

# **REDUC: A Robótica Educacional como Abordagem de Baixo Custo para o Ensino de Computação em Cursos Técnicos e Tecnológicos**

**Franklin Lima Santos, Flávia Maristela S. Nascimento, Romildo M. S. Bezerra**

<sup>1</sup>Departamento de Tecnologia em Eletro-Eletrônica  
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia (IFBA)  
41.301-015 – Salvador – BA – Brasil

{franklin, flaviamsn, romildo}@ifba.edu.br

***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 students 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 presents an approach to develop low cost educational robotics, based on free software and which aims at teaching students from technical computing and technology courses.*

***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 artigo apresenta uma abordagem para o desenvolvimento de kits de robótica educacional de baixo custo, baseado em software livre para o ensino da computação nos cursos técnicos e tecnológicos.*

## **1. Introdução**

### **1.1. Motivação**

A robótica é uma área tecnológica relativamente recente, caracterizada por se relacionar fortemente com as áreas de mecânica, eletrônica e computação. No geral, esta área trata de sistemas compostos por máquinas automáticas e controladas por circuitos integrados programáveis [Miyagi and Villani 2004].

Originalmente, a área de robótica se desenvolveu embasada na necessidade de encontrar soluções adequadas para necessidades técnicas, tais como acesso a ambientes confinados, reabilitação de pacientes e sondas espaciais [Garcia et al. 2007]. Entretanto, a rápida evolução e sofisticação atingida pela área fomentou a pesquisa em diversas outras áreas da sociedade. Nos últimos anos a robótica tem sido fortemente citada como ferramenta educacional estratégica para apoiar o processo de ensino-aprendizagem nos diversos níveis educacionais.

Há alguns anos, a robótica apresenta grande potencial como ferramenta interdisciplinar, visto que a construção de protótipos, em geral faz com que o aluno questione e seja capaz de relacionar diferentes conhecimentos e aptidões, de forma a solucionar um problema. A busca por soluções estimula o espírito investigativo, fortemente motivado pela curiosidade, e permite que o aluno extrapole os conhecimentos individuais de cada disciplina. Assim a robótica assume o papel de uma ponte de ligação interdisciplinar visando à construção do conhecimento coletivo através da aplicação com a realidade.

A observação prática tem evidenciado que dentro do contexto do ensino de computação em cursos técnicos e tecnológicos de outras áreas, tais como eletrônica, eletrotécnica ou automação, a metodologia tradicional do ensino voltada para a resolução de problemas, especialmente aqueles que envolvem lógica de programação, pode ocasionar um baixo rendimento e/ou desinteresse na disciplina por uma ausência de comprovação prática de seu funcionamento.

Nesse contexto, a Robótica Educacional ganha força por se tratar da aplicação da robótica na área pedagógica, com o objetivo de disponibilizar aos alunos a oportunidade de criar soluções voltadas ao mundo real, de forma a possibilitar o aprendizado de forma dinâmica e estimulante. Tal aplicação é capaz de unir atividades de mecânicas, como por exemplo a construção dos objetos controlados e atividades de raciocínio lógico, que envolvem cálculos de circuitos eletrônicos e desenvolvimento de programas que visam fazer com que determinado circuito eletrônico cumpra as atividades especificadas.

A inserção de recursos tecnológicos no processo de ensino aprendizagem é um grande desafio para o Brasil, pois a maioria da população não tem acesso a recursos computacionais ou jogos educativos, sejam esses na escola ou em sua residência. Os kits de robótica proprietários de empresas como LEGO ou MECCANO, dentre outros, possuem um custo elevado para a realidade brasileira [Filho and 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 [Cesar and Bonilha 2007] ou escolhas de outras linguagens de programação não presentes no kit. Isso engessa a aplicabilidade do kit em diferentes cursos dentro de uma instituição com diferentes cursos em diversas modalidades, como os Institutos Federais de Educação, Ciência e Tecnologia, e cria uma dependência tecnológica para com um fabricante.

Diversos trabalhos apresentam propostas alternativas aos kits proprietários, denominada Robótica Livre [Cesar and Bonilha 2007, Cesar 2004, Cesar 2010]. A proposta deste artigo é apresentar kits livres de robótica com baixo custo visando à utilização como ferramenta auxiliar no ensino de computação nas diversas modalidades de ensino e nos diversos cursos. A abordagem proposta neste artigo é diferenciada em relação a maioria dos projetos de robótica educacional, pois utiliza soluções livres de hardware e software. Este novo paradigma utiliza a mesma filosofia do software livre, ou seja, todo o desenvolvimento de hardware e software estará disponível para utilização, estudo, redistribuição e modificação, além de não existir propósitos comerciais associados.

Para que a filosofia do software livre possa ser empregada na Robótica Educacional é necessária a especificação de um kit de robótica educativa, com hardware e software documentados e definidos de forma didática, para que possa ser utilizado em larga escala por professores e alunos de diferentes modalidades de ensino. Além disso,

é importante que exista uma retro-alimentação das experiências realizadas em sala de aula, indicando sugestões, críticas e criações realizadas na utilização dos kits, bem como fatores subjetivos observados como aumento de motivação e o estímulo da criatividade dos alunos, permitindo a criação de um ambiente de comunicação bidirecional visando a interação entre utilizadores dos kits. Estes são pontos críticos em diversos projetos de robótica educacional.

O restante deste documento é organizado como segue. Seção 2 apresenta o estado da arte em se tratado de projetos com Robótica Educacional. O kit básico proposto e desenvolvido é apresentado na Seção 3. Seção 4 apresenta o resultado da aplicação do kit básico para alunos. Por último, a seção 5 apresenta as considerações finais e extensões para o trabalho proposto.

## **2. Trabalhos Relacionados**

O objetivo da robótica educacional é desenvolver projetos educacionais através da construção e manipulação de robôs, visando proporcionar aos alunos um ambiente de aprendizagem que possibilite o desenvolvimento do raciocínio, criatividade, conhecimento multidisciplinar, bem como prepará-los para o mundo atual, onde cada vez mais se faz necessário a interação homem x máquina para a realização das tarefas diárias. De forma geral, as principais vantagens da robótica educativa são [Cesar 2010]:

- Transforma a aprendizagem em algo motivante, tornando bastante acessíveis os princípios de Ciência e Tecnologia aos alunos;
- Desenvolve a auto-suficiência na busca e obtenção de conhecimentos;
- Permite testar em um equipamento físico o que aprenderam utilizando modelos que simulam o mundo real;
- Estimula a leitura, a exploração e a investigação;
- Prepara o aluno para trabalho em grupo;
- Estimula o hábito do trabalho organizado, uma vez que desenvolve aspectos ligados ao planejamento, execução e avaliação final de projetos;
- Ajuda à superação de limitações de comunicação, fazendo com que o aluno verbalize seus conhecimentos e suas experiências e desenvolva sua capacidade de argumentar e contra-argumentar;
- Desenvolve concentração, disciplina, responsabilidade, persistência e perseverança;
- Aprimora a motricidade, através da execução de trabalhos manuais;
- Estimula a criatividade, tanto no momento de concepção das ideias, como durante o processo de resolução dos problemas;
- Desenvolve o raciocínio e a lógica na construção de algoritmos e programas para controle de mecanismos;
- Favorece a interdisciplinaridade, promovendo a integração de conceitos de áreas como: matemática, física, eletricidade, eletrônica, mecânica e arquitetura.

Em diversas experiências com robótica educacional são utilizados produtos comerciais e proprietários, geralmente importados [Lopes and Fagundes 2006, Lopes et al. 2008, Silva et al. 2008, Benitti et al. 2009]. Em geral, tais produtos limitam a capacidade de construção de modelos ou restringem a criatividade e imaginação dos alunos, uma vez que são focados na reprodução das instruções disponibilizadas num guia de montagem [Cruz et al. 2008b, Cruz et al. 2008a].

Em relação ao investimento financeiro, os valores de produtos proprietários de empresas como LEGO, ROBOTIX, ERECTOR superam a capacidade de investimento da maioria das escolas, em particular das escolas públicas brasileiras (MEDEIROS FILHO, 2008), conforme visto na Tabela 1. Vale ressaltar que em tais valores não estão inclusos custos de software proprietário, o que elevaria ainda mais o custo de investimento.

**Tabela 1. Comparativo de preço entre Kits Proprietários**

| Kits                   | Fabricante      | País           | Custo – R\$ |
|------------------------|-----------------|----------------|-------------|
| 50 Motorized Model Set | Meccano         | Estados Unidos | 550,00      |
| Industry Robots II     | Fischer Technik | Estados Unidos | 1.385,00    |
| Robokit                | Impley          | Brasil         | 1.199,00    |
| Lego Mindstorms        | LEGO            | Estados Unidos | 1.499,00    |
| Robo Mobile Kit        | Fischer Technik | Estados Unidos | 1.250,00    |
| Robotix                | ROBOTIX         | Estados Unidos | 1.220,00    |

Nota-se que os kits disponíveis geralmente são importados, o que incentiva a evasão de divisas brasileiras e restringe o potencial do país na busca de novas soluções no escopo da ciência e tecnologia, inibindo a capacidade brasileira de formação de novos cientistas. Em contrapartida a tais problemas, a Robótica Livre, que busca principalmente desenvolver conhecimento não proprietário e promover sua disseminação, propõe a utilização de software livre para a base de programação e de hardware livre para a construção dos circuitos e protótipos, que serão manipulados eletronicamente [Cesar 2004]. No caso da construção dos circuitos, a ideia é utilizar componentes eletrônicos de baixo custo facilmente encontrados no mercado brasileiro. Já para a construção dos protótipos a serem controlados por computador busca-se utilizar componentes de equipamentos eletromecânicos e eletrônicos como computadores, brinquedos, celulares que foram descartados por obsolescência/defeito (sucata), garantindo uma maior possibilidade criativa para os protótipos e uma diminuição drástica nos custos do projeto.

Este aproveitamento do lixo tecnológico visa também despertar a preocupação ambiental e a visão sustentável entre alunos e professores que utilizarão os resultados deste projeto, pois o lixo tecnológico, quando decomposto em lixões, emite resíduos tóxicos perigosos e apresenta um longo tempo de decomposição. Na próxima seção, o kit básico desenvolvido será apresentado.

### **3. Desenvolvimento do Kit Básico**

#### **3.1. Metodologia**

Antes do desenvolvimento do kit proposto, foi executado um estudo detalhado dos principais kits proprietários disponíveis no mercado com o objetivo de identificar vantagens e desvantagens de cada um deles. Para isso foi necessário definir métricas de comparação entre as diferentes soluções. Os kits proprietários foram avaliados segundo os seguintes itens: (a) adaptabilidade, capacidade de adaptação a outros dispositivos do mundo real não fornecidos pelo fabricante; (b) disponibilidade no mercado nacional, (c) custo, (d) facilidade de manuseio de peças, relacionado ao encaixe de peças e acabamento do produto e (e) Extensibilidade, relacionada a possibilidade de criação de novos programas e objetos. A avaliação dos kits existentes consta na Tabela 2.

**Tabela 2. Comparativo entre os kits de Robótica**

| Kits                   | Adaptabilidade | Disponibilidade no mercado nacional | Custo | Facilidade de manuseio | Extensibilidade |
|------------------------|----------------|-------------------------------------|-------|------------------------|-----------------|
| 50 Motorized Model Set | Médio          | Difícil                             | Médio | Alto                   | Alto            |
| Industry Robots II     | Médio          | Difícil                             | Alto  | Médio                  | Médio           |
| Robokit                | Médio          | Difícil                             | Alto  | Médio                  | Médio           |
| Mindstorms             | Difícil        | Fácil                               | Alto  | Fácil                  | Fácil           |
| Robo Mobile Kit        | Difícil        | Difícil                             | Alto  | Médio                  | Médio           |
| Robotix                | Difícil        | Difícil                             | Alto  | Fácil                  | Fácil           |
| Robótica Livre         | Fácil          | N/A                                 | Baixo | Difícil                | Fácil           |

Após a avaliação, os principais requisitos do projeto proposto foram definidos com base nos itens de avaliação descritos anteriormente. Além disso, a capacidade de execução do projeto (análise de riscos) foi feita de forma a identificar possíveis limites para o desenvolvimento do projeto.

Para que possa atender a proposta da Robótica Educacional, um kit de robótica não deve se limitar apenas a um conjunto de peças, que devem ser simplesmente encaixadas; ele deve ter outros componentes, tais como software, placa controladora, protótipo e roteiros de aula, perfazendo um todo, conforme mostrado na Figura 1.



**Figura 1. Componentes do Kit de Robótica**

É importante observar ainda que este projeto segue uma proposta construcionista [Papert and Harel 1991], teoria proposta por Seymour Papert, pois a construção do conhecimento é baseada em relações de ações que resulta em um produto palpável, neste caso, os protótipos (objetos controlados) e o software. Cada item da Figura 1 será descrito a seguir.

### 3.2. Software

O software fornecido corresponde a uma biblioteca de funções pré-definidas para controle do hardware. Esta biblioteca foi desenvolvida em linguagem C e seu objetivo é fornecer uma abstração de alto nível para cursos que não possuem foco em programação como eletrônica e eletrotécnica. Por outro lado, alunos de cursos como eletrônica e automação devem ser capazes de criar suas próprias funções visando o cumprimento das tarefas. Um exemplo de código para controle de um braço mecânico pode ser visto na Algoritmo 1 .

---

**Algorithm 1:** Algoritmo para automação de braço mecânico

---

```
1 int main();
2 direita(90); /* Gira 90° à direita */;
3 desce(35); /* Desce à 35° */;
4 fecha(); /* Fecha a garra */;
5 sobe(35);
6 esquerda(90);
7 aguarda(3); /* Espera 3 segundos */;
8 abre();
```

---

O algoritmo acima, desenvolvido por alunos, apresenta um procedimento para automação de um braço mecânico. Sem as funções pré-definidas o usuário precisaria enviar os bits separadamente, escolher o endereço físico da interface e ajustar os atrasos de tempo, o que poderia tornar o processo de aprendizado árduo e sem interesse para alunos de cursos que não estivessem diretamente ligados a área de computação. Entretanto, com as bibliotecas construídas, o projeto possibilita que alunos possam manipular o código-fonte, ou apenas interagir com a interface de forma transparente (sem acesso ao código-fonte).

### 3.3. Placa controladora

A placa controladora é a interface de hardware entre o objeto controlado (protótipo) e o computador. No kit básico apresentado neste artigo, optamos em utilizar o controle via porta paralela para reduzir o custo de hardware. A placa construída possui proteção óptica, o que implica na proteção do computador durante a utilização da placa. A Figura 2 apresenta o layout desta placa.

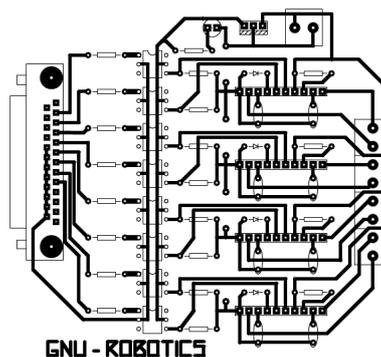


Figura 2. Desenho da placa do kit básico

O custo de desenvolvimento desta placa foi de R\$ 29,80 (vinte e nove reais e oitenta centavos), com valores de varejo nas lojas da cidade de Salvador/BA. A lista detalhada dos componentes é apresentada na Tabela 3.

### 3.4. Objeto controlado

O objeto controlado é o dispositivo que será manipulado pelo computador através da interface. É neste item que a criatividade dos alunos é estimulada, já que não há determinados

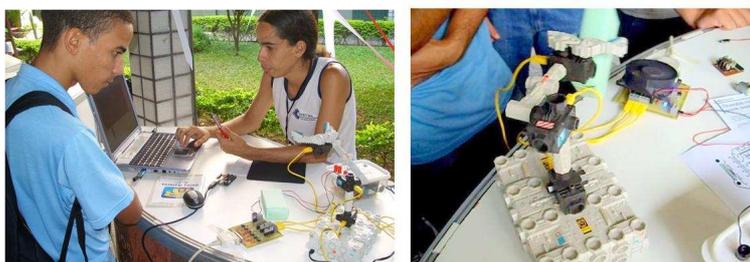
**Tabela 3. Lista de componentes para o kit básico – Custo total de R\$29,80**

| Item | Especificação              | Valor Unitário – R\$ | Quantidade | Total – R\$ |
|------|----------------------------|----------------------|------------|-------------|
| 1    | Resistor 10k $\Omega$      | 0,20                 | 1          | 0,20        |
| 2    | Resistor 470 $\Omega$      | 0,20                 | 1          | 0,20        |
| 3    | Resistor 10 $\Omega$       | 0,20                 | 1          | 0,20        |
| 4    | Acoplador óptico 4N25      | 1,00                 | 8          | 8,00        |
| 5    | LED – Vermelho 3mm         | 0,20                 | 8          | 1,60        |
| 6    | LED – Verde 3mm            | 0,30                 | 8          | 0,30        |
| 7    | Regulador de Tensão LM7806 | 2,00                 | 1          | 2,00        |
| 8    | Circuito Integrado BA6209  | 3,00                 | 4          | 12,00       |
| 9    | Diodo Zener 6V8            | 0,20                 | 4          | 0,80        |
| 10   | Capacitor cerâmico 100nF   | 0,20                 | 8          | 1,60        |
| 11   | Conector DB25 (fêmea)      | 0,90                 | 1          | 0,90        |

limites que imponham a não utilização do kit para diversas finalidades. Como exemplos foram desenvolvidos alguns protótipos baseados em lixo tecnológico e reutilização de antigos brinquedos, como o Mouse Robô (Figura 3), objeto construído com um mouse inutilizado e 2 motores retirados de impressoras/CDROM obsoletos; o braço mecânico (Figura 4), uma sucata de brinquedo que possuía controle manual de suas funções e a casa inteligente, onde 8 dispositivos podem ser controlados de acordo com as necessidades do usuário.



**Figura 3. Imagem do Mouse Robô e da atividade “Chute a Gol”**



**Figura 4. Sucata de brinquedo adaptada a placa controladora, formando um braço robótico controlado por computador**

Além dos aspectos práticos, os alunos demonstram o que aprendem na teoria, contextualizando o seu aprendizado. Nos Institutos Federais, por exemplo, ainda é possível que alunos de diversas áreas interajam com os objetos e resolvam problemas dos mais diversos, mostrando a interdisciplinaridade das áreas.

### 3.5. Roteiros de Aula

Um roteiro de aula consiste em um guia básico de referência com passos a serem seguidos para a execução de uma aula. É composto de um leve embasamento teórico, referências bibliográficas e uma atividade prática de caráter multidisciplinar, uma vez que envolve a parte física (mecânica), o circuito eletrônico (eletrônica) e programação (computação). Como exemplo para os objetos controlados desenvolvidos, é possível citar:

- Casa Inteligente: Sensor, termistor, LDR (Resistor Dependente de Luz), amplificador operacional, programação;
- Braço Mecânico: Funcionamento dos Motores, Diferença entre motores comuns e de passo, automação de tarefas, desenho técnico, programação;
- Mouse Robô: Funcionamento dos Motores, automação de tarefas, programação.

## 4. Análise e Resultados Preliminares

O kit básico desenvolvido foi apresentado a alunos de diversos cursos técnicos profissionalizantes e instituições em duas feiras tecnológicas, para verificar sua aplicabilidade e aceitação entre os alunos. Em tais apresentações os fatores motivação e interesse foram facilmente identificados. Ficou evidenciado também uma forte preocupação com o custo de desenvolvimento de tais kits em comparação aos kits proprietários. Devido às características do projeto de (a) desenvolver bibliotecas em linguagem C utilizando software livre, (b) disponibilizar os roteiros gratuitamente no sítio do projeto e (c) utilizar descartados eletrônicos, o kit apresentado teve um custo inferior a R\$30,00 (trinta reais).

Os protótipos desenvolvidos não tiveram custo de construção, pois foram montados a partir de sucatas de computador como impressoras, unidades de CD-ROM/DVD, mouses, dentre outros. O material não aproveitado foi separado e encaminhado para reciclagem através de coleta seletiva (Figura 5).



**Figura 5. Parte do material separado para reciclagem**

O aproveitamento do lixo tecnológico na construção dos objetos controlados despertou a preocupação ambiental e a visão sustentável entre os alunos e professores que contribuíram com este projeto através de doações de sucatas, pois parte deste lixo tecnológico é composta de materiais altamente tóxicos (como chumbo, mercúrio ou cádmio) e não-biodegradáveis, não indicados para depósito em lixo comum. Assim, a utilização do kit também traz outras vantagens não mensuráveis para alunos e professores, tais como:

- O fomento a formação de massa crítica nas áreas de computação, eletrônica e mecânica para futuras atividades de pesquisa e desenvolvimento tecnológico;

- Incentivo ao raciocínio, criatividade, concentração, investigação, curiosidade, persistência e perseverança, características intrínsecas a atividade de pesquisa;
- Estímulo a alunos e professores para criar atividades e projetos a partir do kit desenvolvido, divulgando seus resultados e produtos para a comunidade científica;
- Incentivo a interdisciplinaridade, estreitando os laços entre professores e alunos de diferentes áreas;

As apresentações foram realizadas no BAHIA TEC2009 (Feira de Tecnologia e Simpósio Internacional de Inovação) e Centenário do Instituto Federal da Bahia e motivaram o desenvolvimento do sítio do projeto (<http://www.moai.ifba.edu.br>), onde consta toda a documentação do para que seja utilizado por qualquer instituições de ensino. Atualmente duas cooperações estão em andamento e os kits serão testados em turmas do ensino superior. Com tais ações, espera-se um fluxo de informações colaborativo como apresentado na Figura 6.



**Figura 6. Fluxo de informações e interação dos usuários com o sítio do projeto**

Note que neste fluxo, professores e alunos interessados nas vantagens da robótica educacional livre podem utilizar os artefatos disponíveis no sítio (seta 1) e com o conhecimento adquirido aplicar a robótica educacional em suas instituições (seta 2). Além disso, podem ainda compartilhar suas experiências, projetos e resultados através do sítio deste projeto, para que estas sejam utilizadas por outras pessoas (seta 3).

## 5. Considerações Finais e Trabalhos Futuros

O kit desenvolvido foi concebido na perspectiva de que a presença comum das novas tecnologias no cotidiano da sociedade é uma realidade. Dessa maneira, a utilização da Robótica Educacional como motivação ao ensino de disciplinas técnicas teve bons indicadores. O estímulo à motivação, leitura, criatividade e curiosidade, juntamente com a inserção da visão sustentável são pontos subjetivos, mas importantes e consideráveis.

O kit básico permite controlar até oito dispositivos externos e receber informações de até quatro sensores controlados diretamente pelo computador. Além disto, pode ser utilizado por uma grande quantidade de objetos controlados a serem construídos, como por exemplo elevador, casa inteligente, armazém escuro ou maquetes industriais. Paralelamente, está em fase de homologação um kit baseado em microcontrolador, capaz de dar autonomia ao objeto controlado, ou seja, este kit será desconectado do computador para realizar tarefas pré-programadas, de acordo com as respostas dos sensores a estímulos externos. O objetivo é atender à demanda de cursos superiores de engenharia e computação

com custo inferior a R\$100,00 (cem reais). Com relação aos kits proprietários o investimento dos kits básico e autônomo representam, respectivamente, 2,9% e 13,9% do valor do kit proprietário mais barato, viabilizando a utilização também em escolas públicas.

## Referências

- [Benitti et al. 2009] Benitti, F. B. V., Vahldick, A., Urban, D. L., Krueger, M. L., and Halma, A. (2009). Experimentação com Robótica Educativa no Ensino Médio: ambiente, atividades e resultados. In *Anais do XXVII Congresso da SBC - XV Workshop de Informática na Escola*, Bento Gonçalves, RS, Brasil.
- [Cesar 2004] Cesar, D. R. (2004). Robótica Livre: Soluções tecnológicas livres em ambientes informatizados de aprendizagem na área da Robótica Pedagógica. In *Simpósio sobre Trabalho e Educação*, São Paulo, SP, Brasil.
- [Cesar 2010] Cesar, D. R. (2010). Projeto robótica livre. <http://www.roboticalivre.org>.
- [Cesar and Bonilha 2007] Cesar, D. R. and Bonilha, M. (2007). Robótica Livre: Implementação de um Ambiente Dinâmico de Robótica Pedagógica com Soluções Tecnológicas Livres no CEFET em Itabirito - Minas Gerais - Brasil. In *Anais do XXVII Congresso da SBC - XIII Workshop de Informática na Escola*, São Paulo, SP, Brasil.
- [Cruz et al. 2008a] Cruz, M. E. J. K., Haetinger, W., and Horn, F. (2008a). Desenvolvimento e comercialização de kit de robótica educativa, através de parceria universidade-empresa. In *Anais do XXVIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção. A Integração de Cadeias Produtivas com a Abordagem da Manufatura Sustentável*.
- [Cruz et al. 2008b] Cruz, M. E. J. K., Haetinger, W., and Horn, F. (2008b). Formação de Licenciados em Computação no Brasil - Desenvolvimento e utilização do ROBOKIT. In *Anais do X Simposio Internacional de Informática Educativa - (SIIE'08)*, pages 289–294. Salamanca: Ediciones Universidad de Salamanca.
- [Filho and Gonçalves 2008] Filho, D. M. and Gonçalves, P. (2008). Robótica Educativa de Baixo Custo: Uma Realidade para as Escolas Brasileiras. In *Anais do XXVIII Congresso da SBC - XIV Workshop de Informática na Escola*, Belém, PA, Brasil.
- [Garcia et al. 2007] Garcia, E., Jimenez, M., De Santos, P., and Armada, M. (2007). The Evolution of Robotics Research. *IEEE Robotics and Automation Magazine*, 14(1):90–103.
- [Lopes and Fagundes 2006] Lopes, D. Q. and Fagundes, L. C. (2006). As Construções Microgenéticas e o Design em Robótica Educacional. *Revista Novas Tecnologias na Educação - VIII Ciclo de Palestras Novas Tecnologias na Educação*, 4(1).
- [Lopes et al. 2008] Lopes, D. Q., Fagundes, L. C., and Biazus, M. C. (2008). Robótica Educacional: técnica e criatividade no contexto do Projeto Um Computador por Aluno. In *Anais do XIX Simpósio Brasileiro de Informática na Educação da SBC*, Porto Alegre, RS, Brasil.
- [Miyagi and Villani 2004] Miyagi, P. E. and Villani, E. (2004). Mecatrônica como solução de automação. *Revista Ciências Exatas*, 9/10(1-2):53–59.
- [Papert and Harel 1991] Papert, S. and Harel, I. (1991). Situating constructionism. In Papert, S. and Harel, I., editors, *Constructionism*, chapter 1. Ablex Publishing Corporation, Norwood, NJ.
- [Silva et al. 2008] Silva, A. F., Silva, A. A. R. S., Gonçalves, L. M. G., Guerreiro, A. M., Dennis, B.-A., and Barros, R. P. (2008). Utilização da Teoria de Vygotsky em Robótica Educativa. In *Anais do IX Congresso Iberoamericano De Informatica Educativa*.