

## UTILIZAÇÃO DO KIT LEGO MINDSTORMS COMO AUXÍLIO NO ENSINO DE CONTROLE E AUTOMAÇÃO

**Alan P. S. Silva** – alanparanhos@hotmail.com

**Matheus M. Hafner** – mmhafner@msn.com

**Ione S. Santos** – ione.eps@gmail.com

**Igor K. Kamiya** – ikenji7@hotmail.com

**Luiza M. Guterres** – luguterres\_26@hotmail.com

**Maruedson P. Martins** – maruedson01@yahoo.com

Universidade Estadual de Santa Cruz

Campus Soane Nazaré de Andrade, km 16 Rodovia Ilhéus-Itabuna

CEP 45662-900 – Ilhéus – Bahia

**Resumo:** Na última década pode-se notar um avanço econômico e tecnológico, que impulsiona o aperfeiçoamento dos sistemas produtivos, onde as técnicas de controle e automação são algumas das mais usadas para a evolução destes sistemas. Porém as instituições de ensino vêm encontrando dificuldades no ensino destes temas, devido ao fato dos equipamentos que auxiliam na aprendizagem serem de alto custo de aquisição, manutenção e necessitarem de conhecimento prévio de algumas disciplinas, como eletrônica e linguagens de programação. Por estes motivos, as universidades alocam as matérias relacionadas a controle e automação no final dos cursos de Engenharia. Este trabalho busca demonstrar a utilização do kit LEGO Mindstorms como alternativa à introdução destes temas nos períodos iniciais destes cursos, com objetivo de motivar e envolver os estudantes neste processo de aprendizagem.

**Palavras-chave:** Controle, Automação, Lego, Mindstorms, PET-CA

### 1 INTRODUÇÃO

Com o desenvolvimento econômico e a popularização dos computadores, foi possível o avanço de diversas metodologias de ensino e aprendizagem. Neste contexto, uma tecnologia que também vem sendo muito utilizada é a robótica pedagógica que por suas características abrange condições de ensino interessantes e motivadoras, no momento em que coloca os estudantes diretamente em contato com a construção do robô, criando desta forma uma aprendizagem ativa.

Muitas pesquisas indicam a robótica pedagógica como sendo uma ferramenta que envolve questões multidisciplinares, portanto uma ferramenta bastante educativa, onde estimula os conceitos de “aprender fazendo” e “aprender apreciando”. Desta forma, o Kit Mindstorms (MINDSTORMS, 2011) da plataforma LEGO aparece como uma interessante maneira de conseguir superar desafios que se referem a vários domínios do conhecimento.

O kit LEGO Mindstorms vem como uma alternativa de baixo custo, na introdução do ensino dos temas de controle e automação nos períodos iniciais dos cursos de engenharia, onde os aparelhos convencionais utilizados para ensino desses temas requerem um alto custo de aquisição e o conhecimento prévio de algumas disciplinas, como eletrônica e linguagens de programação.

Além disto, devido às características inerentes a plataforma LEGO Mindstorms, como reutilização, divisão em módulos, flexibilidade e custo-efetivo, torna-se uma ferramenta bastante útil, melhorando a aprendizagem de diversas áreas do conhecimento (BAGNALL, 2007).

A área de controle e automação baseia-se na modelagem de sistemas de diversas naturezas, analisando o seu comportamento dinâmico, e usando a teoria de controle para calcular os parâmetros de um controlador que faça o sistema evoluir da forma desejada e adaptativa às mudanças do ambiente.

Sendo assim, para obter uma automação adequada de um sistema é necessário ter uma visão global do processo produtivo, o que faz o profissional da área usar informações que relacionem áreas de conhecimento distintas, como é o caso das engenharias e das ciências da computação.

Os conhecimentos de controle e automação têm suas aplicações na indústria de processo em geral, tais como na indústria química, petroquímica, alimentícia, têxtil, de celulose e de saneamento, uma vez que nos processos químicos que decorrem ao longo do percurso produtivo numa planta industrial, é necessário controlar o comportamento das variáveis que interferem na qualidade dos produtos de acordo com padrões pré-estabelecidos. Aliado a isto, todos os ramos da automação discreta tais como na manufatura se beneficiam das técnicas de controle, entre as aplicações neste ramo da indústria está a robótica industrial, usinagem de peças, controle de motores, entre outras.

Assim, pode-se afirmar que a tecnologia de controle e automação gerou um grande aumento na competitividade nas mais diversas áreas enquanto que a automatização dos processos aumentou significativamente a produtividade e qualidade dos produtos.

Este artigo trata da introdução do kit LEGO Mindstorms no ensino de Controle e Automação no Programa de Educação Tutorial – Controle e Automação (PET-CA), onde visa desenvolver uma metodologia de ensino utilizando o kit na montagem e desenvolvimento da rotina aplicada ao robô.

## **2 PET-CA**

O Programa de Educação Tutorial foi criado como apoio às atividades acadêmicas que integram ensino, pesquisa e extensão, sendo formado por grupos de trabalho, nos quais os alunos são designados de acordo com a sua aptidão e desejo próprio. Este proporciona aos estudantes participantes a realização de atividades extracurriculares, que são realizadas sobre a supervisão de um tutor, e complementam a formação acadêmica do estudante e atendem as necessidades dos seus cursos de graduação. (MEC, 2011)

O PET-CA da Universidade Estadual de Santa Cruz (UESC) atua gerando uma rica aprendizagem interpessoal e uma ampla formação acadêmica a alunos do curso de Engenharia de Produção e Sistemas e de Ciência da Computação. O projeto pretende oportunizar capacitação de alto nível aos seus membros, gerar soluções de ensino das disciplinas envolvidas utilizando instrumentais tecnológicos atuais e inteligentes, formar cidadãos com espírito empreendedor, e estender os benefícios e resultados obtidos à sociedade.

Com base no desenvolvimento e melhoria do ensino, o grupo desenvolve trabalhos com os kits LEGO, a fim de elaborar e desenvolver metodologias que auxiliem os professores no ensino de controle e automação, alguns desses trabalhos podem ser visualizados na “Figura 1”.



Figura 1 – Trabalhos realizados por alunos do PET utilizando o kit LEGO

Desta forma, o programa foi criado para contribuir para formação dos alunos envolvidos, visto que a maioria dos cursos de engenharia e de ciência de computação não consegue fazer com que o aluno tenha uma experiência prática na área de controle e automação. Fazendo com que o aprendizado de tópicos avançados nesta área exija a aplicação de novos métodos de ensino.

### 3 PLATAFORMA LEGO MINDSTORMS

Na introdução do ensino de Controle e Automação é necessário que os recursos computacionais possuam algumas características especiais. Como tamanho reduzido, dispositivos para entrada e saída de dados e independência energética.

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 USB ou através de comunicação via Bluetooth. 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).

Tendo em vista o protótipo do primeiro bloco programável, foi desenvolvido o conjunto de robótica educacional LEGO Mindstorms, que pretendia suprir a necessidade de um setor lógico que auxiliaria na criação de um dispositivo automatizado, com funcionamento autônomo e independente do computador pessoal. Este conjunto de robótica é comercializado pela empresa LEGO cuja utilização de dispositivos de computação embarcada 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; Steffen, 2002; Vallim, 2000).

Além do tamanho reduzido do bloco lógico, a flexibilidade e a divisão modular associada à plataforma LEGO Mindstorms permite criar rapidamente diferentes configurações, apresentando uma motivação para o público que está dando seus primeiros passos no mundo da robótica (e especialmente no mundo da robótica móvel), além disso, está adquirindo conhecimentos baseados na técnica de prototipagem rápida (RESHKO et al., 2000).



Neste trabalho utilizou-se o NXT, como o setor lógico do kit que possui quatro entradas (numeradas com números de 1 a 4) e três saídas (indicados com letras de A até C), isto significa que os blocos NXT podem coletar informações do ambiente, através de quatro sensores, e pode acionar três dispositivos de atuação. Os sensores comuns usados por esta plataforma são os sensores infravermelhos, sensores de toque e sensores sonoros, no entanto, é possível obter sensores adicionais para conectar o controlador NXT, tais como sensores de temperatura, explorando a potencialidade do LEGO Mindstorms.

#### 4 APRESENTAÇÃO DO ROBÔ

Antes de falar em controle, deve-se conhecer o robô que foi montado usando um kit LEGO Mindstorms a fim de proporcionar uma melhor interação dos alunos com o robô, ao desenvolver um controle para o mesmo.

Em sua montagem, pensou-se em um robô onde exista uma facilidade de criar um controle, que possua vários sensores que possibilitem automatizar processos e também um robô que chame atenção e desperte a curiosidade dos alunos.

O robô montado possui 3 sensores e 3 motores ligados ao bloco lógico programável da LEGO Mindstorms e é chamado de Spyke. O Spyke foi montado seguindo instruções disponibilizadas no site da LEGO Mindstorms (LEGO Spike, 2011).

O Spyke, que pode ser visto na “Figura 2”, possui a arquitetura de um escorpião, sendo assim, dois de seus motores são responsáveis pelo movimento de suas seis “patas”, três “patas” em cada motor, e o outro motor fica responsável pelo movimento de seu “ferrão”, possui também um sensor ultrassônico que possibilita ver a distância de determinado objeto em sua frente, como também sensor de som, que possibilita reconhecer níveis de som. Não se pode esquecer o sensor de toque localizado na ponta do seu “ferrão”, que possibilita reconhecer se o “ferrão” toca em algo ou não.

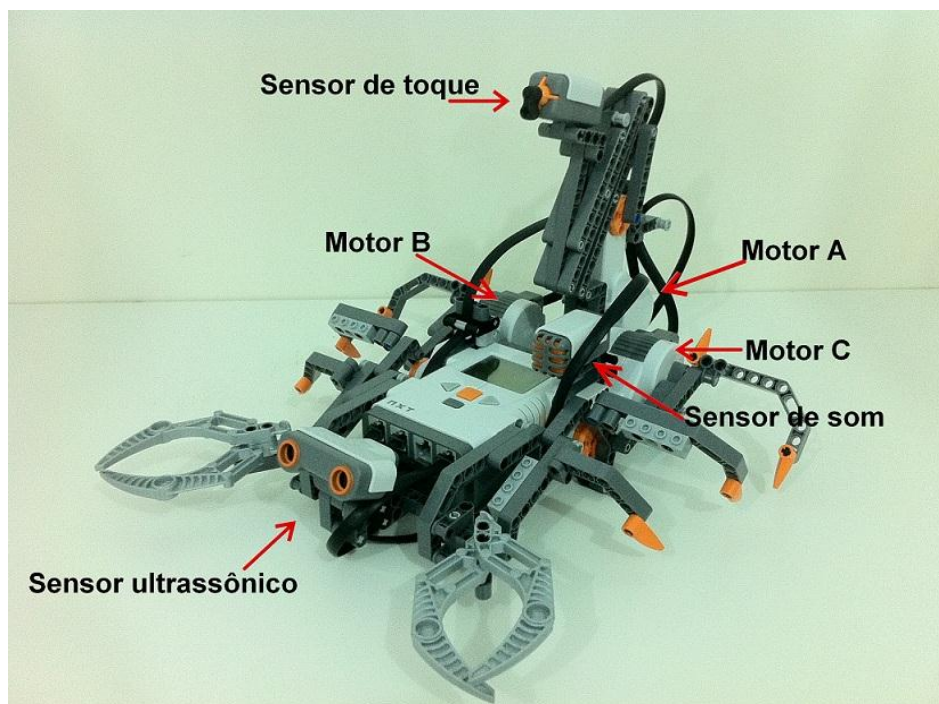


Figura 2 – Estrutura do Spyke

O movimento do “ferrão”, como pode ser visto na “Figura 3”, se dá por 7 peças longas de LEGO, possibilitando alongar ou retrainr através do motor A.

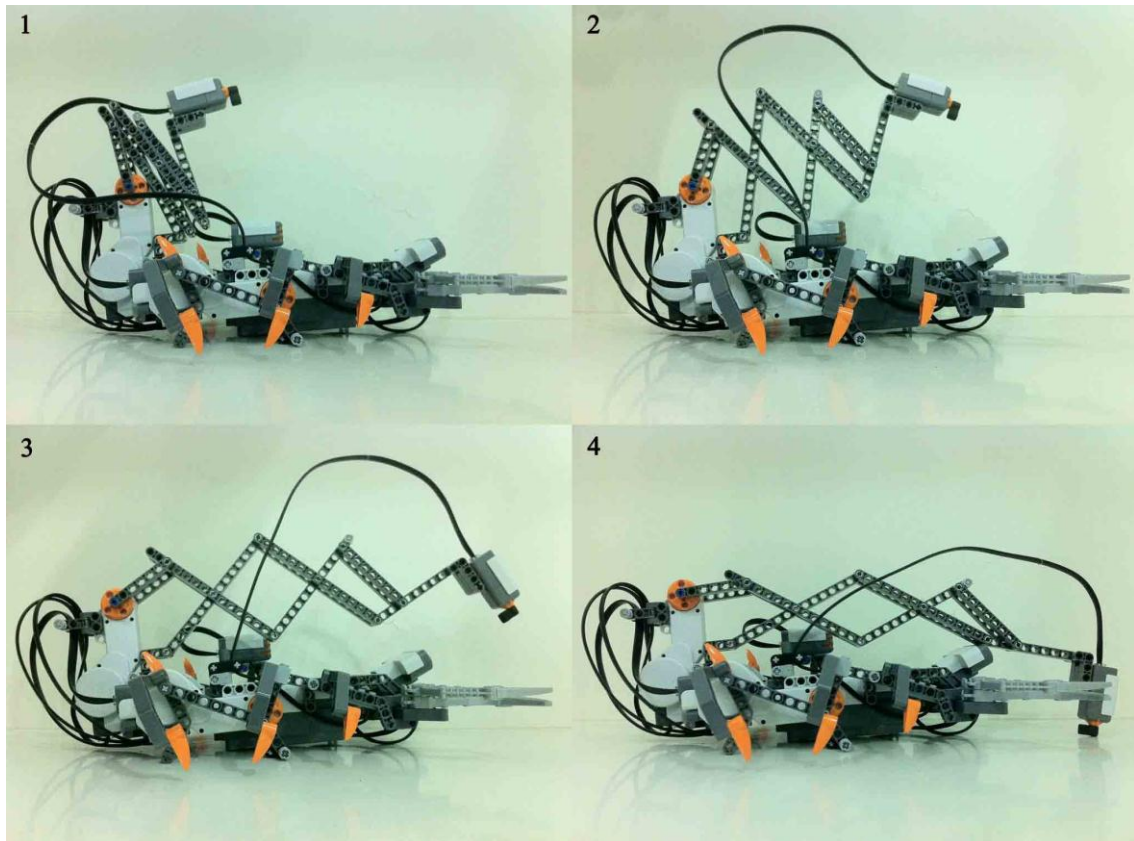


Figura 3 – Movimento do ferrão

Vale ressaltar que suas “patas”, esquerdas ou direitas, são movimentadas simultaneamente, ou seja, ao movimentar uma pata do lado esquerdo, iremos movimentar todas as patas do lado esquerdo, facilitando assim a movimentação do Spyke.

Sabendo da estrutura de montagem do Spyke e de como funcionam os seus movimentos, sensores e motores, pode-se falar sobre o controle do Spyke, que é feito à base de software, e possui uma grande liberdade de movimentos, coletando e enviando dados ao meio exterior.

## 5 PROGRAMAÇÃO EM LEGO

A programação do NXT pode ser executada dentro do ambiente de programação RIS, que é uma ferramenta de programação gráfica fornecida pela LEGO. Essa consiste em blocos funcionais que estão organizados para a construção da programação. O programa de controle é composto por um conjunto de blocos maiores que agem como macros, ou seja, contém vários sub-blocos, cada um executando uma tarefa de controle específica. Por exemplo, já existem blocos pré-definidos para mover o robô para frente por algum tempo, para virar à esquerda ou à direita.

Têm-se também incluído os chamados pequenos blocos de modo que agem como função que podem ser utilizados para controlar algumas funções dos blocos macros, como para controlar a potência dos motores, o som e as comunicações via Bluetooth. A linguagem gráfica RIS permite também construir novos blocos macros que poderão ser reutilizados, ou seja, é possível agrupar um conjunto de ações que serão utilizados mais de uma vez sobre o programa do robô. Ela também contém algumas funções auxiliares, tais como blocos dedicados a realizar repetição e temporização, além de um conjunto de blocos para interagir com os diferentes sensores disponíveis. Além disto, permite o desenvolvimento rápido de programas de robôs.

Apesar de suas vantagens, principalmente quanto à simplicidade e poder de intuição, o software do NXT (NXT SOFTWARE, 2011) impõe limitações aos usuários, isso pode ser visto como uma vantagem já que se trata de um kit para leigos, porém usuários mais avançados, que dominam alguma outra linguagem de programação, sentem a necessidade de mais liberdade para poder inovar, criar novos blocos, funções e usar mais da lógica e da matemática.

Contudo, como este artigo trata da introdução do kit LEGO a estudantes dos primeiros semestres dos cursos de Engenharia, não se vê necessidade de tanta liberdade, já que são alunos com noções básicas de eletrônica e linguagens de programação. Com ele esses alunos desenvolverão curiosidade e vontade de aprender, já que sairão da teoria e partirão para a prática, observando rapidamente o resultado de sua programação e a enorme quantidade de combinações que podem ser feitas com as peças da LEGO.

Uma grande vantagem deste kit é a facilidade de se trabalhar com sensores, que se fossem obtidos na ausência do kit, se faria necessário de um grande conhecimento em eletrônica para confecção de um hardware para controlar os sensores além de conhecimento em linguagens de programação para interagir com o hardware confeccionado.

## 6 ESQUEMA DE CONTROLE DO ROBÔ

Foi desenvolvido um exemplo de esquema de controle, com o intuito de automatizar o Spyke, fazendo-o andar livremente em um ambiente desconhecido, porém antes de conhecer esse esquema, deve-se entender alguns conceitos básicos de um fluxograma, diagrama onde foi desenvolvido o esquema de controle, possibilitando assim maior entendimento do esquema sem noções avançadas do software do NXT.

Um fluxograma é um diagrama que tem como finalidade representar processos ou fluxos de materiais e operações (diagramação lógica, ou de fluxo), sempre tem um início, um sentido de leitura, ou um fluxo e um fim. Alguns símbolos básicos são usados na construção de qualquer fluxograma, porém eles podem variar. A “Figura 4” mostra os símbolos usados no esquema de controle e seus respectivos significados.

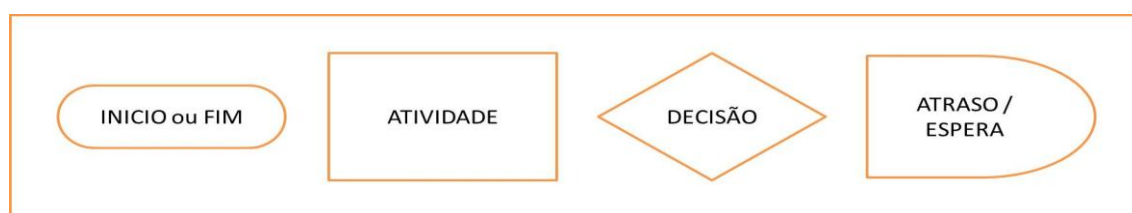


Figura 4 – Elementos de um Fluxograma

O círculo alongado indica início ou fim do fluxo, no retângulo são inseridas as ações, o losango representa questões/alternativas, onde sempre terá duas saídas (verdadeiro ou falso) e o semicírculo alongado indica um atraso no fluxo, para melhor entendimento, pode ser lido como “esperar por”.

Não se pode esquecer-se das setas, que indicam o sentido do fluxo, fluxo este que deve ser lido do início em direção ao fim.

Com esse conhecimento muito básico sobre fluxograma em conjunto com um pouco de lógica, já se torna possível a compreensão do esquema de controle usado pelo Spyke. Na “Figura 5”, encontramos o esquema em modelo de fluxograma.



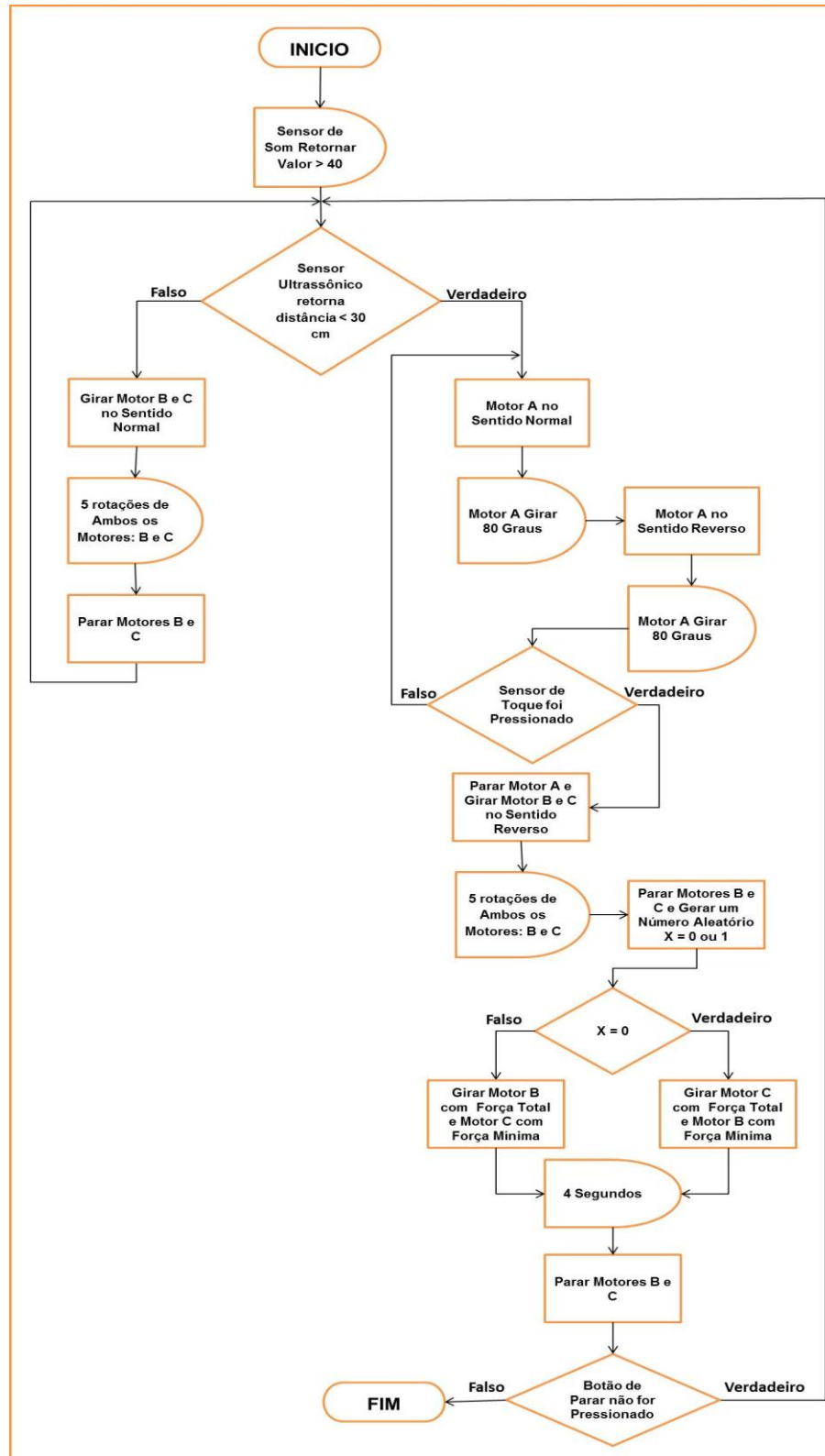


Figura 5 – Fluxograma de processos do Spyke

Ao analisar o fluxograma anteriormente apresentado, o Spyke espera uma resposta do sensor de som para continuar o fluxo, nota-se também que uma decisão está no centro do processo e é executada várias vezes até o término seu término, que é calcular, com base na distância recebida pelo sensor ultrassônico, se deve ou não continuar andando.

Ao não encontrar nenhuma barreira, ou a barreira esteja a mais de 30 cm de distância, o Spyke locomove-se para frente usando os motores B e C em sincronia. Caso contrário, o

motor A faz com que o “ferrão” seja alongado e espera-se uma resposta do sensor de toque para recolher o ferrão, movimento também proporcionado pelo motor A. Logo após esse movimento, o Spyke usa os motores B e C em sentido contrário para distanciar-se do obstáculo e logo após realiza um movimento aleatório que é de virar para a esquerda ou virar para a direita. Estes movimentos são repetidos várias vezes até que o botão de parar, situado na unidade lógica do NXT, seja pressionado.

Como o Spyke não possui rodas, o movimento de virar para a esquerda ou para a direita é feito baseado na velocidade de rotação do motor, ou seja, se o motor B estiver com velocidade total e o motor C estiver com velocidade mínima, sendo que ambos os motores estão em sentido normal, o Spyke vai se movimentar na direção do motor C.

É possível observar que os movimentos de motores são feitos em tempos pequenos para que sempre seja possível estar usando os sensores, possibilitando assim, maior confiabilidade nas ações do Spyke.

## **7 METODOLOGIA**

Primeiramente apresentaram-se conceitos básicos para desenvolver temas ligados a Controle e Automação, demonstrando noções básicas de linguagem de programação, como estruturá-la usando a técnica de fluxograma, e mostrando noções de lógica de programação.

Logo em seguida foi explicado o que é a plataforma LEGO, demonstrando como funciona a parte física e como utilizar o software para montar a rotina do robô.

Após essas demonstrações estimularam-se os alunos começar as atividades praticas utilizando o robô Spyke, pela sua facilidade didática possibilitando que os alunos com poucos conhecimentos em eletrônica controlem o robô.

## **8 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Com a atividade pratica é esperado que os alunos desenvolvam esquemas de controle diferentes, exercitando o raciocínio e a criatividade, com a possibilidade de um único robô ter várias rotinas diferentes.

Ao desenvolver uma rotina para o Spyke, os alunos puderam identificar os conceitos de que estavam ligados aos temas de Controle e Automação apresentados anteriormente, assim, despertando o interesse pelo assunto e conseqüentemente facilitando o aprendizado destes temas durante o curso de Engenharia.

Essa metodologia de ensino visa dar uma base aos alunos sobre Controle e Automação, de uma maneira menos tradicional, não se prendendo muito as partes teóricas, mas sim utilizando muita prática pelo fato de que o intuito das aulas não é só de ensinar Controle e Automação e sim despertar o interesse e a curiosidade dos alunos pelo tema, propiciando um aprendizado prazeroso.

## **9 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Pode-se notar que a introdução do kit LEGO, nos períodos iniciais dos cursos de engenharia é uma boa alternativa pedagógica, pois consegue-se estimular a criatividade, em relação a liberdade de criar vários esquemas de rotinas diferentes.

Esse método de ensino foi demonstrado aos alunos do PET-CA, os quais desenvolveram diversos esquemas de controle e desenvolveram funcionalidades curiosas para o Spyke utilizando seus sensores e motores.

Foi possível notar que os alunos despertaram maior curiosidade e interesse sobre o tema, facilitando a introdução da matéria no PET-CA e posteriormente ministrar aulas mais avançadas, utilizando conceitos de eletrônica e de programação.



**RERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

BAGNALL, B. Maximum Lego NXT: Building Robots with Java Brains. Variant Press, 2007.

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.

KLASSNER, F. & ANDERSON, S. D. LEGO Mindstorms: Not Just for K-12 Anymore. IEEE Robotics & Automation Magazine, 10(2):12-18, June 2003.

LEGO SPIKE (2011). <http://mindstorms.lego.com/en-us/support/buildinginstructions/8527-/Spike.aspx>: visitado em 5 de janeiro de 2011.

MEC (2011). [http://portal.mec.gov.br/index.php?option=com\\_content&view=article&id=12223&Itemid=480](http://portal.mec.gov.br/index.php?option=com_content&view=article&id=12223&Itemid=480): visitado em 10 de dezembro de 2011.

MINDSTORMS (2011). <http://mindstorms.lego.com/en-us>: visitado em 5 de janeiro de 2011.

MIT. MASSACHUSETTS INSTITUTE OF TECHNOLOGY (MIT). Disponível em: <<http://www.mit.edu>>. Acesso em: 05 nov. 2007.

NXT SOFTWARE (2011). <http://mindstorms.lego.com/en-us/whatisnxt/default.aspx>: visitado em 5 de janeiro de 2011.

RESHKO, G., M. MASON & R. NOURBAKHS. Rapid Prototyping of Small Robots. Technical report. Carnegie Mellon University, 2000.

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.

RIBEIRO, C. Robô Carochinha: 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.

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.

**USING THE LEGO MINDSTORMS KIT TO HELPING THE  
TEACHING OF CONTROL AND AUTOMATION**

**Abstract:** *In the last decade we could notice an economical and technological advance, what stimulate the improvement of pro-ductive systems, where mechatronic technics are used for those systems evolution. However the educational instutions are encountering a lot of difficulty on those systems teaching, because of the high price of these equipment and its maintenance ad they also need a previous knowledge of some disciplines, such as electronic and programming languages. Because of those reasons the universities put those disciplines in the of the engineering graduations. This article aims to demonstrate the use of the LEGO Mindstorms kit as an alternative introduction of those themes on the beginnings of those graduations to motivate and engage students in learning process.*

**Key-words:** *Control, Automation, LEGO, Mindstorms, PET-CA*