

Equipe 3E

Andersom Gomes de Moura e Silva¹, Leonardo Rodrigues Miranda², Marcos Paulo Roque³, Thiago de Paula Silva⁴

Agms16@gmail.com¹, Leo.engelet@gmail.com², mprmarcos@gmail.com³, thiagodpaula5@gmail.com⁴

Escola de Engenharia Elétrica e de Computação^{1 2 3 4}

Universidade Federal de Goiás

Av. Universitária, n. 1488 - Quadra 86 - Bloco A - 3º piso,
cep: 74605-010 - Setor Leste Universitário, Telefones: (62) 3209-6292
Goiânia - Goiás - Brasil

Abstract— This article describes a proposal for a team of robots built to develop the task of building mesh support for the fuel transporting. This application is relevant in the fuel sector, which uses several pipeline networks to transport it. This task is modeled in a simplified form of SEK Latin American Robotics Competition in 2010 (LARC2010). The problem configuration (Picture 1) is predetermined. The demands for lower environmental impact of the spill and lower operating costs are consolidated as minimizing the time to accomplish the task. As the rules of the form allow two autonomous robots, the proposal uses two developed identical robots, created using educational kits from LEGO Mindstorms NXT and the Java platform. Ultrasonic sensors, colored and brightness provide data on the environment and also have complementary contributions. The coordination between the robots is through Bluetooth. The control program implemented enables redundant operation.

Resumo— Este artigo descreve uma proposta para uma equipe de robôs construída para desenvolver a tarefa de construção de malha auxiliar para o transporte de combustível. Esta aplicação é relevante no setor de combustíveis, o qual emprega vastas redes de transporte do mesmo por dutos. Esta tarefa é modelada de forma simplificada na modalidade SEK da competição latino americana de robótica em 2010 (LARC2010). A configuração do problema (Figura 1) é pré-determinada. As demandas de menor impacto ambiental do vazamento e menor custo de operação são consolidadas como minimização do tempo para realizar a tarefa. Como as regras da modalidade permitem dois robôs autônomos, a proposta apresentada utiliza dois robôs idênticos, desenvolvidos utilizando kits educacionais LEGO Mindstorms NXT e a plataforma Java. Sensores ultrasônicos, de cor e de luminosidade fornecem dados sobre o ambiente e possuem ainda funções complementares. A coordenação entre os robôs ocorre via Bluetooth. O programa de controle implementado permite a operação redundante.

I. INTRODUÇÃO

ESTE trabalho traz uma solução para o problema proposto, neste ano, pela LARC2010. A problemática proposta visa modificar a rota de escoamento de petróleo, pois ela apresenta vazamento cujo defeito vindo da

tubulação agride o meio ambiente. A nova rota permitirá o restabelecimento do transporte de petróleo sem vazamento do mesmo.

A solução para este problema deve acontecer com a atuação de dois robôs autônomos construídos utilizando kits educacionais. Os moveis tem como objetivo desativar a malha atual retirando a seção de duto danificada e levando-a para um local apropriado e serem capazes de criar uma rota nova para o escoamento do petróleo utilizando segmentos de dutos novos que estão espalhados pela arena.

O controle de escoamento é realizado em plataformas que possuem bastões que representam válvulas e estes imitam a função de abrir ou fechar a distribuição de oleodutos.

A arena de simulação foi apresentada com condições iniciais dadas. O mapeamento já fornecido permite algumas aplicações como: escolha de rotas, localização e navegação pelo ambiente. Os sensores inseridos nos robôs permitiram a estimativa na localização e a navegação pela arena onde esta foi representada por um mapa métrico.

II. SIMULAÇÃO

A simulação utilizará kits educacionais NXT MINDSTORMS da LEGO [1] junto com uma API chamada LEJOS [2] que trabalha em plataforma Java.

Canos de PVC de 50 mm de diâmetro e 3 mm de espessura representarão os dutos. A dupla de robôs colaborativos irá transportar os dutos para construir dutos alternativos, cujo tempo de execução deva ser o menor possível para evitar danos ambientais e reestabelecer o escoamento de petróleo, contudo priorizando a qualidade do serviço.

III. CONSIDERAÇÕES DO AMBIENTE

A arena (Figura 1) é dividida em células de 200 mm x 200 mm. Entre as células há uma fita preta fosca de 19 mm dividindo-as na horizontal e na vertical.

Os dutos de cor azul (novos, em células aleatórias) serão utilizados para construir o caminho alternativo e reparar a

tubulação danificada (duto na cor preta) para o escoamento de petróleo.

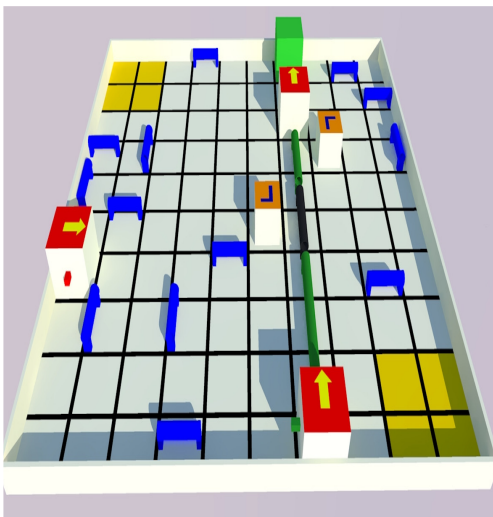


Figura 1 – Arena nas condições iniciais de prova. Dutos em azul – Canos de PVC que representam dutos novos. Dutos em preto – Cano de PVC que representa duto a ser retirado do local. Área pintada de vermelho com setas em cima representam plataformas fixas podendo ser com fechamento ou não. Áreas amarelas representam o ponto de partida dos robôs no início da competição.

Há duas curvas de dutos que são duas plataformas pintadas de amarelo por cima com um L em azul, utilizadas para fazer as devidas curvas na construção do duto auxiliar.

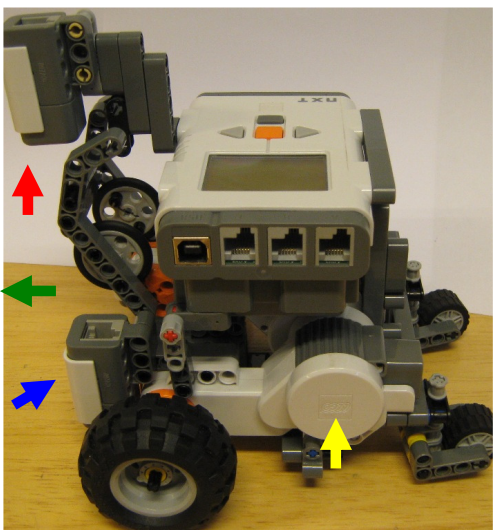


Figura 2 – Robô (A) quadriciclo com duas rodas livres. A seta vermelha indica a posição do sensor de cores. A seta azul indica a posição de um dos sensores de luminosidade. A ponta da seta verde indica a frente do robô e o pé da seta a traseira. A seta amarela indica um servo-motor.

As válvulas de escoamento são duas e representadas cada uma por uma plataforma fixa com fechamento. A plataforma que possui um bastão, com as extremidades pintadas de vermelho de um lado e verde do outro. A válvula é considerada aberta quando a extremidade verde estiver mais visível e desligada caso a extremidade vermelha seja a mais visível.

As posições iniciais dos robôs são conhecidas e indicadas por áreas pintadas de amarelo. O robô A iniciará na área amarela ao fundo da arena no lado esquerdo (Figura 1). O robô B iniciará na outra área. Cada seção de duto danificado deve ser levada para qualquer uma das áreas amarelas durante as substituições. Nesta simulação há apenas uma seção danificada e esta será levada para o local mais próximo que corresponde a posição inicial do robô B.

IV. ANÁLISE

A representação escolhida para o ambiente da simulação foi o mapa métrico, baseada no método de mapeamento por grades de ocupação (Occupancy Grid). Proposto primeiro por Elfes [4] o método consiste em representar o ambiente por uma matriz de células abrangendo a área de interesse. Cada célula pode estar ocupada, vazia ou ser desconhecida.

Nos testes realizados, os sensores ultra-sônicos foram capazes de detectar as bases das seções de duto cujo duto possui comprimento de 20 cm. A uma distância maior que 13 cm a faixa de valores determinou-se uma relação linear entre medidas e distância. Para distâncias menores que 13 cm do cano os valores são aleatórios, porém ainda são menores do que o valor limite indicando célula vazia, logo o robô consegue distinguir a célula ocupada, porém, sem determinar a sua distância.

Como a configuração inicial do ambiente é conhecida, os dutos utilizados na construção da tubulação substituta, assim como, as trajetórias dos robôs, foram previamente definidos. Também foram definidos quando serão abertas e fechadas as válvulas.

A API (Application Programming Interface) mais sofisticada disponível para o NXT é o LEJOS, empregando a linguagem Java. Agregado à maior familiaridade dos autores com o Java, esta API foi utilizada para desenvolver o controlador implementado nos robôs.

V. PROPOSTA

Os robôs desenvolvidos (Figura 2) possuem configuração semelhante para possibilitar o intercâmbio das tarefas. Eles possuem comprimento e largura aproximados de 200 mm e 180 mm, respectivamente. Estas dimensões são próximas às de uma célula no mapa métrico escolhido, pois a localização do robô estará associada à célula ocupada. Serão utilizados os sensores de luminosidade e os odômetros dos motores, buscando minimizar erros de localização.

A estrutura dos robôs foi baseada no triciclo proposto pelo manual da Mindstorms Education 9797: duas rodas motoras frontais e uma roda livre traseira. Foi acrescentado mais uma roda livre, para uma melhor distribuição de peso e menor esforço sobre o eixo das rodas livres.

As rodas livres facilitam manobras de reorientação e a inversão de movimento, caso seja necessário mudar a direção bruscamente e com pouco espaço de manobras.

Um terceiro servomotor, localizado na parte central do robô, permite levantar os dutos utilizando uma alavanca (figura 3). O robô abre uma válvula deslocando a haste

empregando sua alavanca. Esta é posicionada a 45° de sua posição inicial no sentido horário enquanto empurra o bastão. A alavanca possui comprimento de 7 cm, do eixo até a ponta, e largura de 5,5 cm aproximadamente. Ela foi encaixada no eixo do motor, pois a massa do cano exige pouco esforço do motor, dispensando engrenagens. Ela permanecerá em posição inicial (Figura 3) sempre que encerrar a tarefa de carregar uma das partes do duto.

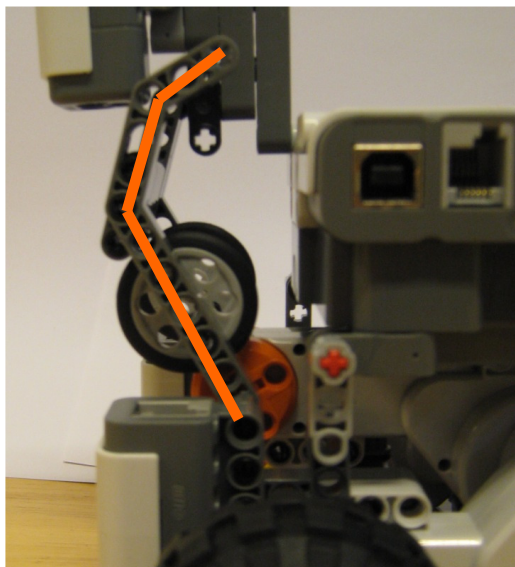


Figura 3 – Terceiro motor com a alavanca na posição inicial. Os segmentos de reta em laranja descrevem quando a alavanca está na posição inicial, ou seja, as hastes estão levantadas.

Foram usados quatro sensores (Figura 4), sendo dois de luminosidade localizados entre os servomotores, um sensor ultra-sônico abaixo do servomotor central e um sensor de cores localizado acima do servomotor central e entre as alavancas (figura 4).

O sensor ultra-sônico fornece uma medida 4 para um obstáculo próximo situado a 2 mm do sensor e 255 mm para um obstáculo distante a mais de 255 mm. A zona cega compreende as distâncias menores que 2 mm. Em testes, a relação medida/distância provou-se suficientemente linear cuja curva que descreve esta linearidade é: $\text{dist} = \text{medida} * 0.9946 + 0.9337$.

O sensor ultra-sônico está localizado abaixo do terceiro servomotor (Figura 4) deixando o robô compacto e robusto. Nesta posição o sensor poderá operar em qualquer circunstância, mesmo quando o robô estiver carregando uma seção de duto.

O sensor de cores foi posicionado com os LEDs para baixo para identificar as válvulas ou seções de dutos quando estes estiverem abaixo do sensor. O sensor de cores foi posicionado a 115 mm acima do solo (Figura 5), permitindo assim que o sensor esteja a 5 mm acima do bastão que caracteriza o chaveamento da plataforma e por volta de 10 mm acima do duto quando este estiver apoiado no solo.

O sensor de cores substituirá o sensor ultra-sônico nos casos em que o objeto não estiver na linha de alvo do sensor ultra-sônico, ou seja, o sensor ultra-sônico não for mais capaz de detectar qualquer objeto que esteja à frente. Testes realizados indicam que o sensor de cores retornará, para

objetos dispostos no chão de MDF branco as seguintes faixas de valores: azul 290 – 450; vermelho 290 – 450; verde 290 – 450. A estas faixas de valores associou-se o status vazio abaixo do sensor de cores. As medidas fora destas faixas serão utilizadas pelo robô para determinar o tipo de obstáculo detectado (válvula ou duto).

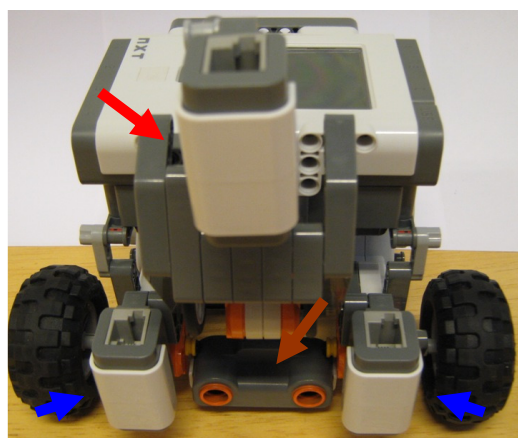


Figura 4 – Visão frontal do Robô B, com seus sensores fixados. A seta vermelha indica o sensor de cores. As setas azuis indicam os sensores de luminosidade. A seta marrom indica onde está o sensor ultra-sônico.

A navegação pelo ambiente acontece após o cruzamento das informações retornadas dos odômetros contidos nos servomotores, dos sensores de luminosidade e o sensor ultra-sônico, comparando-os com as informações já contidas no mapa métrico para estimar a posição atual do robô e verificar se tal posição corresponde à posição que eles deveriam estar.

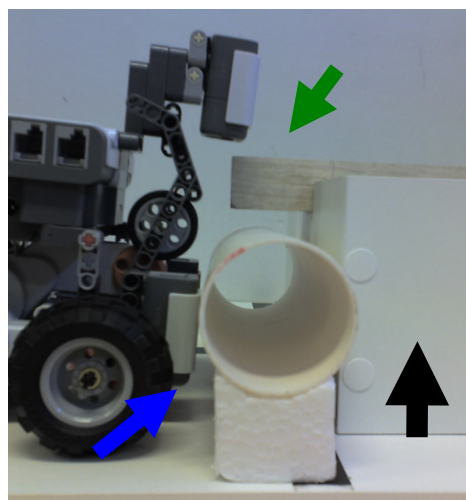


Figura 5 – Comparação entre as distâncias do sensor de cores em relação ao duto e ao bastão. Em preto a parte inferior da plataforma, em verde o bastão e em azul o cano de PVC como especificado nas regras. Já a base do cano está 5 mm a baixo das especificações.

Cada robô possui, além da lista de tarefas, um mapa de estados. Eles são sincronizados e sempre que se fizer necessária uma consulta ao mapa, este será atualizado. O mapa de estados representa as variáveis como a situação da arena, localização atual estimada dos dutos, robôs, etc.

A comunicação Bluetooth nos dois robôs é bidirecional,

ou seja, cada robô pode enviar ou receber dados. A comunicação é independente das demais atividades dos robôs. Para isso, foram utilizados threads assíncronos, permitindo a comunicação constante entre os robôs.

As tarefas possuem as seguintes propriedades:

- I. Robô responsável;
- II. Pré-requisitos;
- III. Coordenadas Inicial e final;
- IV. Orientação Inicial e Final;
- V. Seqüência de ação;

As ações definem a seqüência de passos pertencentes a cada tarefa, tais como: deslocar, virar à direita ou esquerda, empurrar, suspender ou descer o duto, acionar válvula, aproximação do duto.

A execução dos objetivos propostos foi dividida em três partes (Figura 6): desligar a válvula da plataforma principal; construir uma tubulação auxiliar, retirar o duto danificado e ligar a válvula que corresponde a tubulação por onde o oleoduto será escoado.

Na fase Desligar o robô A irá até a plataforma principal fixa com fechamento para desligar a válvula enquanto o robô B prepara o caminho para retirar o duto danificado e levá-lo até a região amarela que é o ponto de destino.

Para essa etapa, foram definidas tarefas a serem executadas para cada robô. Para isso, cada um possui uma lista de tarefas de sua responsabilidade. Algumas tarefas possuem pré-requisitos. Ou seja, as tarefas de construção da tubulação auxiliar dependem da tarefa do A de desligar a válvula.

Após o fechamento da válvula A, através de Bluetooth, informará que o duto danificado poderá ser retirado, encerrando a primeira fase de operação.

A segunda fase iniciará com B retirando o tubo danificado e A posicionando seções de dutos novos de modo a formar uma tubulação alternativa. Após levar o tubo danificado para a posição prevista, B juntar-se-á ao robô ao A na construção da tubulação auxiliar.

Uma vez pronta a tubulação substituta, irá iniciar a terceira fase na qual um dos robôs abrirá a válvula ativando o duto auxiliar por eles construído. O término das operações acontecerá quando a válvula da tubulação auxiliar estiver aberta e o fluxo restabelecido.

VI. CONCLUSÃO

O desenvolvimento do hardware, como a escolha dos sensores para obter informações do ambiente real e a posição dos mesmos de forma estratégica e satisfatória partiu da proposta da simulação. O uso de kits educacionais amplia as soluções por poder moldá-los de forma rápida e prática.

Já o software é quem gerencia a estimativa de localização, coordena a navegação, sempre utilizando o mapa métrico como base para as tomadas de decisões e realizar o controle no hardware.

A integração entre o hardware e o software de forma satisfatória possibilita uma solução eficaz. Contudo o emprego do método de Grades de Ocupação assim como o

mapa métrico foram as bases para criar esta solução para o problema proposto.

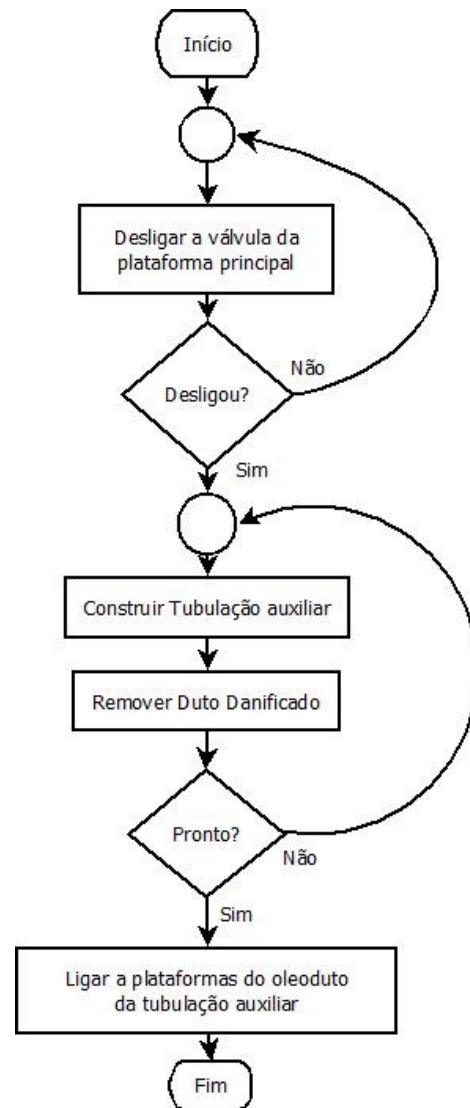


Figura 6 – Fluxograma da execução dos objetivos

REFERENCIAS

- [1] <http://mindstorms.lego.com>
- [2] <http://lejos.sourceforge.net/nxt/nxj/tutorial/Preliminares/Intro.htm>
- [3] Dutra, P. R., de Sousa, M. M., andriolli, G. F., Álvares, A. J., & Ferreira, J. C. (2003). *NAVMAP: Um sistema para navegação por mapeamento do robô móvel NOMAD XR4000*. Bauru, SP, Brasil: VI SBAI.
- [4] Elfes, A. (1989). Using occupancy grids for mobile robot perception and navigation. *Autonomous Intelligent Machines*, 22, 46-57.
- [5] Souza, A. A., Medeiros, A. A., & Gonçalves, L. M. (2007). *Algoritmo de mapeamento usando modelagem probabilística*. Florianópolis, SC, Brasil: VIII SBAI.