

---

# COOPERAÇÃO DE ROBÔS NA CONSTRUÇÃO DE DIQUE PARA CONTENÇÃO DE ALAGAMENTOS

**IEEE-SEK - Equipe UFES ULTRABOTS**

*CARMEN R FARIA SANTOS, ANDRÉ GEORGHTON CARDOSO PACHECO, JACKSON WILLIAN BRITO,  
JUAN FRANÇA MUNIZ DE SOUZA, VITOR BUBACK COVRE  
CARMEN@CT.UFES.BR, PACHECO.COMP@GMAIL.COM, JWB.JWB@GMAIL.COM,  
JUAN.FRANCA@GMAIL.COM, VITORCOVRE@GMAIL.COM*

Centro Tecnológico, Universidade Federal do Espírito Santo  
Av. Fernando Ferrari s/n – Goiabeiras, Vitória ES

---

**Resumo** - Este artigo descreve o trabalho desenvolvido pela equipe UFES ULTRABOTS na construção e programação de robôs para cumprimento do desafio proposto na categoria IEEE Standard Education Kits 2011. A equipe se reuniu semanalmente durante quatro meses para desenvolver as estratégias que resolvesse o problema com maior eficiência. Ao longo dos trabalhos foram encontradas várias soluções para o desafio proposto, entretanto, o material apresentado a seguir mostra o resultado alcançado até o momento, sendo que tanto os robôs quanto a programação desenvolvida ainda sofrerão alterações até a data da competição.

**Palavras Chaves:** robôs, competição, CBR, IEEE, desafio, UFES.

**Abstract:** This article reports the work of the team UFES ULTRABOTS building and programming robots to solve the challenge posed in IEEE Standard Education Kits 2011 category. The team met weekly for four months to develop strategies that solve the problem more efficiently. Throughout the works were found several solutions for solving the challenge, however, the material presented below shows only the results current achieved by the team.

**Keywords:** robot, competition, CBR, IEEE, challenge, UFES.

## 1 INTRODUÇÃO

Este artigo apresenta as estratégias utilizadas pela equipe UFES ULTRABOTS para o cumprimento do desafio IEEE Standard Education Kits, proposto na Competição Brasileira de Robótica-CBR, que será realizada no período de 18 a 21 de setembro de 2011, em São João Del Rey - MG. O desafio deste ano tem como temática o transbordamento de um rio que divide duas cidades que estão abaixo do nível do mar. A arena (Figura 1) possui na parte central blocos de cor azul, representando o rio, e tubos vermelhos e verdes distribuídos nas laterais da arena, representando as barreiras que os robôs deverão colocar em volta do rio com objetivo de evitar uma inundação nas cidades periféricas caso ocorra um transbordo. No processo de implementação da solução são aplicados novos conceitos e novas tecnologias para propiciar o melhor desempenho dos robôs. Para solucionar o problema foram construídos dois robôs que atuam em cooperação dentro da arena.

Para montagem dos robôs foram utilizadas peças dos kits Lego Mindstorms NXT [1] e a linguagem utilizada para a programação foi o NXC (Not eXactly C) com o ambiente de programação Bricx Command Center 3.3 [2]. A equipe é formada por alunos do curso de Engenharia de Computação da Universidade Federal do Espírito Santo. O trabalho foi desenvolvido no Laboratório de Robótica Educacional sob

orientação da Professora do Centro Tecnológico da UFES, responsável pelo laboratório.

## 2 OBJETIVO

Este desafio tem como objetivo a construção e programação de dois robôs capazes de trabalhar de forma cooperativa. Os robôs devem ser capazes de identificar onde está ocorrendo o transbordamento, para construir as barreiras de contenção e preven-

ção em torno do rio representadas por dois tipos de tubos dispersos na arena.

O desempenho dos robôs é de suma importância, pois a pontuação é atribuída de acordo com o comprimento e tempo de realização das tarefas propostas.

O desafio é considerado concluído no momento em que ambas as barreiras estiverem construídas em volta do rio.

## 3 CONSIDERAÇÕES DO AMBIENTE

O cenário proposto foi simulado por uma arena com a superfície na cor branca demarcada com linhas verticais e horizontais de cor preta. As linhas subdividem a arena em 132 quadrados de 178x178mm.

Na arena são colocados tubos PVC e blocos de isopor. Os tubos representam as barreiras que serão utilizadas para contenção do rio e o isopor o vazamento propriamente dito.

Entretanto, os blocos e os tubos estão dispostos de forma aleatória, como mostrado na Figura 1.

Cabe aos robôs construir barreiras de contenção e prevenção de acordo com a estratégia proposta. Como o transbordamento pode acontecer em diferentes pontos do rio a cada rodada, os robôs terão que trabalhar de forma autônoma para identificar onde exatamente está acontecendo o alagamento e tentar contê-lo utilizando as barreiras.

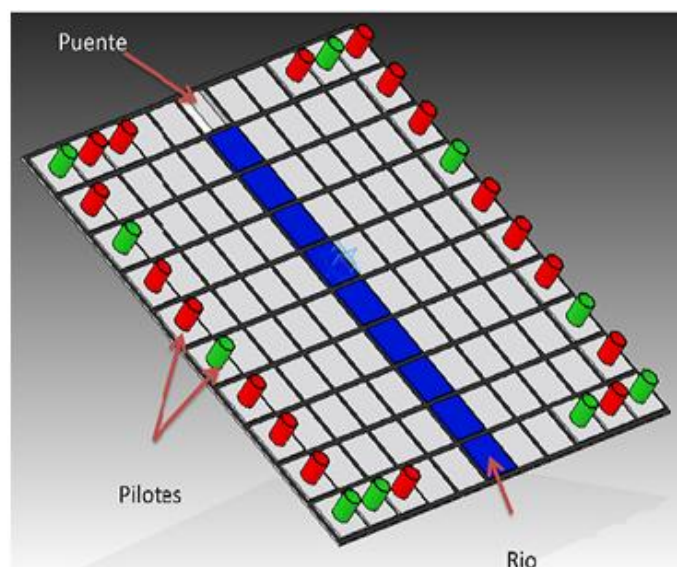


Figura 1. Arena de Competição



Figura2. Arena simulada

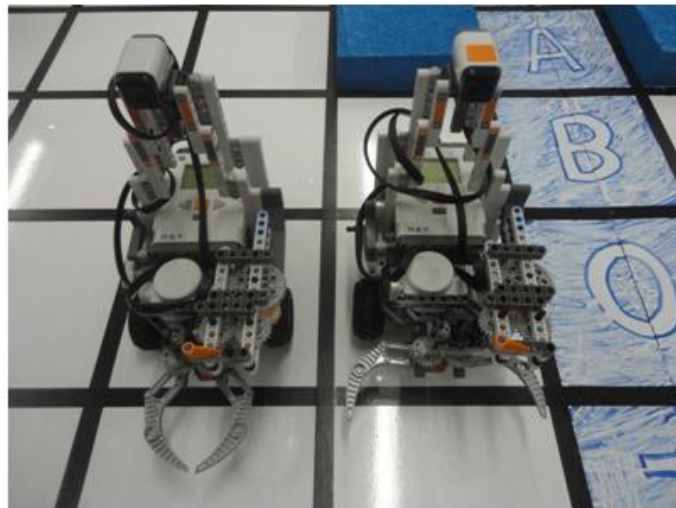


Figura3. Robô Lado e Robô Beira

## 4 ESTRUTURA DOS ROBÔS

Para a resolução do desafio foram construídos dois robôs estruturalmente semelhantes. Ambos são capazes de realizar todas as tarefas necessárias à solução do desafio proposto.

Os robôs podem ser vistos como a integração de dois sistemas, são eles: Navegação na arena e Transporte & Identificação das barreiras ou do vazamento do rio.

### 4.1 Navegação

Para navegação foram utilizados três sensores: luz, bússola e rotação dos quais a principal função é do sensor bússola, que orienta o robô a partir de um referencial pré determinado na arena.

### 4.2 Transporte e Identificação

Para transporte das barreiras até o local desejado foi construída, com auxílio de engrenagens, uma garra na parte dianteira dos robôs. Já para identificação do vazamento e das cores das barreiras foi utilizado, também na parte dianteira dos robôs, um sensor de luz.

O trem de engrenagens utilizado no projeto da garra foi idealizado de forma a maximizar o seu ângulo de abertura utilizando uma menor quantidade de rotações do motor e, com isso minimizando o tempo de abertura e fechamento da mesma. Tal objetivo foi alcançado com o acoplamento de engrenagens de tamanhos variados, o que otimizou também o torque aplicado fixando melhor as barreiras para que não houvesse problemas com a mesma durante seu transporte pela arena.

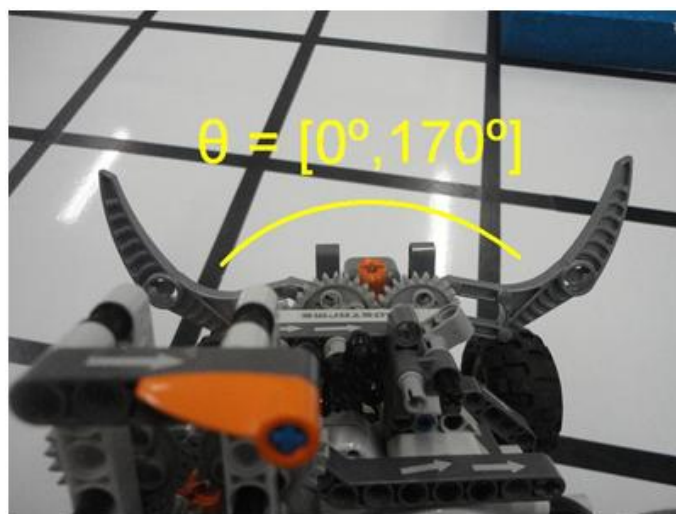


Figura4. Abertura da garra dos robôs

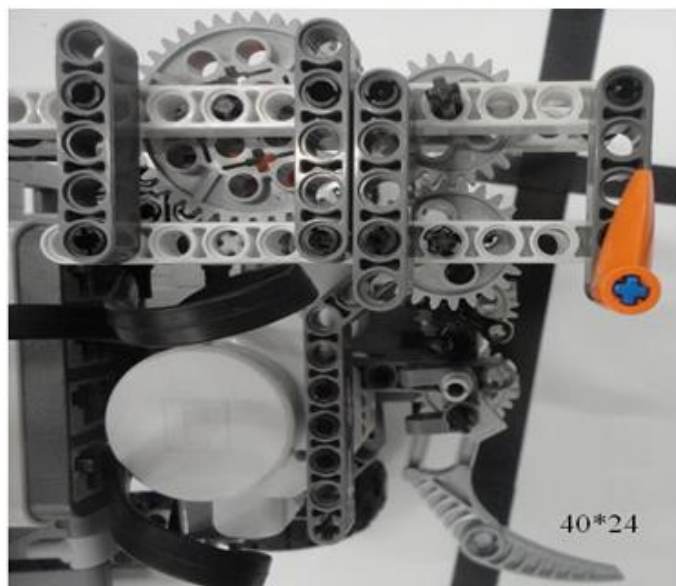


Figura5. Trem de engrenagens da garra

## 5 ESTRATÉGIAS UTILIZADAS

Antes de iniciar a solução do problema proposto, é necessário definir as estratégias de movimentação e orientação dos robôs na arena.

### 5.1 Estratégia de orientação e movimentação

A abordagem para solucionar esse problema abrange as mudanças de orientações dos robôs durante a execução da tarefa e a manutenção da consistência do movimento linear após essas mudanças.

A solução adotada envolve o uso dos três sensores citados anteriormente na estrutura de navegação. Estabelecendo um referencial inercial na arena, pode-se usar a bússola para orientar as mudanças de direções de forma a saber exatamente o momento em que o robô fica alinhado ao eixo do referencial demarcado, terminando assim a rotação. O mesmo sistema guia o deslocamento linear dos robôs, pois estes ajustam, a cada avanço de célula, sua posição efetuando a comparação entre o valor atual da bússola com o valor pré-determinado para o referencial. O sensor de luz, juntamente com o sensor de rotação é utilizado para identificar a mudança de célula a partir da qual é atualizada no robô sua posição atual na arena.

### 5.2 Estratégia para construção de barragem

Inicialmente o robô identifica o vazamento armazenando os pontos da matriz na qual está ocorrendo o transbordamento. Sabendo esses pontos cria-se um vetor com todas as posições da matriz na qual se devem colocar as barreiras de contenção e prevenção. Para isso faz-se necessário a separação do problema de construção das barragens entre os casos de vazamento simples e duplo, sendo que o comportamento de cada robô varia dependendo da necessidade ou não de colaboração entre si.

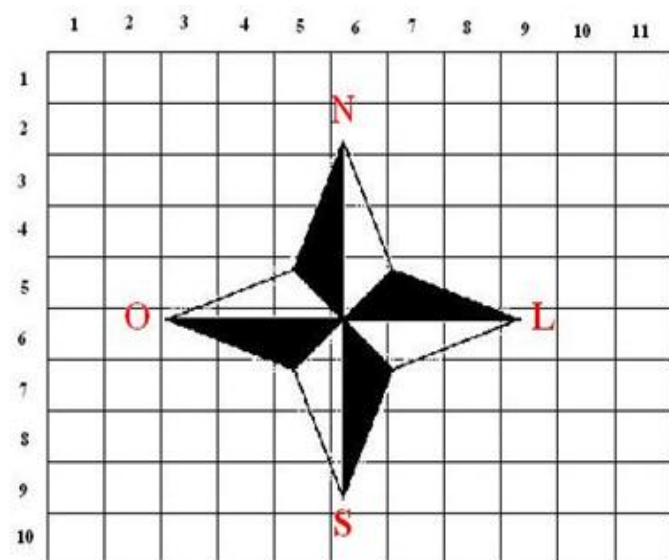


Figura 6. Matriz utilizada para orientação dos robôs na arena

#### 5.2.1 Vazamento Simples

Para a situação de vazamento simples, quando há transbordamento em apenas um lado do rio, a colaboração dos robôs é de fundamental importância na conclusão das barragens, pois faltarão barreiras de contenção em um dos lados para a execução correta da tarefa e estas devem ser supridas pelo outro robô. Portanto um robô deve atravessar a ponte portando uma barreira de contenção para conclusão do desafio.

#### 5.2.2 Vazamento Duplo

Em caso de vazamento duplo, não é necessário o transporte de barreiras pela ponte, pois já existem o número adequado dessas em cada lado, de forma que cada robô deve se preocupar apenas em concluir a tarefa do seu lado de origem.

## 6 COMUNICAÇÃO

Para que os robôs pudessem trabalhar de forma cooperativa foi utilizada comunicação Bluetooth entre os robôs. Os dois cérebros utilizados foram conectados em rede onde o Robô Lado atua como mestre e o Robô Beira como escravo.

O principal ponto na qual a comunicação é utilizada é na identificação do vazamento. Um robô informa ao outro o tipo de vazamento, duplo ou simples, e com isso sabe-se a necessidade ou não do transporte de barreira pela ponte.

Um outro ponto importante é que os robôs não entrem em colisão na arena. Para isso, quando necessário, o mestre informa a sua posição para escravo pra que não ocorra a colisão.

## 7 DESAFIOS DE DESENVOLVIMENTO

A construção de um robô compacto o suficiente para deslocar-se na arena sem alterar a configuração da mesma e ao mesmo tempo ser eficiente em transportar adequadamente as barreiras revelou-se um grande desafio demandando especial dedicação e muito empenho até chegarmos à estrutura definitiva. Entretanto, as maiores dificuldades encontrados foram essencialmente duas: fazer com que o robô caminhasse em linha reta pela arena e a distribuição aleatória das barreiras na mesma. Problemas estes contornados com o uso das estratégias supracitadas.

## 8 CONCLUSÃO

O desafio proposto exigiu o desenvolvimento de algoritmos eficientes para lidar com a aleatoriedade dos estados da arena. Além disso, a construção de uma boa estrutura para o robô para movimentação das barreiras na arena.

Posto, nota-se facilmente que os conceitos e abstrações utilizadas para resolver o desafio proposto constituem um importante ponto de partida para aplicações reais em grandes ocorrências onde a coordenação, precisão e o tempo são fatores primordiais para o sucesso da operação.

As pesquisas que foram realizadas para a construção dos robôs, tanto no campo da mecânica de construção, quanto no estudo da lógica de programação, cooperação e controle aplicadas representam significativos avanços em conhecimento e experiência em metodologias de pesquisa.

O desafio torna-se assim um estímulo claro e orientado para a pesquisa e o desenvolvimento de novas técnicas e abordagens, não somente no campo da robótica, mas em toda uma gama de áreas afins.

## 9 REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

- [1] *mindstorms.lego.com*
- [2] *bricxcc.sourceforge.net/*
- [3] Gasperi, M., Hurbain, P., Hurbain, I. – “Extreme NXT Extending the LEGO Mindstorms NXT to the Next Level Ed. Springer-Verlag New York, Inc, USA, 2007.
- [4] Ferrari, Mario et al. – “Building Robots with LEGO Mindstorms” Ed. Syngress Publishing, Inc., USA, 2002.
- [5] Astolfo, Dave et al. – “Building robots with LEGO MINDSTORMS NXT” Ed. Syngress Publishing, Inc., USA, 2007.
- [6] Hansen, J. – “Lego Mindstorms NXT Power Programming Robots in C” 2ª edição, Ed. Variant Press, Inc., USA, 2009.