

Team Description Paper: UFMS – TuiuiuTroniks

Guilherme Afonso Bento Mello, Manuel Arn, Rillian Diello Lucas Pires, Igor Santo Andréa Visioli, Lougan Eliakim Santos de Queiroz, Edson Takashi Matsubara (guilhermello@gmail.com, m_arn@hotmail.com, rilliansf@gmail.com, Igor@santoandrea.com.br, lougan_2@hotmail.com, edsontm@facom.ufms.br)

Abstract—This paper describes the development of two robots made with LEGO Mindstorms NXT's pieces for one oil spill disaster simulation. Programmed in NXC (Not eXactly C) language, simple functions was created doing the complex structural environment. An arena simulates an area of oil spill, where two robots must be build and repair the tubing and restart the system, draining the oil to the new tubing.

I. INTRODUÇÃO

O meio ambiente tem sido motivos de preocupação nos últimos anos. Muitos estudos são realizados visando reduzir e minimizar o impacto causado principalmente pelas atividades do homem.

Uma das várias atividades dos homens de maior preocupação é o vazamento de óleo dos dutos e tubulações em geral, os governos e muitas companhias petrolíferas buscam grandes esforços para prevenir e controlar acidentes.

Para este tipo de trabalho é essencial o uso de robôs, porque o ambiente é muito perigoso ou de difícil acesso para o homem e isto requer muita precisão no trabalho. Então, foram construídos protótipos de robôs utilizando peças de LEGO NXT, que realizam a tarefa em cooperatividade a fim de montar um caminho para escoar o óleo. O conjunto de componentes LEGO é prático e flexível quanto à sua montagem, e não precisa de pintura ou lubrificantes, ecológico, pois é feito de plástico reciclável, não emite poluentes e principalmente, utilizando suas peças, pode-se montar robôs seguindo uma geometria precisa.[1] Visando simplificação e execução da tarefa, foi projetado um ambiente para escoamento e contenção de óleo. Este ambiente conta com blocos fixos na arena que representam os pontos de transmissão do óleo, dutos fixos que representam a tubulação antiga e dutos azuis móveis que permitem a construção de uma rota alternativa para escoar o óleo.

Dentro do ambiente há uma dupla de robôs equipada com sensores para detectar os deslocamentos e movimentos, assim como a detecção da presença do duto e uma ferramenta para suportar o mesmo.

Primeiramente será feita a descrição do ambiente simulado, seguido da estratégia de montagem, estruturação

Manuscrito submetido dia 13 de setembro de 2010. Este trabalho foi apoiado pela FACOM (Faculdade de Computação) e pela LIA (Laboratório de Inteligência Artificial, cujo qual patrocinou e suporte financeiro). E agradecer ao BATLAB (Laboratório de Inteligência Artificial, Eletrônica de Potência e Eletrônica Digital) que ofereceu seu espaço temporariamente para trabalhar.

da programação, comunicação entre ambos os robôs. Por fim as conclusões obtidas da construção e desenvolvimento dos robôs.

II. DESCRIÇÃO DO AMBIENTE SIMULADO

Com o duto principal danificado, está ocorrendo derramamento de petróleo no meio ambiente e o fornecimento está interrompido. Com isso, ocorrem muitas do Governo pelos danos ao meio ambiente e perdas financeiras altíssimas pela falta de suprimento. O desafio dos robôs é reestabelecer a ordem, evitar o derramamento de petróleo e retornar o abastecimento, recebendo o mínimo de multa e evitando perdas maiores. [2]

Supondo uma situação de vazamento de óleo foi projetada uma arena representando o ambiente reduzido como apresentada na figura 1 abaixo, onde o duto preto representa a tubulação com defeito, os dutos verdes a tubulação fixa, os dutos azuis que são as tubulações a construir a rota alternativa, caixas vermelhas são pontos de transmissão de óleo e as duas delas, permitem ou não a transmissão do óleo através de válvulas de abre/fecha, dois blocos alaranjados que representam curvas de tubulação e dois pontos amarelos área de partida e depósito de dutos estragados.

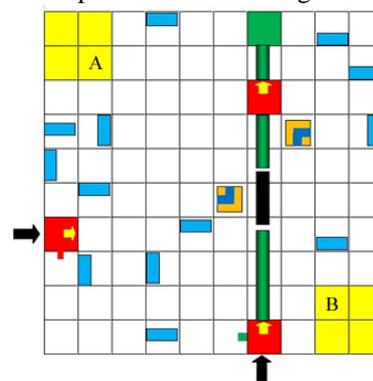


Figura 1. Representação da arena em estado inicial.

A. O Cenário - Arena

O cenário da arena foi construído utilizando madeira do tipo MDF (*Medium Density Fiberboard*) de 15 mm de espessura, no formato retangular com largura de 2200 mm e comprimento de 2200mm. Cenário e as paredes na cor branca fosco.

A arena é subdividida em uma matriz 10x10 com fita isolante preta 3M® de 19 mm, dessa maneira cada quadrado

tem 200x200 mm² de dimensão, como representada na figura 2, cada quadrado deste é chamado de casa.

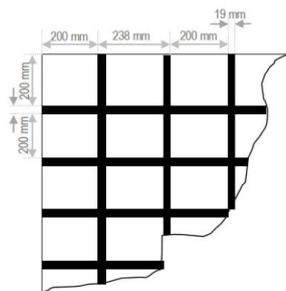


Figura 2. Representação da subdivisão da arena [CBR 2010].

Os dutos foram construídos com PVC (*PolyVinyl Chloride*) de 50 mm de diâmetro e 200 mm de comprimento pintados na cor azul. São três dutos na cor verde de comprimentos diferentes e são fixos: 200 mm, 300 mm e 500 mm. O duto danificado pintado na cor preta possui 300 mm de comprimento. Nas extremidades de cada duto foram colocados apoios de isopor para evitar rolamento dos mesmos dentro da arena. Dutos são representados nas dimensões como na figura 3 abaixo, tanto para os azuis como para os verdes e o preto.

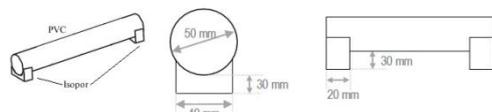


Figura 3. Dimensionamento dos dutos

Há também o ‘bloco móvel’ construído de isopor que representa curva na tubulação. Em sua parte superior apresenta a cor alaranjada, seguida de uma curva em ‘L’ azul, que identifica o sentido do fluxo. Formato de um cubo de 150 mm de lado.

B. Regras

Antes de iniciar a rodada, os robôs são colocados na área amarela na arena (ponto de partida) e só poderão ser retirados da arena depois de concluída rodada ou no momento de competir. Não se deve interferir nos robôs enquanto compete, apenas quando permitida pelos juízes e organizadores, no caso de problema mecânico evidente.

Problema mecânico evidente encaixa-se o caso de ‘*dead lock*’, quando há o desprendimento de uma peça, sensor, atuador, ou qualquer dificuldade que impeça o progresso normal do robô e possa ser corrigido no interior da arena.

Os robôs devem ser autônomos, ou seja, devem trabalhar sem a interferência do homem e os robôs podem interagir entre si por quaisquer meios, *Bluetooth*, infravermelho, etc.

O tempo máximo para conclusão da tarefa é de cinco minutos. Outras penalidades ocorrem por tempo de vazamento de óleo no meio ambiente e por tempo sem escoamento de óleo na outra ponta do duto, além do duto danificado, deve ser depositado na área amarela.

III. CONSTRUÇÃO DOS ROBÔS

Os robôs foram construídos exclusivamente para a tarefa proposta. O material utilizado foi peças de kit LEGO

Mindstorms NXT. Neste kit inclui, além das peças básicas para construção, sensores e motores (servo-atuadores), além do *brick*, ferramenta utilizada para programação e controle das atribuições e demais funções dos robôs. Os sensores trabalham como olhos e braços dos robôs, de forma a identificar um obstáculo ou reconhecer quando deve apanhar os dutos, além de permitir o descolamento dentro da arena.

Dois robôs foram construídos para solucionar a tarefa, de modo que um dos robôs localiza-se na parte ‘A’ da arena e outro na parte ‘B’ da mesma, localizados dentro da área amarela, no início da execução da tarefa. Os dois robôs têm estruturas e estratégias diferentes de trabalhar dentro da arena, contudo o objetivo de ambos é construir tubulação alternativa para escoar o óleo e retirar o duto defeituoso.

A estratégia de selecionar disposição inicial dos robôs deve-se ao fato de suportar maior massa na ‘garra’ e pela construção da mesma, pois o duto na cor preta é o mais pesado dentre os dutos móveis. Desta forma, o ‘Octano’ posiciona-se do lado ‘B’ da arena e ‘Pentano’ do lado ‘A’, na figura 4, abaixo, mostram as ‘garras’ projetadas e sua estrutura física, respectivamente.

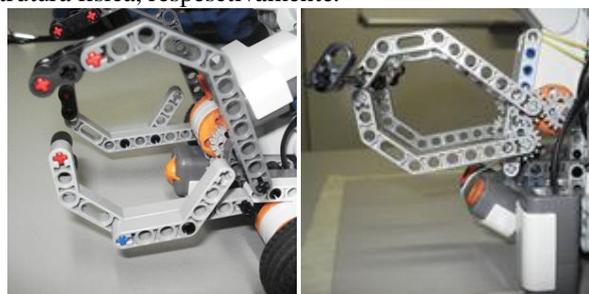


Figura 4. Garras do Octano (esquerda) e Pentano (Direita)

Sensores de ultrassom foram posicionados próximos as garras dos robôs de maneira a detectar mais facilmente a presença do duto ao invés de reconhecê-lo pela cor, que por muitas vezes dependendo da luminosidade pode variar bastante no reconhecimento do duto. Outra característica presente em ambos os robôs é o contador de linhas, onde se utiliza de sensor de cor (leitor RGB – *Red, Green, Blue*), e também para movimentação dentro da arena, onde são reconhecidas outras cores formadas pelas contribuições das componentes do RGB, como amarelo, preto e branco, como apresentados na figura 5.

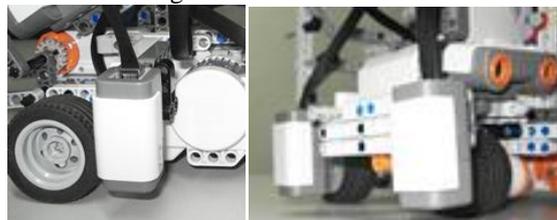


Figura 5. Posicionamento dos sensores de cor para movimentação nos robôs Octano e Pentano.

No Octano os sensores de cor localizam-se do lado esquerdo e direito do robô, a mesma altura em relação ao solo e simétrico do lado oposto. Já no Pentano, o sensor está posicionado do lado direito do robô, reconhecendo a pequena variação de coloração e desta forma corrigindo a rota do motor dentro das casas.

A. Octano

O procedimento para ‘agarrar’ o duto é realizado com auxílio do sensor de ultrassom que o detecta a uma distância inferior a 150 mm, com bastante precisão em tempo real, aplicando os primeiros procedimentos que são reduzir a velocidade de deslocamento e verificar a proximidade da ‘garra’ para com o duto, caso a distância seja inferior a 80 mm, o robô pára os motores de deslocamento e aciona a ‘garra frontal’ (servo-motor), prendendo o duto. Após erguer o duto, a força desta ‘garra frontal’ é reduzida, mantendo assim o duto levantado e seguro, permitindo o robô deslocar-se livremente.

Os sensores de cor (RGB) posicionados nas laterais do robô reconhecem as cores e ditam o posicionamento do robô dentro da casa, e está localizado a aproximadamente 15 mm em relação ao solo. Um sensor de identificação de campo magnético, como mostra a figura 6, foi posicionado na parte superior, de forma que causasse o mínimo de interferência necessária, permitindo o robô deslocar-se com bastante precisão e um sensor de luminosidade, que detecta as faixas pretas, a fim de contar as casas, desta forma o robô mapeia e sabe exatamente onde se encontra dentro da arena.



Figura 6. Sensor de campo magnético, posicionado na parte superior do robô.

Na parte traseira do robô, foi projetada uma garra, de maneira a encaixar o ‘bloco curva, que o prende entre as abas laterais, permitindo deslocar o mesmo, de maneira com que não mova além necessitado para cumprir o objetivo.



Figura 7. Posicionamento da ‘garra traseira’ e a disposição das abas da garra.

B. Pentano

Diferentemente do Octano, o Pentano identifica através do sensor de ultrassom o duto cerca de 80 mm ou menos, desta forma desligando os servos-motores responsáveis pela movimentação e acionando a ‘garra’; esta corresponde e trabalha no mesmo formato do Octano, reduz-se a força do servo-motor da ‘garra’ quando suspenso do solo, permitindo o deslocar do robô pela arena.

Os sensores de cores posicionados na lateral direita, apresentado na figura 5 e na figura 4, são responsáveis pela localização do robô dentro da casa e na arena, identificando exatamente onde o robô se encontra.

Ao Pentano também foi associado um sensor de toque, posicionado na parte traseira, junto a um sistema de guia, que permite deslocamento da parte traseira, como mostra a figura 8, viabilizando transporte do ‘bloco curva’ e permitindo também que reconheça a válvula a ser acionada, esta permitindo ou não o escoar do óleo pela tubulação construída.

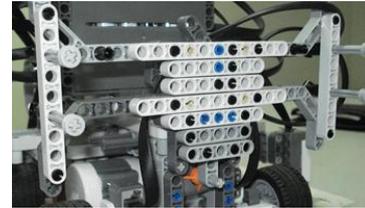


Figura 8. Sistema de guias móveis localizados na parte traseira do Pentano que permite deslocamento do bloco móvel e acionamento da válvula de escoamento de óleo.

IV. PROGRAMAÇÃO DOS ROBÔS

A intenção de gerar uma maior precisão dos movimentos mecânicos dos robôs implica diretamente na programação [2] [3], que se torna complexa por ter várias variáveis de controle, influenciando o sistema.

A comunicação entre os robôs é fundamental para o sincronismo das tarefas executadas e é um complicador do sistema, pois muitas razões podem causar interferências, havendo assim a perda de informação. Todos os sensores e atuadores (servo-motores) estão conectados ao *brick*, um processador programável simples, que monitora e controla sensores e motores, tomando decisões a partir das informações obtidas. A programação é enviada ao *brick* por meio de um cabo USB (Universal Serial Bus), conectado ao computador programador. [1]

Cada *brick* pode controlar até quatro sensores e três atuadores. Como cada um dos robôs foi associado quatro sensores e três atuadores não se fizeram necessário agregar mais um *brick* aos robôs. No entanto, foi acrescido ao robô Pentano, outro *brick* apenas como contrapeso, permitindo dessa forma, a rotação em torno do seu centro de massa, deslocando-o com a massa do próprio *brick*.

O maior desafio da programação da dupla de robôs está na sincronização dos movimentos em relação ao posicionamento na arena. É importante ressaltar que a comunicação entre os *bricks* é realizada por *Bluetooth*, portanto não é necessário que estejam alinhados para transmissão e recepção do sinal, mas este não deve ser superior a 10 metros na troca de mensagens.

Existem muitas linguagens em que o *brick* do LEGO NXT possa ser programado, incluindo-se NXC (*Not eXactly C*) [4], JAVA [5], e também até programado por blocos software de aprendizado projetado pela LEGO. Com intuito de desenvolver uma programação estruturada com domínio teórico, mas não limitado foi optado pela NQC. Assim como existem muitas linguagens de programação que o LEGO Mindstorms suporta, há também muitos softwares que permitem desenvolver estas, e por possuir uma interface bem amigável e dispor de muitos *templates* e modelos foi

escolhido o 'Bricx Command Center 3.3', que também é muito popular em competições de robótica de LEGO.

Para a realização da tarefa, principalmente quando se trata de comunicação foi utilizada uma relação de mestre-escravo entre os robôs. Desta forma, permite-se mais autonomia viabilizando não somente a comunicação, mas o posicionamento dos robôs na arena permitindo a liberação de espaço no decorrer do cumprimento da tarefa.

Quando acionados os robôs aguardam um período antes de executar a primeira tarefa, que no caso do Octano refere-se ao fato de remover o duto azul que obstrui seu caminho e posteriormente a remoção do duto preto e apanhar o 'bloco curva' de isopor que se localizam na parte 'B' da arena, como na figura 1. Enquanto isso, o robô Pentano localizado na parte 'A' da arena, deve inicialmente, mover-se para acionar a válvula desligando o derramamento de óleo no meio ambiente e em seguida, projetar a rota alternativa para o escoamento do óleo pela tubulação, posicionando a descrever o menor caminho possível, a reduzir o período sem escoamento de óleo no circuito. Ambos os robôs se comunicam via *Bluetooth*, sabendo exatamente a posição de um para com o outro, desta forma enquanto o robô Pentano remove o 'bloco curva' da rota do Octano, este pode auxiliar na montagem da parte superior da rota alternativa e posteriormente o robô Pentano acionar a válvula em abrir e deixar escoar o óleo pela tubulação construída. Para esta programação inicial o fluxograma abaixo, nas figuras 8 e 9, representa fielmente a seqüência de programada para os robôs Pentano e Octano, respectivamente.

Trabalhando os robôs no sistema mestre-escravo, o robô Pentano envia ao Octano, a mensagem de que a 'Tarefa' (variável de controle) é igual a '1' por cada tarefa que for executada, e desta forma o robô Octano armazena e incrementa, quando o número de 'Tarefas' for igual a um determinado número, Octano envia uma mensagem de conclusão das rotinas, que por sua vez, o robô Pentano (posicionado inicialmente no semi-plano 'A'), aciona a válvula liberando o escoar do óleo pela tubulação, concluindo a tarefa.

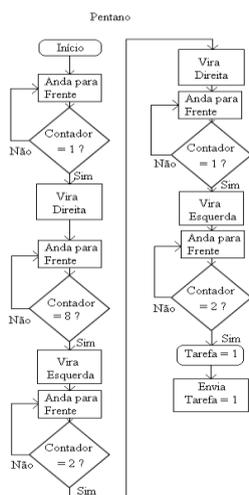


Figura 8. Fluxograma do programa inicial do robô Pentano.

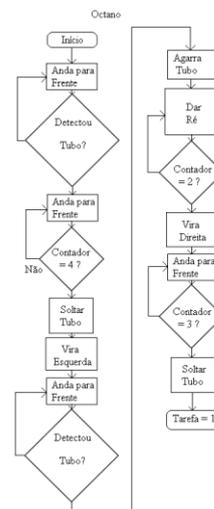


Figura 9. Fluxograma do programa inicial do robô Octano.

V. CONCLUSÕES

Utilizando protótipos de LEGO NXT pode-se perceber que a manipulação de dutos de óleo pode ser mais segura e alcançável para seres humanos. Além de permitir através dessa simulação, perceber os riscos de erros que são submetidos o projeto, deixando livre para modificações e correções, mudanças para sucessos deste, antes do desenvolvimento físico. Isso contribui para controle de riscos e gastos de recursos.

Percebe-se também que o LEGO é uma boa ferramenta muito interessante e prática para análise de riscos e complicações, podendo muitas vezes corrigir estes.

Observou-se também que o uso do sistema mestre-escravo para comunicação e localização dos robôs dentro da arena, facilitou a sincronia e permitiu conclusão da tarefa. A parte física, apesar de os robôs possuírem estruturas diferentes, mostrou-se eficiente, respondendo com precisão à programação desenvolvida

REFERÊNCIAS

- [1] PFEIFER, E., MELLO, Guilherme A. B., YAMASAKI, A. E., SIMOES, A. A., de MORAES, P. A. "Coleta de Lixo Médico Utilizando Protótipos de LEGO. Em Anais do XXVI Congresso da SBC – III Encontro de Robótica Inteligente. Campo Grande, Brasil. 2006.
- [2] CBR 2010. Robôs Reparadores de Dutos. 9ª Competição Latino Americana IEEE de Robótica para Estudantes. Categoria SEK. 19 de Abril, 2010.
- [3] KDUNSEN, Jonathan B. The Official Guide to LEGO Mindstorms Robots. O'Rely . First Edition. October, 1999.
- [4] SOH, C. S. LEGO Mindstorms Robotics Invention System 2 Projects. Syngress. 2002.
- [5] TAFTE, William J. Programming LEGO Robots Using NQC. Mark Overmars. November, 2002.
- [6] LAVERDE, Dario. Programming LEGO Mindstorms with Java. Syngress. 2002.