

Robótica Educacional de Baixo Custo: Uma Realidade para as Escolas Brasileiras

Dante A. Medeiros Filho¹, Paulo C. Gonçalves²

¹Universidade Estadual de Maringá – Departamento de Informática (UEM)
Av. Colombo 5790, Bloco 19-20 – 87020-900 – Maringá – PR – Brazil

²Programa de Mestrado em Ciência da Computação (UEM)
Av. Colombo 5790, Bloco 19-20 – 87020-900 – Maringá – PR – Brazil

{dantefilho,paulocg}@gmail.com

Abstract. *The use of new technologies in the teaching and learning processes is currently on the increase. Educational robotics has made remarkable progress in several educational environments. In spite of the use and the versatility of such an educational tool it is not employed on a very large scale in Brazil, chiefly due to the equipments' high costs. Current problem has motivated the development of current research comprising a low cost solution to implement educational robotics in Brazilian schools. Current research provides a low cost robot with the same functions contained in robotic sets produced by foreign industries. The project, utilizing the GogoBoard and waste materials, produced a robot prototype at a cost twenty times lower than that found on the market*

Resumo. *Atualmente é crescente o uso de novas tecnologias para auxiliar o processo de ensino e aprendizagem. Neste contexto, a robótica educacional tem mostrado notáveis progressos em uma diversidade de ambientes educacionais. Apesar da utilidade e da versatilidade dessa ferramenta educacional ela ainda não é utilizada em larga escala em nosso país. Este fato ocorre, principalmente, devido ao alto custo do equipamento. Diante desse problema, surgiu a motivação para o desenvolvimento do presente trabalho que apresenta uma solução de baixo custo para implementar a robótica educacional em escolas brasileiras. Nesta pesquisa foi desenvolvido um robô de baixo custo que possui as mesmas funcionalidades encontradas em conjuntos de robótica produzidos por indústrias internacionais. O projeto é baseado na utilização da placa GogoBoard e materiais de descarte o que culminou em um protótipo de um robô com custo 20 vezes menor do que os produzidos no mercado.*

1. Introdução

Atualmente existem diversas formas de utilização dos computadores no processo de ensino e aprendizagem e vários níveis. Nesse contexto, uma tecnologia que também vem sendo muito utilizada é a robótica educacional que por suas características abrange condições didático-pedagógicas interessantes e motivadoras, ou seja, pode criar situações, flexibilizar condições para que ocorra a aprendizagem ativa. O equipamento envolvido na robótica educacional, principalmente pelo manuseio físico, tem despertado a motivação dos aprendizes, fator importante e essencial para o favorecimento da aprendizagem.

Apesar de muitas pesquisas indicarem a robótica educacional como sendo uma ferramenta que envolve questões multidisciplinares, portanto rica pedagogicamente, ela, infelizmente não faz parte do cotidiano das escolas brasileiras. A explicação para tal fato, passa pela dificuldade na aquisição do equipamento. Essa dificuldade reside, principalmente, no momento de sua compra, pois seu custo, ainda é proibitivo.

Diante dessa situação e compreendendo a importância que um equipamento dessa natureza possui para o desenvolvimento de um processo de ensino e aprendizagem mais contemporâneo e contextualizado é que surgiu a motivação para o desenvolvimento do presente trabalho que apresenta a construção de um robô com as mesmas funcionalidades existentes em conjuntos de robótica educacional disponíveis no mercado, porém, com custo extremamente reduzido.

2. A Robótica Educacional

Os computadores pessoais estão nas escolas, no entanto, em algumas atividades, em que são necessários recursos computacionais com características especiais, tais como: como baixo consumo de energia, mobilidade, tamanho reduzido, dispositivos de entrada e saída especiais, sensores e motores, estes são de difícil utilização. Estas características normalmente são necessárias quando os alunos utilizam recursos computacionais “inseridos”, por exemplo, em seus protótipos para uma feira de Ciências.

Visando atender tais necessidades foi desenvolvido, no Massachusetts Institute of Technology (MIT, 2007), um tijolo programável (Programmable Bricks) que é um computador muito pequeno inserido dentro de um bloco de montagem do tamanho de uma caixa pequena de suco. Este pequeno computador pode ser programado para interagir com o ambiente externo através de sensores de temperatura, de toque, de intensidade de luz e atuadores como motores, buzinas e luzes. A programação do tijolo é realizada em um computador pessoal utilizando uma versão da linguagem Logo, conhecida como Logo de tijolo (Logo Bricks), sendo em seguida efetuada a transferência do programa para o tijolo programável através de um cabo serial ou através de comunicação infravermelha. A partir deste ponto podem ocorrer duas situações: o tijolo continuar conectado com o computador pessoal e continuar trocando informações ou tornar-se autônomo e independente (Resnick et al., 1996).

A partir do protótipo do primeiro bloco programável foi desenvolvido o conjunto de robótica educacional LEGO Mindstorms, que pretendia suprir a lacuna descrita no que concerne à possibilidade de criação de dispositivos automatizados, com funcionamento autônomo e independente do computador pessoal. Este conjunto de robótica é comercializado pela empresa LEGO, sendo o RIS (Robotic Invention System) o nome do conjunto, que contém o tijolo programável RCX (Robotic Command Explorer), a torre de comunicação infravermelha (Infrared Tower), dois sensores de toque, um sensor de luminosidade, dois motores, e mais de 700 peças LEGO (LEGO, 2007).

A utilização de dispositivos de computação embarcada, como o RCX que faz parte do conjunto LEGO Mindstorms, em ambientes educacionais de robótica pode oferecer aos estudantes, do ensino fundamental à Universidade, uma ferramenta para o desenvolvimento de projetos que necessitem de um computador de tamanho reduzido, com facilidade de mobilidade e de aprendizado da programação (Fortes, 2007; Ribeiro, 2006; Teixeira, 2006; Klassner; Anderson, 2003; Steffen, 2002; Vallim, 2000).

Para Lopes e Fagundes (2006), esta efetividade da aprendizagem na construção de robôs foi comprovada em vários estudos, como os do Media Lab (Resnick; Ocko, 1991; Hancock, 2001), do Laboratório de Estudos Cognitivos/IP/UFRGS (Lopes; Fagundes, 1995), na UNICAMP/NIED (D'Abreu, 1993), entre outros. Estes estudos comprovam que a atividade de programação, de design e de depuração de protótipos permitem ao sujeito enriquecer seus esquemas de significação com novos esquemas de representação lógico-matemáticos, lingüísticos e estéticos, elementos essenciais da aprendizagem. (Lopes; Fagundes, 2006).

Porém, o conjunto LEGO Mindstorms, que inclui o RCX, além de outros materiais de construção, por exemplo, custa em torno de US\$ 200,00 nos Estados Unidos e em torno de US\$700,00 no Brasil, devido a impostos de importação e taxas, sendo um custo proibitivo para a realidade da maioria das escolas brasileiras. Este alto custo torna a sua utilização restrita a poucas escolas (Sipitakiat et al., 2004; Alves et al., 2005; Miranda, 2006).

Por exemplo, nos anais dos últimos cinco anos da Feira Brasileira de Ciências e Engenharia (FEBRACE) (Lopes et al., 2003, 2004, 2005, 2006, 2007) é possível constatar, que os projetos desenvolvidos por algumas equipes de escolas relacionados à automação de processos, monitorações ambientais e protótipos robóticos, utilizaram o conjunto comercial LEGO Mindstorms, mas que também algumas equipes de escolas utilizaram alternativas, com a construção e utilização de protótipos feitos com vários modelos de microcontroladores disponíveis no mercado, como da família PIC, 8051, AVR, BasicStep, entre outros.

A diversidade de microcontroladores utilizados pode indicar a inexistência de um produto alternativo ao conjunto comercial LEGO Mindstorms, e que tenha custo mais acessível e que seja tão eficiente quanto um tijolo programável.

Como alternativa ao tijolo programável RCX do conjunto de robótica LEGO Mindstorms surgiu a placa GoGo, uma placa programável, também desenvolvido no MIT, mas com alguns compromissos diferenciados, como simplicidade de projeto; baixo custo dos componentes; e projeto e código abertos, o que possibilita a construção pelo próprio usuário (GoGo, 2007a; GoGo, 2007b).

A placa GoGo, assim como o RCX do conjunto de robótica LEGO Mindstorms, é apenas a parte computacional da implementação de um robô móvel, necessitando ainda, de sensores, de motores e de uma estrutura mecânica. Assim, para a utilização da placa GoGo na montagem de um robô móvel é necessária a compra de componentes de baixo custo e a montagem dos sensores, dos motores e da estrutura mecânica do robô. Uma possibilidade interessante para a estrutura mecânica é a utilização de sucata eletrônica, devido à redução de custos, e ainda, por reutilizar um material que seria descartado e que possivelmente iria para o lixo (Cavallo; Blikstein, 2004; César; Bonilla, 2007).

Conforme observou César e Bonilla (2007), a utilização de componentes de sucata eletrônica pode ser uma fonte de materiais alternativos para a Robótica Educacional,

3. A GogoBoard

Os projetos desenvolvidos pelos pesquisadores do Future of Learning Group no Media Laboratory do MIT, utilizando o LEGO Mindstorms com alunos em países em desenvolvimento, encontraram dificuldade na sustentabilidade de suas atividades

porque, ou eram extremamente caros ou não estavam disponíveis em tais países. Diante deste cenário, em 2001, os estudantes do MIT, Arnan (Roger) Sipitakiat e Paulo Blikstein, desenvolveram uma placa alternativa ao RCX do LEGO Mindstorms chamada GoGo (GoGo, 2007a).

Eles se inspiraram no Cricket e no LEGO Mindstorms que, a princípio, eram os únicos utilizados em seus projetos de pesquisa com estudantes.

A meta principal do projeto da placa GoGo foi criar uma plataforma de projeto aberto que fosse barata e permitisse a montagem local por todos aqueles que estivessem interessados. Foram escolhidos os componentes e o formato da placa de circuito impresso de forma que pudessem ser montados sem a necessidade de equipamentos especiais de soldagem. Os componentes foram selecionados cuidadosamente de forma que eles estivessem disponíveis em muitos países, podendo a placa ser construída nos Estados Unidos, Tailândia, Brasil, México, Malásia, China e em muitos outros países em desenvolvimento. O custo da placa foi mantido a um mínimo possível (Blikstein; Cavallo, 2003; Sipitakiat et al., 2004).

3.1. Componentes

A Tabela 1 apresenta a lista dos componentes da placa GoGo no Brasil:

Tabela 1. Lista de componentes placa GoGo 3.0 em março/2007

Qtd.	Descrição	Valor Unitário	Valor Parcial
1	Conector <i>Power Jack</i> Mini .08"	R\$ 0,36	R\$ 0,36
1	Rede de Resistores 33K	R\$ 1,20	R\$ 1,20
1	Cristal 20.000MHz 20pF HC-49/US	R\$ 0,80	R\$ 0,80
1	Capacitor Eletrolítico 100uF 16V radial	R\$ 0,27	R\$ 0,27
1	Regulador de Tensão 7805	R\$ 1,65	R\$ 1,65
1	Soquete para CI ST 40 POS TIN	R\$ 1,70	R\$ 1,70
1	CI 24LC256-I/P Memória EEPROM Serial 32KX8	R\$ 5,10	R\$ 5,10
1	<i>Buzzer</i> 12MM para circuito impresso 6V	R\$ 1,60	R\$ 1,60
1	Conector DB9 Fêmea para circuito impresso	R\$ 1,20	R\$ 1,20
2	LED 3mm verde	R\$ 0,10	R\$ 0,20
1	Chave Tátil 6mm SQ H=5.0mm 100GF	R\$ 0,16	R\$ 0,16
2	Soque de Barra 1X40 180°	R\$ 2,20	R\$ 4,40
5	Resistor 3.3K 1/4W 5% <i>Carbon Film</i>	R\$ 0,02	R\$ 0,10
2	CI SN754410NE HALF-H DRVR QUAD 16-DIP	R\$ 9,00	R\$ 18,00
1	Chave deslizante DPDT .2A L=4mm	R\$ 1,70	R\$ 1,70
4	Mini <i>Jumper</i> com aba	R\$ 0,09	R\$ 0,36
1	Resistor 2.0 <i>Metal Film</i> 2W 5%	R\$ 0,20	R\$ 0,20
1	Microcontrolador PIC16F877A-I/P	R\$ 15,00	R\$ 15,00
1	CI SN74HC04 HEX <i>Inverter</i> CMOS HS 14-DIP	R\$ 0,58	R\$ 0,58
5	Capacitor Cerâmico .1uF 50V 20% radial	R\$ 0,06	R\$ 0,30
1	Diodo retificador 4004	R\$ 0,10	R\$ 0,10
2	LED 3mm vermelho	R\$ 0,10	R\$ 0,20
3	Resistor 1.0K 1/4W 5% <i>Carbon Film</i>	R\$ 0,02	R\$ 0,06
2	Barra de pinos BSPI 2 lados 1x40	R\$ 0,45	R\$ 0,90
Valor Total		R\$	56,14

4. Protótipo de um Robô Móvel de Baixo Custo

No presente trabalho foi desenvolvido um protótipo com as mesmas funcionalidades apresentados pelo conjunto LEGO Mindstorms, porém para a implementação da estrutura mecânica foi utilizada sucata eletrônica o que permitiu custos extremamente baixos, além do que a possibilidade de reutilizar material que seria descartado e que possivelmente iria para o lixo.

4.1. Sensores

Para a construção do protótipo do robô móvel, aqui apresentado, foram montados quatro sensores de toque e um sensor de luminosidade.

Os sensores de toque são considerados passivos porque eles não necessitam de tensão elétrica para funcionar e são ligados na placa GoGo através de dois pinos, conforme a Figura 1. Já o sensor de luminosidade refletiva necessita de uma tensão de 5 volts para o seu funcionamento, e a sua conexão com a placa se dá através de três pinos.

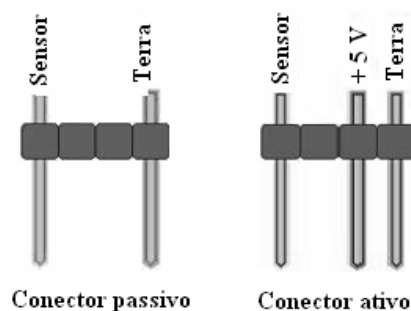


Figura 1. Conectores utilizados nos sensores

4.1.1 Sensor de Toque

O sensor de toque é um sensor passivo muito útil e simples, e pode ser construído com uma micro chave (*lever microswitch*) ou uma chave táctil (*push button*), e seu funcionamento se dá através, no seu interior, de dois objetos condutivos que se tocam quando o sensor é externamente pressionado, conforme Figura 2.



Figura 2. Sensores de toque utilizando micro chaves

4.1.2. Sensor de Luminosidade Refletivo

O sensor de luminosidade refletivo é um sensor ativo e necessita de dois componentes para o seu funcionamento: um LED (diodo emissor de luz) que irradia uma quantidade de luz, que por sua vez, é refletida no objeto e então percebida pelo fotoresistor (LDR), sendo que este tipo de sensor é útil quando se deseja descobrir a presença de um objeto sem tocá-lo, ou para "enxergar" sua cor, através da quantidade de luz refletida por ele. O circuito do sensor de luminosidade refletivo foi acondicionado dentro de um invólucro construído através da dobradura de uma parte de uma embalagem cartonada de leite longa vida, conforme Figura 3.

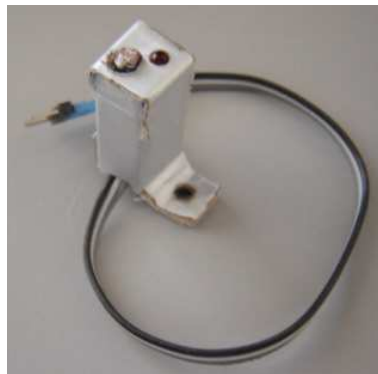


Figura 3. Invólucro do sensor de luminosidade ativo

4.2. Motores

Os dois motores usados na construção do protótipo utilizam uma tensão de trabalho de 13V, conforme Figura 4, e foram retirados do mecanismo que movimenta a bandeja de duas unidades leitoras de CD inutilizadas (sucata eletrônica). No entanto, estes motores utilizados no mecanismo da bandeja da unidade de CD podem ser encontrados com uma faixa de tensão de trabalho entre 5,9V e 13V, dependendo do modelo e marca da unidade.



Figura 4. Motor 13V

4.3. Estrutura Mecânica do Protótipo

A estrutura de sustentação e movimento do robô autônomo desenvolvido neste trabalho utiliza os conceitos de um veículo triciclo, duas rodas traseiras e uma dianteira, sendo que a tração e a direção são dadas pelas rodas traseiras e a roda dianteira é utilizada apenas para apoio.

4.3.1 Rodas de Tração e Apoio

Para as rodas traseiras do robô, foram utilizados dois mini CDs de 8 cm, conforme Figura 5, e para a roda dianteira foi usada uma roda giratória utilizada na fabricação de móveis, mostrada na Figura 5. A escolha do mini CD, não tão comum quanto o CD convencional de 12 cm, foi motivada pelas dimensões da placa GoGo de 11cm por 8cm, pois o CD normal com raio de 6 cm deixaria o robô com uma altura elevada do solo, o que poderia atrapalhar a sua estabilidade e estética. Ainda para aumentar a aderência das rodas do robô, os mini CDs foram envoltos com uma tira de borracha de câmara de motocicleta, conforme Figura 5.



Figura 5. Rodas e eixo do robô

4.3.2. O Chassi do Protótipo

O chassi foi construído com uma placa de fenolite com as mesmas dimensões da placa GoGo e com ranhuras e furos para fixação dos demais componentes que compõem o robô, conforme Figura 7. A fixação dos elementos ao chassi foi realizada através de parafusos com porcas e cintas plásticas.

4.3.3. Engrenagens e Eixos

As engrenagens utilizadas na redução da rotação e no aumento do torque, para a construção do robô, conforme Figura 6, foram retiradas do mecanismo de movimentação da bandeja de duas unidades leitoras de CD inutilizadas (sucata eletrônica). Estas engrenagens podem variar de número e tamanho, dependendo do mecanismo utilizado nos diversos modelos de unidades leitoras de CD disponíveis, sendo que o mecanismo mais comum encontrado, utiliza uma combinação de engrenagens, polias e correias.

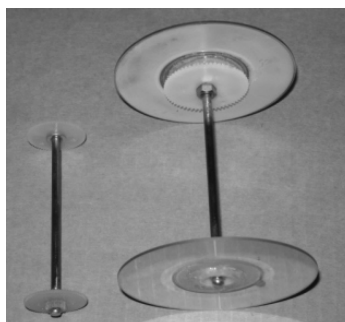


Figura 6. Engrenagens fixadas nos eixos

4.4. A Montagem do Protótipo

A montagem do protótipo é descrita através de seis passos, partindo da fixação dos eixos e rodas ao chassi e terminando com a união do protótipo do robô com a placa GoGo, conforme mostrado na Figura 7.

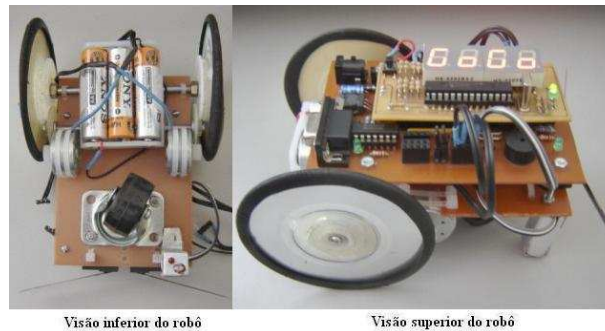


Figura 7. Montagem da placa GoGo no chassi

4.4.1. Sensor de Luminosidade

O sensor de luminosidade mede a quantidade de luz emitida em uma direção particular. Também emite luz, deste modo é possível apontá-lo para uma direção particular e fazer uma distinção entre a intensidade de reflexão do objeto naquela direção. Isto é em particular útil quando se está tentando fazer o robô perceber uma linha no chão, conforme Figura 8.



Figura 8. Robô localizando uma lata para empurrá-la até a linha

5. Conclusão

O presente trabalho mostrou a construção de um robô para fins educacionais de baixíssimo custo e de fácil construção. Além disso, este equipamento pode ser utilizado em diversas situações pedagógicas desde o ensino fundamental até o universitário. Criase assim uma possibilidade real de implementação da robótica pedagógica em escolas brasileiras.

Referências

Alves, A. C.; Blikstein, P.; Lopes, R. D. Robótica na periferia? Uso de tecnologias digitais na rede pública de São Paulo como ferramentas de expressão e inclusão. In: XI WIE - Workshop sobre Informática na Escola, 2005, São Leopoldo. Anais do XI WIE - Workshop sobre Informática na Escola (SBC), 2005 CD-ROM.

- Blikstein, P.; Cavallo, D. "God hides in the details": design and implementation of technology-enabled learning environments in public education. being reviewed for Eurologo 2003, Porto, 2003.
- Cavallo, D.; Blikstein, P. et al. The City that We Want: Generative Themes, Constructionist Technologies and School/Social Change. In Proceedings from the IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies, Finland, September 2004.
- 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, São Paulo. Anais do XII WIE – Workshop sobre Informática na Escola (SBC), 2007 CD-ROM.
- D'abreu, J. Vilhete V. LEGO-Logo: explorando o conceito de design. In: VALENTE, J. Computadores e Conhecimento: repensando a educação. UNICAMP/NIED: Campinas, 1993.
- Fortes, R. M. Interpretação de Gráficos de Velocidade em um Ambiente Robótico. 2007. 133 f. Dissertação (Mestrado em Educação Matemática), Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, São Paulo, 2007.
- GoGo, GoGo Board. 2007a. Disponível em: <<http://www.gogoboard.org>>. Acesso em: 05 nov. 2007.
- GoGo, GoGo Board Source Code. 2007b. Disponível em: <<http://code.google.com/p/gogoboard/>>. Acesso em: 05 nov. 2007.
- Hancock, C. Children's Understanding of Process in the Construction of Robot Behaviors. In: Varieties of Programming Experience. AERA 2001, Seattle. Disponível em <<http://ilk.media.mit.edu/papers/uproc/uproc.html>>. Acesso em: 05 nov. 2007.
- Klassner, F.; Anderson, S. D. (2003). LEGO Mindstorms: Not Just for K-12 Anymore. IEEE Robotics & Automation Magazine, 10(2):12-18, June 2003.
- LEGO, Mindstorms RIS 2.0. Disponível em : <<http://mindstorms.lego.com>>. Acesso em: 05 nov. 2007.
- Lopes, D. Q. ; Fagundes, L. C. As Construções Microgenéticas e o Design em Robótica Educacional. RENOTE. Revista Novas Tecnologias na Educação, v. 4, p. 1-10, 2006.
- Lopes, D.;Fagundes, L. (1995). “O desenvolvimento de noções de mecânica por surdos num ambiente informatizado”, In: Simpósio Brasileiro de Informática na Educação, Anais. SBC – UFSC – EDUGRAF, Florianópolis.
- Lopes, R. D; Ficheman, I. K; Aalves A. C; Saggio, E. (Org). Feira Brasileira de Ciências e Engenharia. Anais FEBRACE 2007. São Paulo. Disponível em: <<http://www.lsi.usp.br/febrace/sobrefebrace/historia/anaisfebrace2007.pdf>> Acesso em: 05 nov. 2007.
- Lopes, R. D; Ficherman I. K; Alves, A. C; Saggio, E. (Org.). Feira Brasileira de Ciências e Engenharia. Anais FEBRACE 2006. São Paulo. Disponível em: <<http://www.lsi.usp.br/febrace/sobrefebrace/historia/anaisfebrace2006.pdf>> Acesso em: 05 nov. 2007.

- Lopes, R. D; Ficheman, I. K; Alves, A. C; Filho, I. L. (Org.). Feira Brasileira de Ciências e Engenharia. Anais FEBRACE 2005. São Paulo. Disponível em: <<http://www.lsi.usp.br/febrace/sobrefebrace/historia/anaisfebrace2005.pdf>>. Acesso em: 05 nov. 2007.
- Lopes, R. D; Ficheman, I. K; Alves, A. C; Filho, I. L. (Org.). Feira Brasileira de Ciências e Engenharia. Anais FEBRACE 2004. São Paulo. Disponível em: <<http://www.lsi.usp.br/febrace/sobrefebrace/historia/anaisfebrace2004.pdf>>. Acesso em: 05 nov. 2007.
- Lopes, R. D; Ficheman, I. K; Alves, A. C. (Org.). Feira Brasileira de Ciências e Engenharia. Anais FEBRACE 2003. São Paulo. Disponível em: <<http://www.lsi.usp.br/febrace/sobrefebrace/historia/anaisfebrace2003.pdf>>. Acesso em: 05 nov. 2007.
- Miranda, L. C. RoboFácil: Especificação e Implementação de Artefatos de Hardware e Software de Baixo Custo para um Kit de Robótica Educacional. Rio de Janeiro. 2006. 124 f. Dissertação (Mestrado em Informática)-Instituto de Matemática, Núcleo de Computação, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2006.
- MIT. Massachusetts Institute of Technology (MIT). Disponível em: <<http://www.mit.edu>>. Acesso em: 05 nov. 2007.
- Resnick, M. Martin, F.; Sargent, R.; Silverman B. Programmable Bricks: Toys to Think With. IBM Systems Journal, vol. 35, no. 3-4, pp. 443-452, 1996.
- Resnick, M., and Ocko, S. LEGO/Logo: Learning Through and About Design. Epistemology and Learning Group, MIT: Media Laboratory. Cambridge. MA. Disponível em <<http://llk.media.mit.edu/papers/ll.html>>. Acesso em: 05 nov. 2007.
- Ribeiro, C. RobôCarochinha: Um Estudo Qualitativo sobre a Robótica Educativa no 1º ciclo do Ensino Básico. 2006. 207 f. Dissertação (Mestrado em Educação)-Instituto de Educação e Psicologia, Universidade do Minho, Braga, 2006.
- Sipitakiat, A. Blikstein, P.; Cavallo, D.. GoGo Board: Augmenting Programmable Bricks for Economically Challenged Audiences, In Proceedings of the International Conference of the Learning Sciences (ICLS 2004), Los Angeles, USA, 2004.
- Steffen, H. H. Robótica Pedagógica na Educação: Um Recurso de Comunicação, Regulagem e Cognição. 2002. 114 f. Dissertação (Mestrado em Ciências da Comunicação)-Escola de Comunicação e Artes, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2002.
- Teixeira, J. Aplicações da Robótica no Ensino Secundário: o Sistema LEGO Mindstorms e Física. 2006. 187 f. Dissertação (Mestrado em Ensino da Física)-Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade de Coimbra, Coimbra, 2006.
- Vallim, M. B. R. Em Direção à Melhoria do Ensino na Área Tecnológica: A Experiência de uma Disciplina de Introdução à Engenharia de Controle e Automação. 2000. 101 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica)-Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2000.