



DOCUMENTAÇÃO DE ANTEPROJETO RC CAR

Campina Grande - PB

Maio 2022

ANTONIO FELIPE DE MELO NETO
JOSÉ NESTOR DA SILVA COMBÉ
MATEUS DE SOUSA PEREIRA

Documentação de anteprojeto
requerido como acompanhamento
parcial pelos professores da
capacitação, através da parceria
com a empresa Brisa Robótica.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	3
OBJETIVOS	3
MATERIAIS E MÉTODOS	4
RESULTADOS ESPERADOS	5
VIABILIDADE DE EXECUÇÃO	6
CRONOGRAMA DE ATIVIDADES	6
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	7

1. INTRODUÇÃO

As rodas omnidirecionais (Mecanum Wheels) trouxeram a mobilidade necessária para que os robôs realizassem movimentos em um plano bidirecional que antes necessitava de muito espaço. O conjunto possui três graus de liberdade, com movimentos horizontais, verticais e rotacionais, desse modo a plataforma móvel composta de rodas omnidirecionais pode trazer a mobilidade necessária para serem utilizados em trabalhos domésticos, industriais, agrícolas e em inúmeras outras áreas.

Com base nos estudos de um Rc Car disposto de 4 (quatro) rodas omnidirecionais dispostas a 45° em relação ao eixo da roda, o projeto baseia-se em controlar esse dispositivo remotamente utilizando os princípios, ferramentas e sensores apresentados na capacitação de robótica, que são descritas nas seções a seguir.

2. OBJETIVOS

O objetivo do presente trabalho é apresentar o modelo de um carro disposto de 4 rodas omnidirecionais e realizar o processo de controle do mesmo em um ambiente.

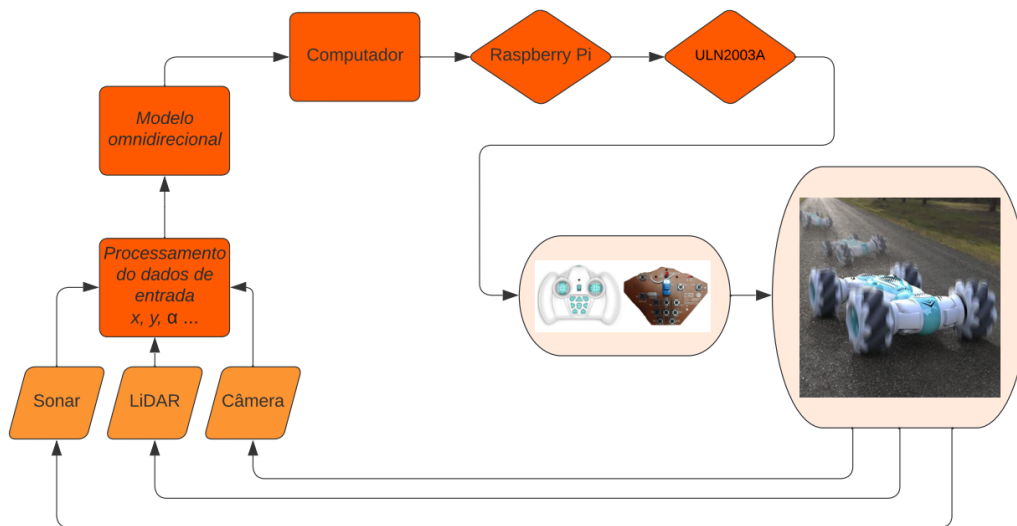
Para chegar ao processo de controle final, precisa-se realizar e verificar as leituras dos sensores no ambiente, realizar tratamento dos dados, adaptar o sistema de controle remoto original do carro, inserir o Ros e a raspibarry pi no sistema de controle.

3. MODELO OMNIDIRECIONAL

O que governa um sistema são as funções que regem o modelo, estas funções são obtidas a partir de uma modelagem matemática que relacionam as entradas (sensores) com a saída (movimento). Desse modo tem-se que a base

metodológica tem como principal argumento, as intercomunicações descritas na Figura 1.

Figura 1 - Fluxograma do sistema de controle do robô.



Fonte: Autoria própria.

O sistema de rodas omnidirecionais é mostrado na Figura 2, possui 9 rolos que permitem o carro realizar movimentos em diferentes sentidos, conforme o giro dos motores de cada roda, conforme apresentado na Figura 3.

Figura 2 - Rodas do Rc Car.

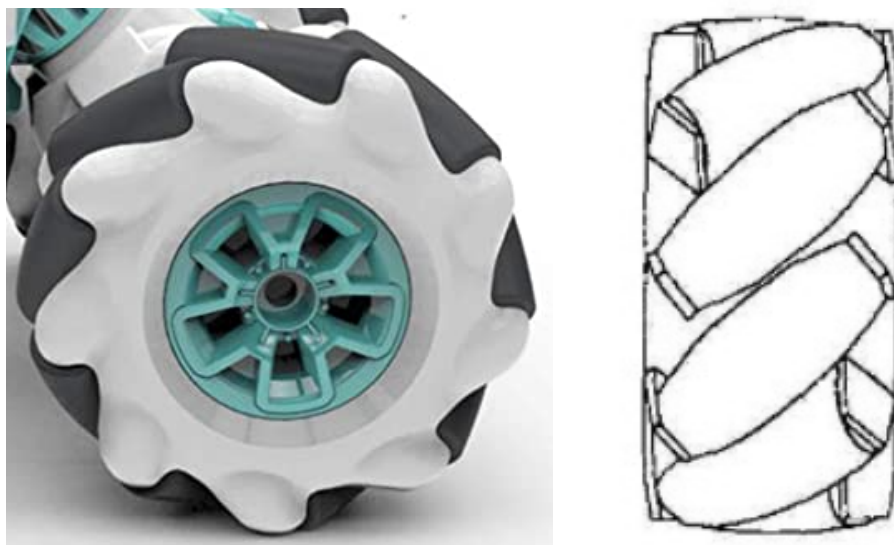
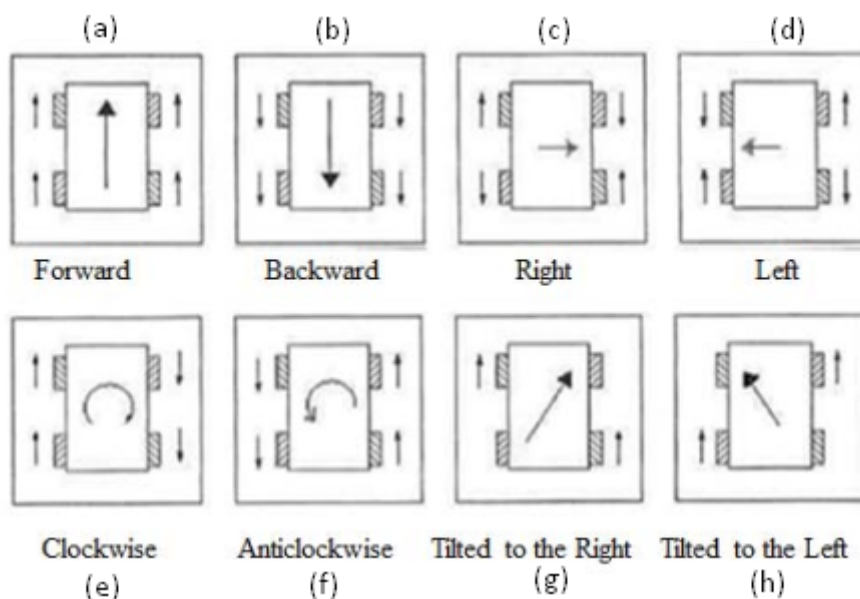


Figura 3 - Representação do movimento de carro segundo o sentido de giro de cada motor.



Pode-se verificar que o carro realiza os movimentos segundo os três graus de liberdade que suas rodas permitem, como por exemplo se deslocar para a diagonal esquerda (h), quando apenas o motor superior direito e inferior esquerdo estão girando no sentido horário ou até mesmo girar em torno do seu próprio eixo no sentido horário (e), quando as duas rodas do lado esquerdo giram no sentido horário e as duas rodas do lado direito no sentido anti-horário.

O layout do carro está apresentado na figura 4 e pode-se perceber que os rolos das rodas estão dispostos de 45° em uma diagonal e -45° em outra. Na figura 5 é apresentado o modelo da roda e seus parâmetros.

Figura 4 - Layout do carro.

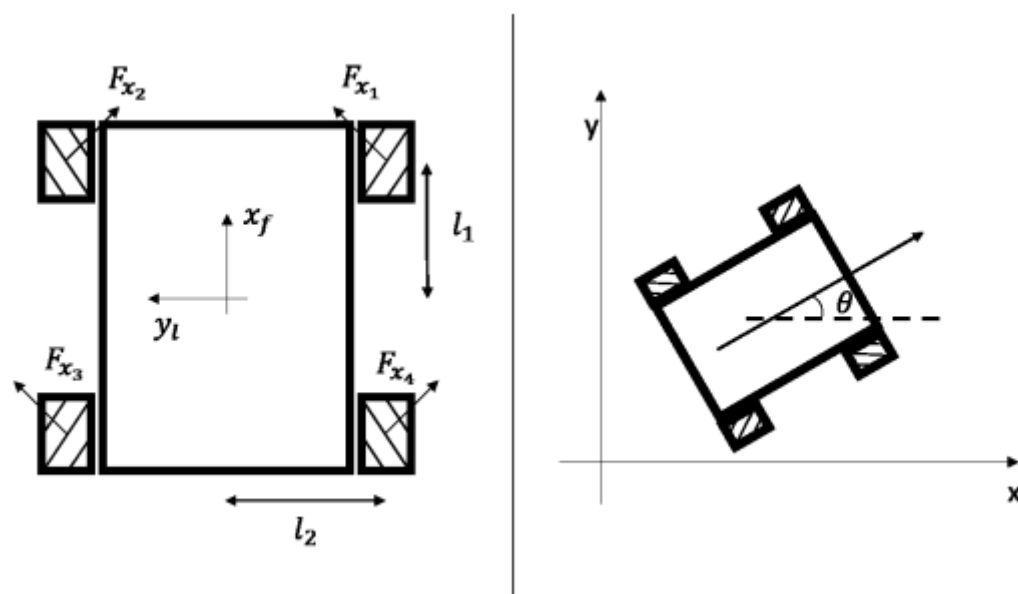
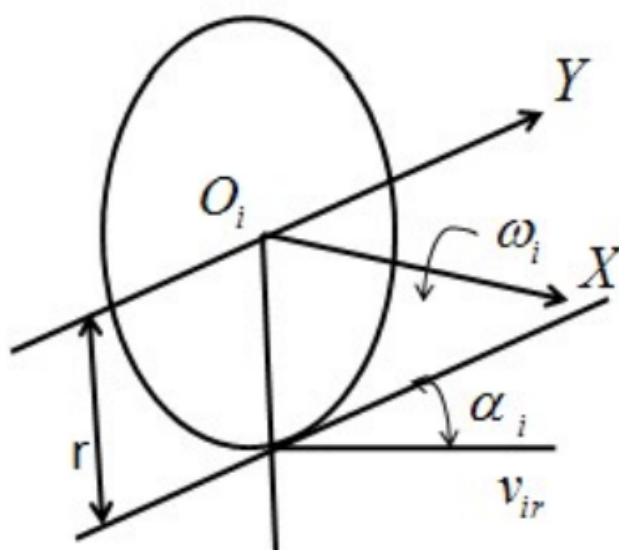


Figura 5 - Rodas



A dinâmica do veículo é definida como movimentos de um corpo rígido em relação a um sistema de referência, no caso a referência dada na Figura 4. Deste modo, o estudo da dinâmica se dá pelo entendimento dos movimentos e interações de um veículo com seus eixos de coordenadas e com o ambiente.

Para estabelecer a análise dinâmica do modelo de movimento, pode-se realizar algumas considerações para facilitar as equações do sistema:

- A força de atrito entre as rodas omnidirecionais e o piso é de tal forma que as rodas não escorregam, mas pode ser desconsiderado para dinâmica do veículo;
- Os rolos são rígidos, de modo que o caso de deformação não vai ser levado em consideração.
- m - Massa do veículo;
- l_1 - Distância entre o centro do veículo e o eixo da roda;
- l_2 - Distância entre o centro do veículo e o meio da roda;
- \ddot{x}_f - Aceleração na direção frontal;
- \ddot{y}_l - Aceleração na direção lateral;
- F_{xf} - Força na direção frontal;
- F_{yl} - Força na direção lateral;
- F_{fi} - Força na direção frontal da roda i ;
- F_{li} - Força na direção lateral da roda i ;
- I - Momento de inércia;
- $\ddot{\theta}$ - Aceleração angular de rotação das rodas;
- τ - Momento do carro;
- T_i - Torque na roda i ;
- R - Raio da roda.

Para iniciar a dinâmica do veículo pode-se aplicar a segunda lei de Newton:

$$m \cdot \ddot{x}_f = F_{xf}$$

$$m \cdot \ddot{y}_l = F_{yl}$$

$$I \cdot \ddot{\theta} = \tau$$

Aplicando a equação para as quatro rodas, tem-se:

$$F_{xf} = F_{f1} + F_{f2} + F_{f3} + F_{f4}$$

$$F_{yl} = F_{l1} - F_{l2} + F_{l3} - F_{l4}$$

$$\tau = (F_{f1} - F_{f2} - F_{f3} + F_{f4}) \cdot l_2 + (F_{l1} - F_{l2} - F_{l3} + F_{l4}) \cdot l_1$$

Realizando a análise individual sobre cada roda, sabe-se que a força na direção dos eixos atua a 45° então,

$$F_{fi} = T_i \cdot R \cdot \sin\left(\frac{\pi}{4}\right)$$

$$F_{li} = T_i \cdot R \cdot \cos\left(\frac{\pi}{4}\right)$$

Para obter as equações da aceleração na direção frontal e lateral observa-se a matriz de espaços de estado abaixo.

$$\begin{array}{cccccc} \ddot{x}_f & \frac{R \cdot \sin\left(\frac{\pi}{4}\right)}{m} & \frac{R \cdot \sin\left(\frac{\pi}{4}\right)}{m} & \frac{R \cdot \sin\left(\frac{\pi}{4}\right)}{m} & \frac{R \cdot \sin\left(\frac{\pi}{4}\right)}{m} & T_1 \\ \ddot{y}_l & \frac{R \cdot \cos\left(\frac{\pi}{4}\right)}{m} & -\frac{R \cdot \cos\left(\frac{\pi}{4}\right)}{m} & \frac{R \cdot \cos\left(\frac{\pi}{4}\right)}{m} & -\frac{R \cdot \cos\left(\frac{\pi}{4}\right)}{m} & T_2 \\ \ddot{\theta} & \frac{R \cdot \sin\left(\frac{\pi}{4}\right) \cdot (l_1 + l_2)}{I} & \frac{R \cdot \sin\left(\frac{\pi}{4}\right) \cdot (l_1 - l_2)}{I} & \frac{R \cdot \sin\left(\frac{\pi}{4}\right) \cdot (-l_1 - l_2)}{I} & \frac{R \cdot \sin\left(\frac{\pi}{4}\right) \cdot (-l_1 + l_2)}{I} & \begin{array}{l} T_3 \\ T_4 \end{array} \end{array} \quad *$$

Para o estudo da cinemática do carro deve-se levar em consideração a velocidade frontal do veículo e velocidade angular de cada roda. A equação cinemática permite prever o movimento do robô, caso a velocidade angular de cada roda seja conhecida. Deve-se considerar as seguintes variáveis para esse estudo:

- ω_i - Velocidade angular da roda i ;
- ω_{mi} - Velocidade angular do motor i ;
- v_f - Velocidade frontal;
- v_l - Velocidade lateral;
- v_θ - Velocidade de rotação;
- N - Relação de transmissão do motor;
- v_x - Velocidade na direção do eixo x;
- v_y - Velocidade na direção do eixo y;

Assim a velocidade angular de cada roda é dada pela matriz abaixo:

$$\begin{array}{ccccc}
 \omega_1 & & 1 & & 1 & & (l_1 + l_2) & & T_1 \\
 \omega_2 & = & \frac{1}{R} & * & 1 & & -1 & & - (l_1 + l_2) & & T_2 \\
 \omega_3 & & & & 1 & & 1 & & - (l_1 + l_2) & & T_3 \\
 \omega_4 & & 1 & & -1 & & & & (l_1 + l_2) & & T_4
 \end{array}$$

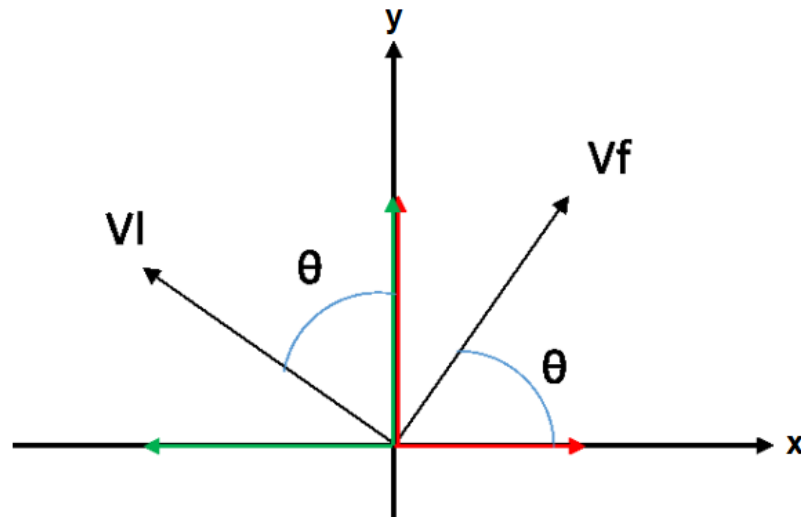
Quando relaciona-se a velocidade de rotação do motor com a velocidade de rotação das rodas pela transmissão N do motor, tem-se para cada roda:

$$\omega_{mi} = \omega_i \cdot N$$

Para encontrar o posicionamento em um eixo fixo como mostrado na figura 4 é necessário saber a velocidade do carro nos eixos das coordenadas x e y. Assim,

observando a figura 6 pode-se projetar as velocidade frontal e lateral sobre os eixos, e encontrar suas respectivas velocidades.

Figura 6 - Representação das velocidades em relação aos eixos fixos.



Desse modo, obtêm-se as equações das velocidades em relação aos eixos fixos:

$$v_x = v_f \cdot \cos(\theta) - v_l \cdot \sin(\theta)$$

$$v_y = v_f \cdot \sin(\theta) + v_l \cdot \cos(\theta)$$

Na forma matricial,

$$\begin{pmatrix} v_x \\ v_y \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos(\theta) & -\sin(\theta) \\ \sin(\theta) & \cos(\theta) \end{pmatrix} * \begin{pmatrix} v_f \\ v_l \end{pmatrix}$$

Para obter a posição em relação aos eixos x e y, deve-se integrar a velocidade.

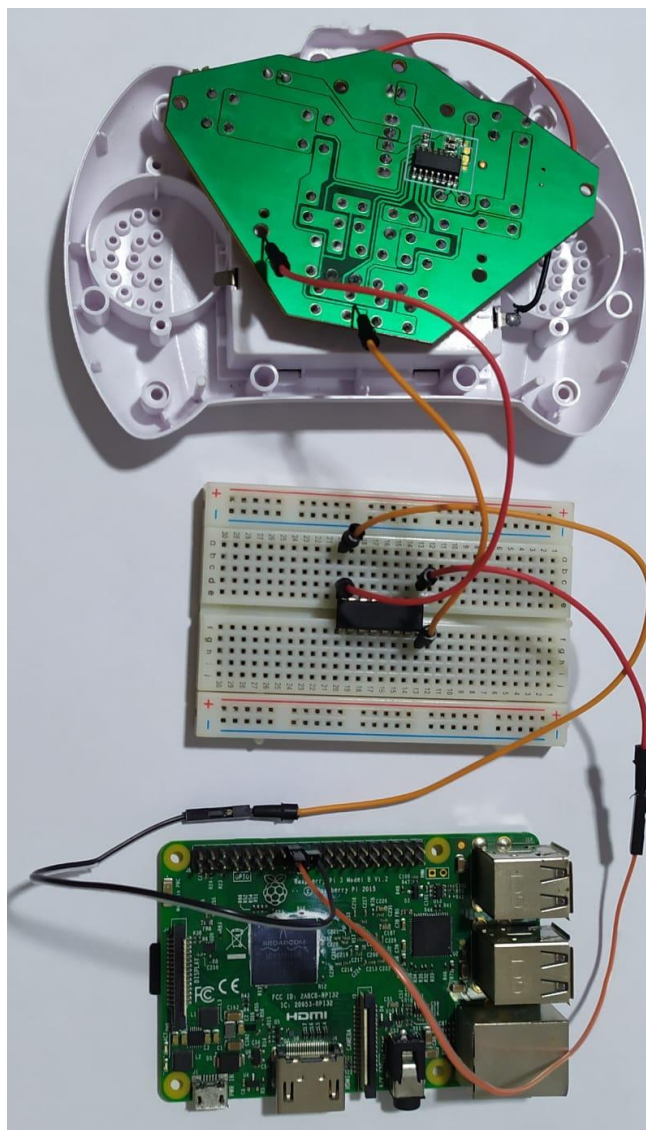
$$\int v_x = x + x_0$$

$$\int v_y = y + y_0$$

4. MATERIAIS E MÉTODOS

O dispositivo que fará o intermédio entre o controle e a Raspberry pi e o controle remoto será o circuito integrado ULN2003A, esse circuito integrado possui 7 entradas que podem controlar até 7 saídas, conseguindo trabalhar com tensão contínua de até 50 V.

Figura 7 - Montagem do circuito de comando.



5. RESULTADOS ESPERADOS

Inicialmente, a formulação de controle, para obter irrestrito acesso às funcionalidades do Storm Stunt, apresenta-se na usurpação da movimentação do controle manual, que o acompanha. Para tal, é proposto a utilização de um circuito externo ao controle, formulando a recepção de comandos, enviados para a raspberry pi, que atuará como intermediária conectiva, ou seja, possui a função de envio de informações do computador para o controle manual do carrinho, de forma que o Rc Car receba os comandos necessários e enviados pela bancada projetista e posteriormente pelo usuário.

Entretanto, em um plano de contingência, havendo a causalidade de ser interrompida a conexão do Storm Stunt com a raspberry pi utilizada, ou em caso de apresentação de falha comportamental na execução dos comandos propostos, é possível que haja a reformulação na comunicação do efetivo móvel, com os comandos enviados, de forma que tal caminho possa ser realizado via ondas de radiofrequência, buscando dessa forma adentrar com comunicação wireless, e por fim percorrer o melhor caminho até o ponto almejado.

6. VIABILIDADE DE EXECUÇÃO

Este trabalho é interdisciplinar no âmbito da Elétrica e Computação, havendo co-orientação de docentes nas respectivas áreas e monitores disponíveis. O plano terá apoio da infraestrutura física do Laboratório eRobótica (raspberry, câmera e computador) e apoio do Capítulo Estudantil de Robótica e Automação da UFCG que estará fornecendo alguns equipamentos (câmera).

7. CRONOGRAMA DE ATIVIDADES

Apropriando-se de um organograma de trabalho baseado em 8 semanas consecutivas de trabalho, das quais podemos, de forma coerente, determinar a atuação do projeto, visando seu cumprimento funcional completo e abrangendo todas as características citadas com suas implementações otimizadas.

Dentre essas atividades, podemos reverenciar as disposições trabalhistas conforme a Tabela 1.

Tabela 1 - Cronograma semanal de disposição das atividades.

Semana	Atividade a ser desenvolvida
01	<ul style="list-style-type: none"> • Secar o choro
02	<ul style="list-style-type: none"> • Iniciar o estudo de controle; • Iniciar a montagem do sistema de controle; • Iniciar os testes com o sistema projetado para o robô.
03	<ul style="list-style-type: none"> • Solucionar problemas com o CI; • Continuar o sistema de controle do robô;
04	<ul style="list-style-type: none"> • Finalizar as atividades propostas para o primeiro mês. • Iniciar a integração dos sensores no Rc Car. • Iniciar a integração do sistema por meio do ROS.
05	<ul style="list-style-type: none"> • Finalizar a integração dos sensores; • Iniciar o processo de localização do carro no ambiente.
06	<ul style="list-style-type: none"> • Continuar com a localização do Rc Car no ambiente; • Procurar e corrigir eventuais falhas.
07	<ul style="list-style-type: none"> • Testes; • Iniciar o relatório.
08	<ul style="list-style-type: none"> • Finalizar o sistema e corrigir eventuais falhas; • Concluir o relatório final.

Fonte: Aatoria própria

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] CORKE, P. **Robotics, vision and control**. Springer, 2011, v. 118.