

Desenvolvimento de Ambientes de Aprendizagem Baseados no Uso de Dispositivos Robóticos, publicado nos Anais do X Simpósio Brasileiro de Informática na Educação – SBIE99 “As Novas Linguagens da Tecnologia na Aprendizagem”, Universidade Federal de Paraná – UFPR, Curitiba – PR de 23 a 25/11/99.

DESENVOLVIMENTO DE AMBIENTES DE APRENDIZAGEM BASEADOS NO USO DE DISPOSITIVOS ROBÓTICOS

João Vilhete Viegas d’Abreu

Universidade Estadual de Campinas - Unicamp
Núcleo de Informática Aplicada à Educação - Nied
jvilhete@obelix.unicamp.br

RESUMO

O ambiente de aprendizagem baseado em dispositivos robóticos consiste em desenvolver atividades de robótica pedagógica em situações onde os mais variados tipos de robôs podem ser utilizados com propósitos educacionais. Este tipo de ambiente, não existe pronto é preciso criá-lo e desenvolver metodologias para a sua utilização. Este artigo aborda a implementação de dispositivos robóticos. Utilização do sistema LEGO-Logo e Robix no curso de Mecatrônica, na Unicamp e, experiências em desenvolvimento, em algumas universidades, na área de robótica.

INTRODUÇÃO

Dois enfoques podem ser dados na elaboração de ambientes de aprendizagem baseados no uso de dispositivos robóticos. Primeiro enfoque, o mais tradicional, centrado na utilização de robôs com características puramente técnico-industrial, onde a robótica é definida como o conjunto de conceitos básicos de mecânica, cinemática, automação, hidráulica, informática e inteligência artificial, envolvidos no funcionamento de um robô (Usategui & Leon, 1986). Neste caso, do ponto de vista conceitual, o robô, é um manipulador reprogramável e multifuncional, projetado para manipular material, peças ferramentas ou dispositivos especializados, por meio de movimentos variáveis programados para o desempenho de uma variedade de tarefas (Alves, 1988). Aí, o propósito da construção de um conhecimento mais específico na área de robótica industrial envolve análise mecânica de juntas e elos, sistemas de controle e sensores, visão de máquina, projeto de órgãos terminais, garras etc. (Groover *et alli*, 1989).

Segundo enfoque, é o que pode ser chamado de pedagógico-educacional, onde a idéia central é propiciar ambientes de aprendizagem baseados em dispositivos robóticos que permitem a construção do conhecimento nas diferentes áreas das ciências. Neste enfoque, a robótica pedagógica pode ser definida como a utilização da robótica industrial num contexto onde as atividades de construção e controle de dispositivos, usando kits de montar ou outros materiais, propicia o manuseio de conceitos de ciências em geral num ambiente de sala de aula, nos diferentes níveis de ensino.

As nossas atividades na área de robótica pedagógica se situam neste segundo enfoque, onde o objetivo, é propiciar condições ao usuário/aprendiz, para que no processo de

montagem e controle robôs, que podem ser máquinas ou animais, conceitos de ciências em geral sejam aprendidos.

Neste contexto, o que tem se verificado atualmente e, que já está se tornando prática em algumas Universidades, sobretudo, nas Faculdades de Engenharia e Ciências de Computação, é uma mudança do primeiro para o segundo enfoque, na medida em que este propicia a formação de profissionais com uma visão de conhecimento mais ampla. Um exemplo disso é o curso de Engenharia de Controle e Automação (Mecatrônica) da Universidade Estadual de Campinas - Unicamp implantado a partir do ano de 1998, que pretende formar engenheiros com habilitação em Controle e Automação capazes de atuar na interface entre o sistema produtivo e o sistema gerencial de empresas. Espera-se que estes engenheiros tenham uma formação interdisciplinar com conhecimentos nas áreas de mecânica, eletrônica, instrumentação industrial, informática, controle e gestão da produção. Isso possibilitará, a este profissional, elaborar estudos e projetos, bem como participar da direção e fiscalização de atividades relacionadas com o controle de processos e a automação de sistemas industriais. O objetivo aqui é a formação de um profissional apto a atender às crescentes e variáveis demandas impostas pelas alterações tecnológicas, sociais e econômicas que vêm acontecendo, neste final do Século XX, e que certamente acontecerão de forma mais intensa e acentuada no Século XXI. É aí, que acreditamos, que ambientes de aprendizagem baseados no uso de dispositivos robóticos exerce um papel importante no processo de formação deste profissional.

IMPLEMENTAÇÃO/CONSTRUÇÃO DE ALGUNS DISPOSITIVOS ROBÓTICOS

Na implementação de dispositivos controlados através do computador com finalidades educacionais, três componentes importantes no *design*¹ destes dispositivos devem ser ressaltados. Primeiro, a **construção** em si, que no nosso caso significa criar, de forma simples, algo que seja passível de ser interfaceado com o computador. Segundo, a **elaboração do programa** que controla o dispositivo. Por exemplo, o programa deve apresentar características pedagógicas que permitam ao aluno descrever, de forma simples e rápida, para o computador o funcionamento de um certo objeto (robô)². Terceiro, a **metodologia de utilização** do dispositivo, deve ser desenvolvida de modo a permitir o uso do dispositivo com uma determinada finalidade. Ela deve possibilitar também, diversificar e expandir a utilização do computador no ambiente educacional, propiciando assim o manuseio de conceitos científicos nas mais variadas áreas do conhecimento (d'Abreu, 1995).

Estes três componentes, de *design* são partes intrínsecas do nosso trabalho, no que tange ao desenvolvimento das atividades de robótica pedagógica. Resumidamente eles podem ser descritos assim:

Construção do Dispositivo Robótico

Consiste na implementação de circuitos, interfaces eletrônicas e do robô propriamente dito que, após construído, deverá ser capaz de obedecer comandos emitidos pelos usuários via teclado, cartões com códigos pré-estabelecidos, sinais de rádio ou virtualmente pela Internet.

¹Dentre as várias definições usadas para esta palavra, prefiro defini-la como sendo a construção de algo que pode ser utilizado por outras pessoas na resolução de um problema. Este algo pode ser: idéias, objetos, ferramentas, processos, produtos etc.

²Robô não como um dispositivo automático adaptável a um meio complexo, substituindo ou prolongando uma ou várias funções do homem (Martins, 1993). Mas sim, como um dispositivo que ao ser implementado ou controlado pelo aluno, o ajudará a construir seus conhecimentos.

A construção de um dispositivo envolve, algumas heurísticas como: dividi-los em partes algumas vezes, outras vezes entendê-los primeiro num nível macro e depois em detalhes; montagem de protótipos, etc. Estas heurísticas fazem da construção uma atividade de *design*. Um dos dispositivos robóticos que construímos usando esta abordagem é a Tartaruga Mecânica Logo. A Tartaruga Mecânica constitui-se de dois motores de passo e um solenóide montados sobre um carro com o formato de uma pequena tartaruga. Ela reproduz de, forma simultânea no solo, os desenhos produzidos pela Tartaruga de tela do Logo.

Elaboração do Programa de Controle do Dispositivo Robótico

A elaboração do programa pode se dar em dois níveis diferentes. Primeiro, seria o que podemos chamar de elaboração mais simplificada. Neste caso, a partir de software já existente, que possui comandos para comunicação com o dispositivo robótico procedimentos específicos, são elaborados, para a execução de uma determinada ação. Segundo, seria uma elaboração mais aprofundada. Neste caso, o nível de complexidade de programação aumenta na medida em que, a partir do um determinado software, deve ser criado para o controle do robô. Um exemplo deste tipo de elaboração é o trabalho Claus Bjerre, Jes Hvoldal e Michael Nielsen citado neste artigo. Outro exemplo é o desenvolvimento do SLogoW³, na implementação de comandos para controle dos componentes elétricos, em geral e, em especial controle de componentes elétricos LEGO (motores, sensores e luzes). Isto tem significado a criação de novas funções primitivas Logo, guardando todas as características educacionais da linguagem Logo original.

Metodologia de Utilização do Dispositivo Robótico

O desenvolvimento da metodologia de utilização do dispositivo guarda uma certa sutileza, na medida em que ele deve ser a síntese da construção e da elaboração do programa de controle. Ou seja, a metodologia de uso é a concretização dos dois. Esta concretização no entanto, não depende somente da implementação do hardware ou do software em si, que são partes do dispositivo. Em outras palavras: não basta fazer o dispositivo mais sofisticado. Só isso é muito pouco. É preciso desenvolver algo que não é parte do dispositivo, mas que é fundamental para que seu uso provoque alguma mudança no processo de aprendizagem. Isso depende de toda uma mudança de postura do professor na utilização do dispositivo com o objetivo de construir o conhecimento. O enfoque da metodologia a ser desenvolvida deve centrar-se na implementação de ambientes de aprendizagens rico em situações que permitem ao aluno construir o seu conhecimento, através do uso do computador e dos dispositivos robóticos. A metodologia deve propiciar subsídios para uma diversificação, diferenciação e expansão na forma de aquisição e manuseio de conceitos.

UM AMBIENTE DE ROBÓTICA PEDAGÓGICA: UTILIZANDO O SISTEMA LEGO-LOGO E ROBIX

A interação LEGO-Robix é um ambiente de robótica pedagógica que tem sido usado para montagem/simulação de linha de produção de uma fábrica que utiliza sistema automatizado de produção, onde a Parte Operativa é feita usando montagens LEGO e a Parte Comando é feita usando a linguagem de programação Logo e programa controle de Robix.

O Sistema LEGO, na versão que possui componentes elétricos e peças mecânicas que possibilitam montagem de dispositivos que se movimentam, os alunos de graduação do curso

³ O Super Logo (SlogoW) é uma versão da Linguagem Logo, para Windows 95, desenvolvida pela Universidade de Berkley (EUA), traduzida para o português pelo Núcleo de Informática Aplicada à Educação - Nied/Unicamp.

de engenharia mecânica da Unicamp construíram basicamente máquinas similares as utilizadas nas fábricas como: esteira rolante, mesa rotativa, fresadora, etc..

Com o Sistema Robix, um braço mecânico, que combina as características de robótica de nível industrial com facilidades de ser usado com propósito educacional, foi possível fazer a integração entre as diferentes células da linha de produção. A automação dos dispositivos montados com LEGO foi feita por meio de microcomputadores utilizando a linguagem Logo, num ambiente chamado de LEGO-Logo⁴. Neste caso, programas elaborados – cuja descrição reflete o comportamento do funcionamento dos dispositivos – controlavam os componentes elétricos (motores, sensores e lâmpadas) LEGO. A automação do Robix era feita utilizando programas específicos desenvolvidos na linguagem C para comando de servo-motores que controlam os movimentos do Robix. Este tipo de utilização de dispositivos tem denotado uma forma diferenciada de se trabalhar no ambiente de robótica educacional.

Do ponto de vista pedagógico educacional, a grande vantagem existente na simulação de uma linha de produção utilizando estes materiais está em podermos propiciar aos alunos um ambiente de chão de fábrica dentro de um laboratório da universidade. No que diz respeito ao sistema automatizado de produção, a Parte Operativa de uma fábrica é específica, inerente somente a ela. E, neste caso, tanto LEGO quanto Robix permitem montar células de produção com diferentes configurações "simulando" diferentes linhas de produção. Para uma determinada fábrica, embora a Parte Operativa seja específica, utilizando componentes LEGO, temos condições de, diversificar a montagem e a disposição das diferentes células de produção desta. Isto se constitui em uma vantagem pedagógico-educacional, na medida em que diferentes abordagens e hipóteses podem ser apresentadas e estudadas a medida que as configurações se alteram. Isso tem propiciado o desenvolvimento de estratégias para resolução de problemas.

Ainda no que diz respeito ao sistema automatizado de produção, a utilização tanto do LOGO quanto da linguagem de programação do Robix tem a vantagem de que os conceitos aplicados são genéricos. Ou seja, não deixam nada a desejar com relação aos conceitos utilizados numa indústria. Bastando, para tanto, adaptá-los à realidade da indústria em questão. Do ponto de vista pedagógico educacional isso representa um ganho.

Na montagem das células de produção com o LEGO, o ambiente tem permitido a utilização de peças mecânicas e conseqüentemente dos princípios mecânicos necessários para construção de algumas máquinas. Na automação, o ambiente tem permitido a descrição, a elaboração e a estruturação de programas para o computador. No controle da operação da linha de produção como um todo, o ambiente tem permitido que conceitos importantes de sobre sistemas automatizados de produção sejam manuseados.

⁴O ambiente LEGO-Logo consiste de um conjunto de peças LEGO que permite a montagem de objetos (máquinas e animais) e de um conjunto de comandos da linguagem de programação Logo. Através do Logo é possível elaborar programas para controlar os objetos LEGO. Uma das formas de comunicação entre o objeto LEGO e o computador é por intermédio de uma interface eletrônica.

Usando peças do LEGO como engrenagens, eixos, roldanas, polias, rodas, motores, lâmpadas, sensores etc. é possível a construção de diversos objetos como carros, elevadores, esteiras rolantes, cavalos, centopéias etc.. No processo de construir máquinas e animais os alunos podem aprender um pouco mais sobre o comportamento destes objetos. A elaboração de programas que controlam estas máquinas e animais utiliza comandos que acionam luzes, motores e sensores conectados nos objetos (robôs) que estão fora do computador.

A utilização do ambiente LEGO-Logo em integração com o Robix tem possibilitando, no curso de graduação em Automação e Controle (Mecatrônica) desenvolver atividades, num laboratório da universidade muito próximos a realidade da fábrica. Com isso, estamos iniciando a construção de um ambiente de ensino e aprendizagem que nos propiciará, de forma concreta, realizar a Engenharia de Integração, onde diferentes tipos de dispositivos robóticos podem ser integrados e utilizados com finalidades educacionais. A interação LEGO Robix permitiu a montagem de um ambiente de simulação de uma linha de produção de uma fábrica, utilizando um sistema automatizado de produção, como a descrita a seguir:

Linha de produção composta de três postos :

O primeiro posto (Figura 1.), é uma esteira rolante alimentadora de peças cuja montagem utilizou sensores de luz, lâmpadas motores e outros elementos mecânicos. O segundo posto (Figura 2.), é um braço mecânico, o Robix que retira peças. O terceiro posto (Figura 3.), é uma mesa rotativa para trabalho de peças.

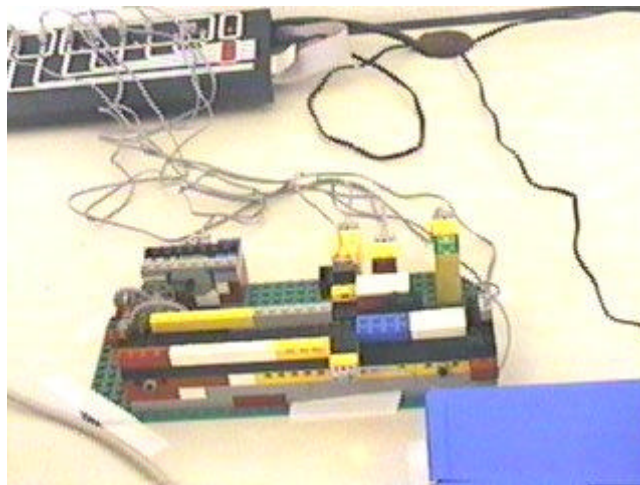


Figura 1 - Esteira rolante alimentadora de peças

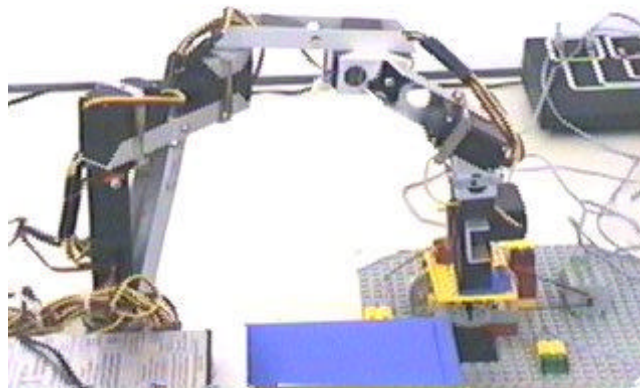


Figura 2 - Braço mecânico, Robix

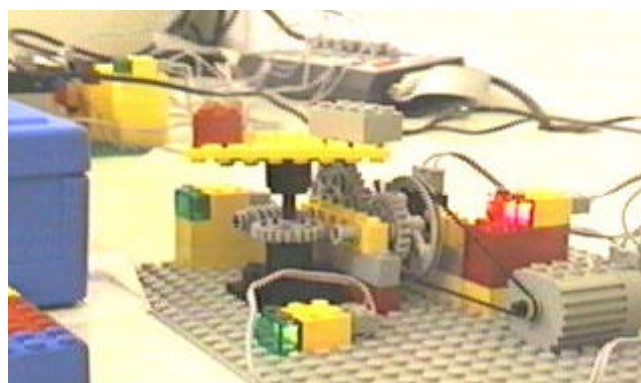


Figura 3 - Mesa giratória para trabalho de peças

Quando a linha de produção entra em operação, após retirada uma peça da esteira para a mesa, pelo Robix, automaticamente a esteira se movimenta colocando uma nova peça na posição para ser retirada. Enquanto a primeira peça colocada na mesa está sendo trabalhada a segunda é colocada na esteira. Ao término do trabalho na primeira peça a mesa faz um giro de 180°, a peça trabalhada é retirada e colocada numa caixa. Todo o processo de colocar e retirar peças é feito de forma automática pelo braço mecânico Robix. A operação é feita seqüencialmente de tal forma que sobre a mesa sempre existam duas peças, uma trabalhada e outra em trabalho. Além disso, a linha pode ser programada para processar lotes diferentes de peças. Por exemplo, para processar cinco lotes de duas peças, após retiradas as dez peças, pelo braço mecânico, a décima primeira peça será rejeitada automaticamente pela esteira.

Este tipo de atividade aborda alguns aspectos do funcionamento de uma célula de produção.

No controle da operação da linha de produção, como um todo, conceitos teóricos importantes sobre sistemas automatizados de produção, apresentados na sala de aula pelo professor, são manuseados pelos alunos no laboratório. Com este tipo de atividade, onde se integra diferentes dispositivos para se criar a célula de produção, os alunos aprendem/manuseiam conceitos importantes de Engenharia de Integração e de Sistema Automatizado de Produção-SAP. Estas atividades têm apresentado algumas características interdisciplinares na medida em que possibilitam a integração sinérgica da engenharia mecânica com a eletrônica e o controle por computador, do projeto e da manufatura de produtos. Isso certamente contribuirá para a formação de profissionais habilitados a projetar e a produzir produtos inteligentes baseados em microprocessadores e sistemas de controle. O engenheiro formado nesta área terá como campo de trabalho essencialmente a indústria de processos de manufatura, segmento em que se encontram as metalúrgicas e as fábricas de auto-peças, por exemplo. Portanto, é importante na formação, deste profissional, que ele aprenda a elaborar estudos e projetos, bem como participar da direção, organização, fabricação e fiscalização de atividades relacionadas com o controle de processos e a automação de sistemas produtivos. Isto é, que ele seja capaz de harmonizar soluções e equipamentos que integram as áreas de: mecânica, elétrica, eletrônica, computação, automação, *design* de produtos, gerenciamento da produção, etc..

Experiências em desenvolvimento em instituições que atuam na área de robótica

No que diz respeito ao uso de robótica, num levantamento rápido realizado na Internet, verifica-se que existem algumas experiências similares a nossa, no uso de LEGO, sendo desenvolvida em universidades. Além disso, existem várias empresas que comercializam produtos na área de robótica, que apresentam propostas de uso destes tanto para fins educacionais e também como *hobby*. A seguir apresento experiência de quatro universidades no uso de LEGO com finalidades educacionais.

Projeto do departamento da Ciência de Computação da Universidade de Aarhus

<http://www.daimi.au.dk>

É uma tese de mestrado, escrita por (Bjerre *et alli*, 1999) alunos do departamento de Ciência de os estudantes na Universidade de Aarhus. O trabalho deles consistiu em desenvolver um cachorro-robô, usando como componente principal o LEGO *Midstorm*⁵. O cachorro-robô é capaz de interagir inteligentemente com o ambiente como um cachorro real. Ele tem capacidade para entender comandos falados, determinar a fonte do som, e responder inteligentemente ao comando, dependendo do seu humor. A tese descreve como as abordagens de aproximações evolutivas e comportamento baseado, podem ser combinadas na implementação de sistemas de controle auto-adaptáveis. Neste trabalho, foram criados comportamentos básicos, para o cachorro-robô usando evolução de cadeias de redes neurais, em um ambiente simulado que roda em um sistema evolutivo paralelo.

Universidade de Lancaster na Inglaterra

<http://info.comp.lancs.ac.uk/com120/introduction.htm>

O COM120 é uma disciplina do curso de ciência da Universidade de Lancaster. Esta disciplina é dividida em 2 módulos: Internet e *Application Design*, sendo que a ênfase da última é a programação. Neste módulo, eles utilizam 3 diferentes recursos: ROBOLAB (Kit de programação para o LEGO), QBasic e Visual Basic. O LEGO e ROBOLAB são utilizados para dar uma noção de programação. As atividades são desenvolvidas, por sessões, com aulas práticas no laboratório. Cada sessão tem algumas tarefas a serem cumpridas e os alunos trabalham em grupos de 5. São 30 alunos divididos em 6 grupos de 5 e têm 6 robôs. As tarefas variam desde fazer o robô andar para frente por alguns segundos até a construção de uma linha de montagem onde componentes são colocados em um *container* e, quando este está cheio, os componentes devem ser colocados em outro lugar.

Laboratório de Estudos Cognitivos da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (LEC-UFRGS)

<http://www.psico.ufrgs.br/lec/repositorio/robot/>

As atividades do LEC na área de robótica educacional enfocam a possibilidade de se criar ambientes de aprendizagem onde se possa refletir sobre a própria aprendizagem. Neste sentido, um dos objetivos do ambiente LOGO, por exemplo, é o de favorecer situações onde ocorram tomadas de consciência sobre os próprios processos cognitivos. Um dos trabalhos desenvolvidos no LEC na área robótica na educação enfatiza a possibilidade de se pensar sobre a própria aprendizagem (Petry, 1996). Além disso, o trabalho do LEC aborda outras áreas de conhecimento tais como: Artes Cibernética e Tecnologia de Controle, *Design*, Física, Matemática, Motricidade, Problemas Sistêmicos e Vida Artificial.

Sistema LEGO para Aquisição de Dados e Geração de Protótipos

<http://ldaps.ivv.nasa.gov>

É um projeto da universidade de Tufts que tem por objetivo introduzir o estudo da engenharia de jardim de infância até o segundo ano da faculdade. Eles desenvolveram uma série de drives (software) que permitem a comunicação com o sistema LEGO Dacta usando o programa LabVIEW, desenvolvido pela National Instruments. LabVIEW é uma linguagem de programação gráfica que pode ser usado por estudantes de jardim de infância até a universidade. Uma das idéias do projeto é mudar a forma como se ensina ciências na escola primária. Para tanto, estão integrando a disciplina ciências como as outras disciplinas dos cursos do aluno, buscando introduzir os conceitos técnicos de engenharia a partir do jardim de infância. Neste projeto, o professor desenvolve com os alunos atividades que envolvem: como

⁵Mindstorm, (RCX) é um tijolo programável da LEGO que possui 3 entradas para sensores, 3 saídas para motor, luz e buzina, e um transmissor infra-vermelho, que permite a comunicação com o microcomputador.

as máquinas funcionam, correção de defeitos em montagens LEGO, estudo da história da engenharia, relação de engrenagens e matemática, sistemas de engenharia, etc..

CONCLUSÃO

Ambientes de aprendizagem baseado no uso de dispositivos robóticos tem possibilitado, de forma, simples, econômica, rápida e segura, disponibilizar recursos tecnológicos para a aprendizagem, não só de robótica, mas de ciências de uma maneira geral. Isso tem propiciado criar situações de aprendizagens onde os alunos podem, avaliar resultados, experimentar idéias e testar hipóteses, de uma forma rápida barata e segura.

A utilização de dispositivos robóticos tem criado uma interação homem-máquina diferente, na medida em que o ambiente de programação se torna mais rico e mais desafiante. Desenvolver atividades de robótica requer um processo de depuração mais amplo, envolvendo projeto, construção/montagem e elaboração programas que controla o robô. Isso amplia a gama de desafios que o aluno tem que vencer. Ao desenvolver atividades, em grupo, no ambiente de robótica geralmente existe um bom relacionamento e cooperação entre os parceiros o que propicia sucessos na aprendizagem (Lomônaco, 1997). Um outro aspecto importante a se considerar, é a questão da interdisciplinaridade inerente a atividade de montar e controlar robôs via computador.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVES, J. B. M., *Controle de Robô* Câmara Brasileira do Livro, São Paulo, 1988.
- BJERRE C. & HVOLDAL J. *et alli*, *Adaptive Pet Robots*, Master Tese, University of Aarhus, Department of Computer Science, <http://www.daimi.au.dk>, 1999.
- D'ABREU, V. V. J., Design de Dispositivos: uma Abordagem Interdisciplinar. *Anais do VII Congresso Internacional Logo / I Congresso de Informática Educativa do Mercosul*. Porto Alegre, UFRGS, 1995.
- GOORVER M. P. & WEISS M. *et alli*, *Robótica Tecnologia e Programação*. McGraw-Hill, São Paulo, 1988.
- LOMÔNACO B. P. *Aprender: Verbo Transitivo*. A Parceria Professor-Aluno na Sala de Aula. Plexus, São Paulo, 1997.
- MARTINS, A. *O Que É Robótica*. Brasiliense, São Paulo, 1993.
- PETRY, P. P. Processos Cognitivos de Professores Num Ambiente *Construtivista de Robótica Educacional*. Dissertação de Mestrado, UFRGS, Instituto de Filosofia e Ciências Humanas, Rio Grande do Sul, 1996.
- USATEGUI & LEON, *Guia Fácil de Robótica*, Paraninfo, 1986