Departamento de Engenharia e Arquitetura (DEAR) da Universidade Salvador (UNIFACS), onde a pesquisa de campo está sendo realizada e todo o protótipo do robô móvel interdisciplinar foi construído utilizando os Núcleos de Mecatrônica e Robótica (NMR) e de Mecânica Aplicada (NMA) da Instituição.

6 REFERÊNCIAS

ARS CONSULT. **Apostila de Introdução a Robótica**. Recife, 1995.

CÉSAR, D. R; BONILLA, M. H. S. Robótica Livre: Implementação de um Ambiente Dinâmico de Robótica Pedagógica com Soluções Tecnológicas Livres no CET CEFET em Itabirito - Minas Gerais – Brasil. In: XIII WIE – Workshop sobre Informática na Escola, 2007, Rio de Janeiro - RJ. **Anais do XIII WIE – Workshop sobre Informática na Escola (SBC)**. Rio de Janeiro - RJ, 2007.

FILHO, D. M.; GONÇALVES, P. Robótica Educacional de Baixo Custo: Uma Realidade para as Escolas Brasileiras. In: Anais do XXVIII Congresso da SBC - XIV Workshop de Informática na Escola. **Anais do XXVIII Congresso da SBC - XIV Workshop de Informática na Escola**. Belém – PA 2008.

GOGOBOARD. **GoGo Board. Science & Robotics for the inventive Mind**, 2010. Disponível em: <<http://gogoboard.stanford.edu/>>. Acesso em: Dezembro 2010.

KIM, S. H.; JEON, J. W. Introduction for Freshmen to Embedded Systems Using LEGO Mindstorms. **IEEE Transactions on Education**, v. 52, n. 01, p. 99-108, Fevereiro 2009.

LEGO. **Lego Mindstorms**, 2011. Disponível em: <<http://mindstorms.lego.com>>. Acesso em: Janeiro 2011.

MIRANDA, Leonardo Cunha. UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO, Grupo de Informática Aplicada à Educação do Instituto de Matemática. **RoboFácil : especificação e implementação de artefatos de hardware e software de baixo custo para um kit de robótica educacional**, 2006. 124p, il. Dissertação (Mestrado).

ROBOKIT. **Robokit**, 2011. Disponível em: <<http://www.imply.com.br/pgs-inform/prtedu-robokit.htm>>. Acesso em: Janeiro 2011.

SASAHARA, L. R.; CRUZ, S. M. S. Hajime – Uma nova abordagem em robótica educacional. **Anais do XXVII Congresso da Sociedade Brasileira de Computação**, Rio de Janeiro, 2007.

SILVA, Sérgio Ricardo X.; BARRETO, Luciano Porto. Protótipo de um Robô Móvel Interdisciplinar de Baixo Custo para uso Educacional em cursos superiores de Engenharia e Computação. In: Anais do XXXVIII Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia (COBENGE). **Anais do XXXVIII Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia (COBENGE)**. Fortaleza – CE, 2010.

COMPARATIVE ANALYSIS OF EDUCATIONAL ROBOTICS KITS.

Abstract: *Educational Robotics has been gaining attention in the teaching-learning process not only for its ability to promote interdisciplinarity between different areas of knowledge, but also enhance the community and encourage student participation. However, including robotics in teaching-learning process was hampered by financial and technical difficulties, such as the high cost of the kits owners, their restrictions in terms of extensibility and flexibility and lack of educational support for teachers. This paper describes a study that aimed to make a comparative analysis of seven educational robotics kits including the Tesla robot, designed by the authors.*

Key-words: *Robotics in Education, Robotics' Kit, Mobile Robots, Low-Cost Robots, Educational Technology.*