

Universidade Federal de Minas Gerais  
Introdução à Robótica  
Trabalho Prático 1 - Programação Utilizando a  
HandyBoard  
Documentação

Dimas Dutra, Leandro Maia, Leandro Marcolino, Luciano Borges

September 20, 2007

## **Contents**

<b>1</b>	<b>Introdução</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>Tarefas e objetivos</b>	<b>3</b>
<b>3</b>	<b>Projeto</b>	<b>4</b>
<b>4</b>	<b>Desafios e Decisões</b>	<b>5</b>
<b>5</b>	<b>Metodologia de Testes</b>	<b>6</b>
<b>6</b>	<b>Resultados</b>	<b>6</b>
<b>7</b>	<b>Conclusão</b>	<b>9</b>

# 1 Introdução

A *HandyBoard* [2] é um hardware muito popular para se controlar robôs. Foi desenvolvida por Fred G. Martin no MIT, que permitiu que seu projeto fosse utilizado de forma gratuita. Hoje ela é utilizada por centenas de escolas no mundo inteiro e por muitos aficionados por robótica.

Nesse trabalho será desenvolvido um robô utilizando Lego. Esse robô será controlado por uma *HandyBoard*, programada para que ele realize as tarefas propostas. Na seção 2 será apresentada as tarefas as quais o robô deverá ser capaz de realizar. Na seção seguinte, o projeto desenvolvido é apresentado. Em seguida, na seção 4, mostra-se os desafios encontrados e as decisões de projeto bem como a implementação. Na seção 5 é mostrada a metodologia de testes e na seção 6 são mostrados os resultados obtidos. Por fim, na seção 7 é feita uma conclusão a respeito do trabalho.

## 2 Tarefas e objetivos

Conforme proposto no enunciado do trabalho prático, o robô desenvolvido deverá ser capaz de realizar algumas tarefas, sendo essas:

- O robô deverá transladar por um tempo especificado, utilizando uma potência constante.
- O robô deverá rotacionar por um tempo especificado, utilizando uma potência constante.
- O robô deverá tocar uma música e imprimir o nome da música no display.
- O robô deverá tocar uma música enquanto anda para frente <sup>1</sup>. por 30 segundos.
- O robô deverá ser capaz de desenhar um quadrado de 30cmx30cm por 3 vezes consecutivas.

Espera-se, desta forma, praticar o uso do *Interactive C* para programar um robô construído com Lego. Além disso, será medido o erro de translação e o erro de rotação para diferentes potências do motor.

---

<sup>1</sup>Entende-se como *andar para frente* atuar os motores em um mesmo sentido, fazendo com que o robô desloque para frente segundo seu próprio referencial. Note que não há qualquer restrição do tipo *andar em linha reta*

### 3 Projeto

Devido a simplicidade de projeto e construção, optou-se por construir um robô diferencial [1]. Para que o robô se movimente para a frente, basta atuar as duas rodas com a mesma velocidade linear. Para que ele gire no mesmo lugar, é só atuar uma roda com uma velocidade,  $v$ , e a outra roda com a velocidade oposta,  $-v$ .

A fim de facilitar a calibragem do robô, foi desenvolvido um sistema de *menus* capaz de fornecer toda a flexibilidade necessária para que os parâmetros de calibração (diferença entre as potências dos motores, tempo de atuação, etc) fossem ajustados em tempo de execução, evitando assim que o código fosse compilado e carregado a cada alteração. Além das rotinas de calibração, o sistema permite que cada calibração seja salva e carregada para cada uma das pré-definições de potência do motor (20%, 60% e 100%), bem como opções de teste e ações a serem realizadas durante a apresentação.

O sistema de *menus* foi projeto de forma a ser o mais fácil possível. Para alternar entre cada uma das opções disponíveis em cada nível do *menu*, utilize a tecla **STOP** da *HandyBoard*. Para selecionar a opção desejada, utiliza a tecla **START**. A fim de dar um *feedback* ao usuário que o apertadar da tecla foi realmente entendido, um som característico para cada uma das ações é emitido.

A hierarquia do *menu*, bem como uma breve descrição de cada item é apresentada a seguir:

1. Definições - Permite carregar e salvar definições de calibragem
  - (a) Motor 20% - Definição com a potência configurada a 20%.
    - i. Carregar - Carrega a definição
    - ii. Salvar - Salva a definição
  - (b) Motor 60% - Definição com a potência configurada a 60%.
    - i. Carregar - Carrega a definição
    - ii. Salvar - Salva a definição
  - (c) Motor 100% - Definição com a potência configurada a 100%.
    - i. Carregar - Carrega a definição
    - ii. Salvar - Salva a definição
  - (d) Testes - Definição com a potência livre, para testes.
    - i. Carregar - Carrega a definição
    - ii. Salvar - Salva a definição
2. Calibragem - Permite configurar os diferentes parâmetros de calibragem
  - (a) Diferença Motor - Permite configurar a diferença entre os dois motores

- (b) Potência Motor - Permite configurar a potência que será aplicada aos motores (Este opção só estará disponível caso a definição de testes tenha sido escolhida, do contrário, a potência do motor é aquela referente à definição escolhida)
- (c) Tempo Translação - Permite configurar o tempo que o robô transladará para andar a distância desejada
- (d) Tempo Rotação - Permite configurar o tempo em que o robô rotacionará para girar o ângulo desejado

3. Ações - Executa as ações que devem ser apresentadas

- (a) Áudio - Toca a música escolhida pelo grupo e exibe seu nome na tela
- (b) Andar/Áudio - Anda para frente por 30 segundos, enquanto toca uma música
- (c) 3 Quadrados - Desenha três quadrados de 30cm x 30cm

4. Testes - Realiza diferentes testes para depuração e calibração

- (a) Translação - Anda para frente no tempo calibrado
- (b) Rotação - Gira no tempo calibrado
- (c) Quadrado - Desenha um quadrado, de acordo com os tempos calibrados
- (d) Frente Até Stop - Anda para frente, até que seja apertado o botão STOP

## 4 Desafios e Decisões

O primeiro problema encontrado durante o desenvolvimento do trabalho foi diferença na velocidade das rodas, apesar delas estarem sendo atuadas com a mesma potência no código fonte. Isso pode ter acontecido devido a diferenças na capacidade de atuação dos motores, o que fazia com que um motor tivesse uma resposta diferente do que o outro dado um comando de uma determinada potência. Para resolver esse problema, adicionou-se nas opções de calibragem a possibilidade de atuar um motor uma porcentagem acima ou abaixo da atuação dada para o outro motor.

Outro problema enfrentado foi a tendência de um lado do robô prender e mover-se de forma mais lenta do que o outro lado do robô, dependendo do local onde ele estava atuando. Isso gerava alterações drásticas na trajetória do robô. Para resolver esse problema, foi necessário diminuir os pontos de contato do robô com o chão, diminuindo assim, as possibilidades dele prender um de seus lados durante a trajetória. Mantemos, assim, apenas

dois pontos de contato do robô com o chão, além das rodas: um no canto direito e outro no canto esquerdo, na frente do robô.

Configurar as constantes de forma apropriada também foi uma das dificuldades encontradas. Não foi encontrado nenhum método melhor do que tentativa e erro para se obter bons resultados. Utilizando as funcionalidades de salvar e carregar já apresentadas, salvamos os valores ideais para cada definição de potência do motor.

## 5 Metodologia de Testes

Foram realizados uma bateria de testes para levantar, quantitativamente, a qualidade do controle de trajetória utilizado. Para cada potência de acionamento dos motores, calibraramos 3 variáveis: a razão entre a potência dos motores de cada lado e os tempos de rotação e translação.

A razão entre a potência dos motores é ajustada para compensar as assimetrias entre os lados do robô. Essas assimetrias decorrem do fato dos dois motores não serem idênticos e de diferenças na montagem do robô. Para calibrar esse parâmetro, o robô foi colocado para andar em linha reta e o valor da razão foi alterado para que sua trajetória se aproximasse o máximo possível de uma reta.

O tempo de translação deveria ser ajustado para que o robô andasse uma distância de 30 centímetros para a potência desejada. Para as potências de 20%, 60% e 100% do valor máximo de tensão nos motores, foi ajustado o valor do tempo de translação para que seu deslocamento fosse o mais próximo possível de 30 cm. Após encontrado esse valor ótimo, foram realizadas 10 medidas para cada potência para investigar a distribuição da distância percorrida com os parâmetros de calibração utilizados. Para a potência de 50% também foi investigado a relação da distância percorrida em função do tempo de acionamento dos motores. Foram realizadas 10 medidas de translação para cada tempo de acionamento investigado, sobre as quais foram calculadas a média e desvio padrão.

De forma análoga à translação, o tempo de rotação foi ajustado para que o robô girasse  $90^\circ$  para a potência desejada. Também foram realizadas 10 medidas para cada potência e foi investigada a distribuição do ângulo rotacionado com os parâmetros de calibração utilizados.

## 6 Resultados

Foram feitos os seguintes gráficos para exibir os dados conseguidos nos testes de calibração:

Nos gráficos acima podemos ver que a variância da distância percorrida aumenta com a potência e que a distribuição não é normal. A 20% de

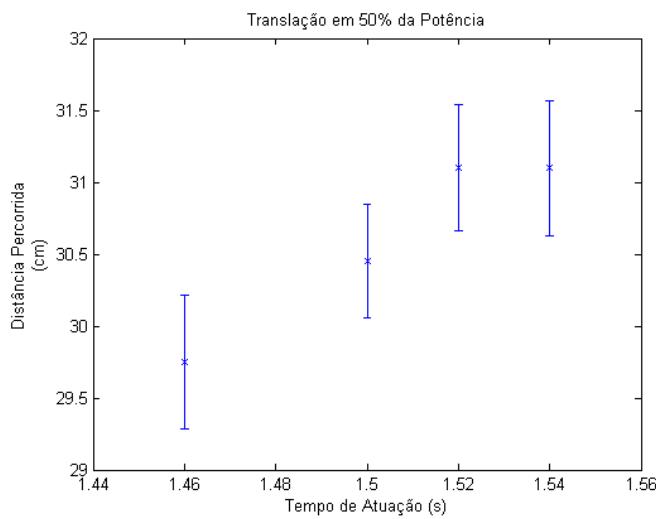
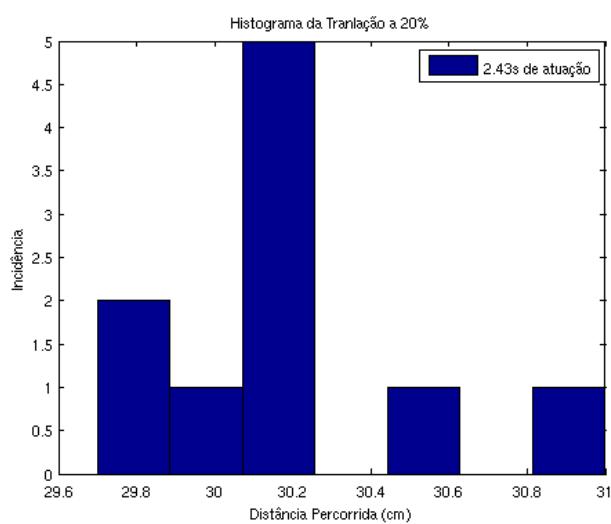
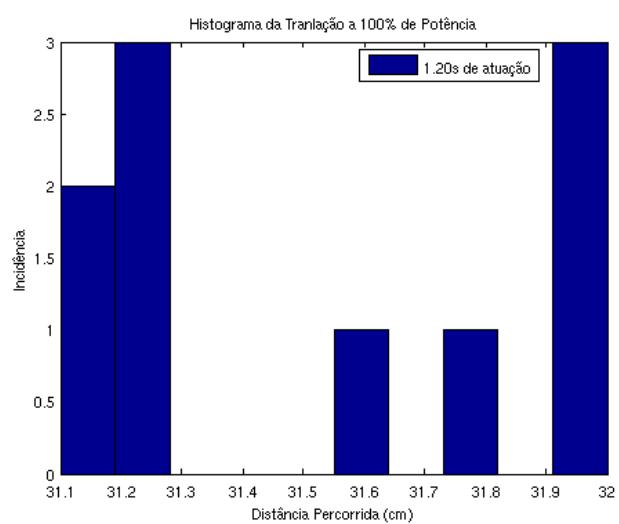
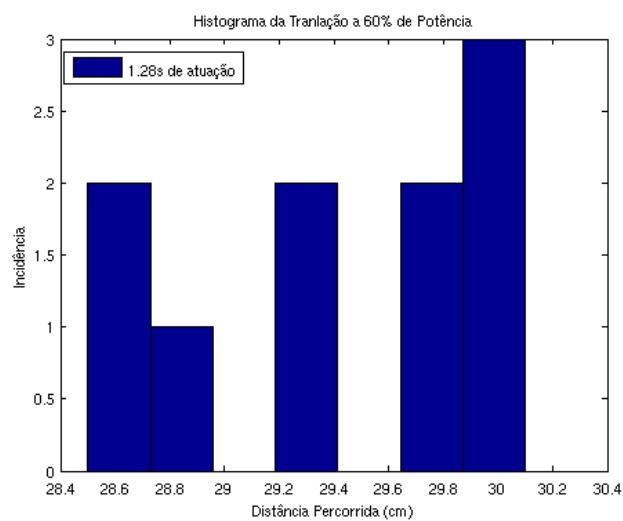
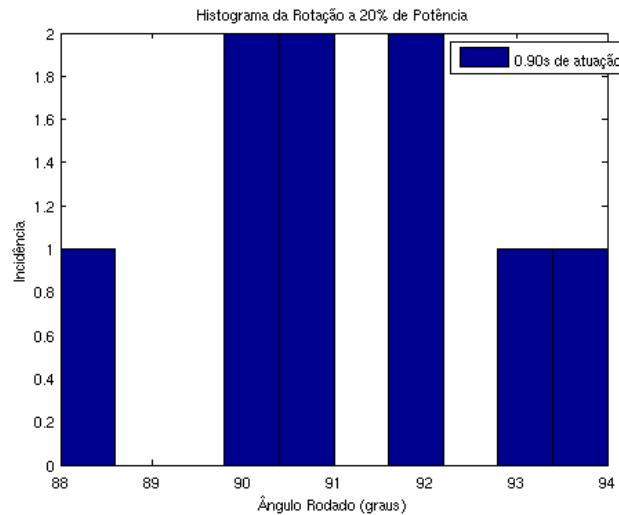


Figure 1: Relação entre tempo de atuação dos motores e translação medida







potência podemos ver que o valor esperado é próximo da média, mas o mesmo não ocorre a 100% de potência.

Para a rotação, obtivemos os seguintes gráficos:

Nos dados de rotação a variância também aumenta com a potência mas a média se aproxima mais do valor esperado.

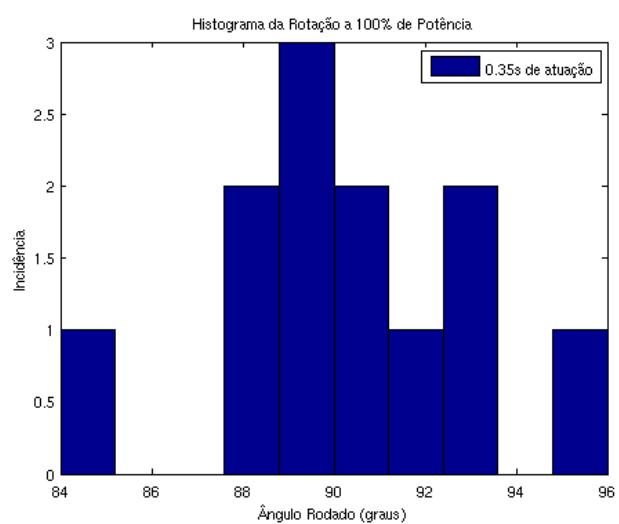
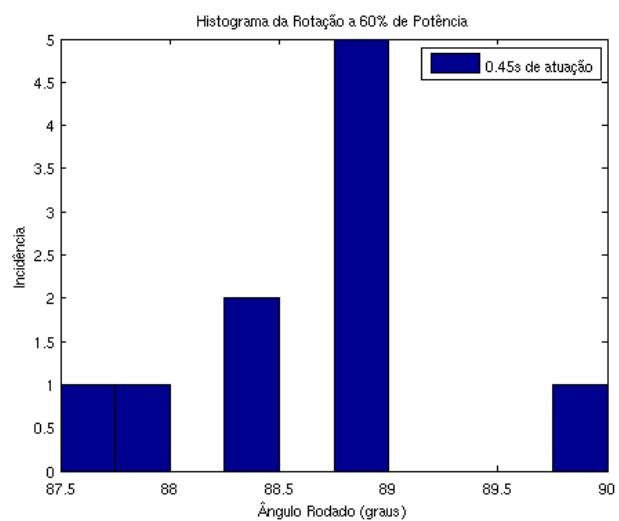
## 7 Conclusão

Nesse trabalho, construiu-se um robô diferencial utilizando Lego. Além disso, programou-se a *HandyBoard* para que o robô execute diversas tarefas, entre elas a capacidade de desenhar um quadrado e a de movimentar-se enquanto toca uma música. Várias medidas foram realizadas, para analisar o erro de translação e o erro de rotação do robô. À partir dessas medidas, pôde-se avaliar o resultado de nosso projeto.

Percebeu-se, nesse trabalho, as diversas dificuldades enfrentadas para se projetar e construir um robô. Muitas vezes, o robô pode não funcionar como esperado devido a problemas físicos e não a falhas no código fonte. Além disso, pode ser difícil reproduzir exatamente as condições que causaram uma falha de execução. Por fim, algumas vezes pode ser difícil avaliar se um problema foi causada por uma falha no código ou por uma simples necessidade de calibração.

## References

- [1] Página da Wikipedia sobre o robô diferencial. Disponível em <[http://en.wikipedia.org/wiki/Differential\\_wheeled\\_robot](http://en.wikipedia.org/wiki/Differential_wheeled_robot)>. Acesso em



<18/09/07>.

- [2] Página da Wikipedia sobre a HandyBoard. Disponível em <<http://en.wikipedia.org/wiki/Handyboard>>. Acesso em <18/09/07>.