



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE
CENTRO DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECATRÔNICA



**1º RELATÓRIO: Simulação cinemática de um robô móvel com
acionamento diferencial**
CoppeliaSim 4.1.0 (V-REP)

Iago Lucas Batista Galvão
Jhonat Heberston Avelino de Souza
Thiago de Araújo Brito

1º Relatório: Simulação cinemática de um robô móvel com acionamento
diferencial

CoppeliaSim 4.1.0 (V-REP)

Primeiro Relatório da disciplina EGM0007 - Sistemas
Robóticos Autônomos do Mestrado em Engenharia
Mecatrônica, referente a nota parcial da segunda unidade.

Professor(a): Pablo Javier Alsina.

Sumário

	Páginas
1 INTRODUÇÃO	4
2 OBJETIVO	5
3 METODOLOGIA	5
4 SIMULAÇÃO DO MODELO CINEMÁTICO	6
4.1 RESULTADOS	8
5 CONCLUSÃO	12
6 REFERÊNCIAS	12

1 INTRODUÇÃO

Com o aumento do poder computacional, houve um crescimento no número de pesquisas na área de robótica e, atualmente, o pesquisador é capaz de realizar simulações com qualidade em cenários 2D/3D. Além disso, os simuladores possibilitam a realização de experimentos, sem a necessidade de construir o *hardware* do robô para realizar testes. Como tal desenvolvimento custa caro, esta alternativa possibilita a pesquisa em robôs mais viável e difundida.

Existem muitos *softwares* de simulação robótica disponíveis como, por exemplo, Open HPR, Gazebo, Webots, V-REP etc (1). A plataforma utilizada nesse estudo foi a *Virtual Robot Experimentation Platform* (V-REP), pois atende muitos requisitos, como estrutura de simulação versátil e escalável, arquitetura de controle distribuída, controle por *Script*, *Plugins*, ou API cliente remota entre outras funcionalidades (1).

A versatilidade do simulador contribui para diferentes plataformas robóticas e várias aplicações, não atentando-se somente ao fato de simular robôs com resultados iniciais. Outrossim, isenta o gasto e a necessidade da aquisição do *hardware* para resultados mais realísticos e adaptáveis.

No experimento discutido, foi criado um modelo simples de robô móvel no formato retangular (20x40 cm), com três rodas, sendo estas: duas rodas traseiras tracionadas com 12,5 cm de diâmetro cada e uma roda boba frontal de apoio. Apenas um sensor fora aplicado nesta simulação, o giroscópio e, dois atuadores *joints* (um em cada roda), os quais retornam as respectivas velocidades.

Por tratar-se da primeira de três etapas do projeto, nesta fase inicial, não há necessidade do sensor GPS (*Global Positioning System* ou Sistema de Posicionamento Global) nem do giroscópio, para aferir a posição e orientação em relação a um referencial global, respectivamente. É possível medir a velocidade e a orientação do robô, apenas com a leitura dos atuadores nas rodas traseiras, onde retornam em radianos por segundos, as rotações de cada eixo. Assim, sabe-se as rotações de cada motor, logo, é possível medir a velocidade do corpo como um todo; bem como, as curvas realizadas pelas distintas rotações em cada roda, promovendo a orientação e posição do mesmo a um referencial global.

Entretanto, a nível de simplificação da simulação, o giroscópio foi aplicado, pois o *software* permite apenas um ponto a ser medido dos *joints* nas rodas, onde foi escolhido a velocidade. Com isso, a orientação é dada por este sensor e as demais aferições são realizadas a partir das leituras dos atuadores nos eixos. Ressalta-se também, que foram desprezados os erros de atuação, posição, atrito, derrapagem lateral etc. Onde foi determinado um ponto inicial fixo, aplicando as velocidades desejadas como entrada e simulando a movimentação do robô móvel.

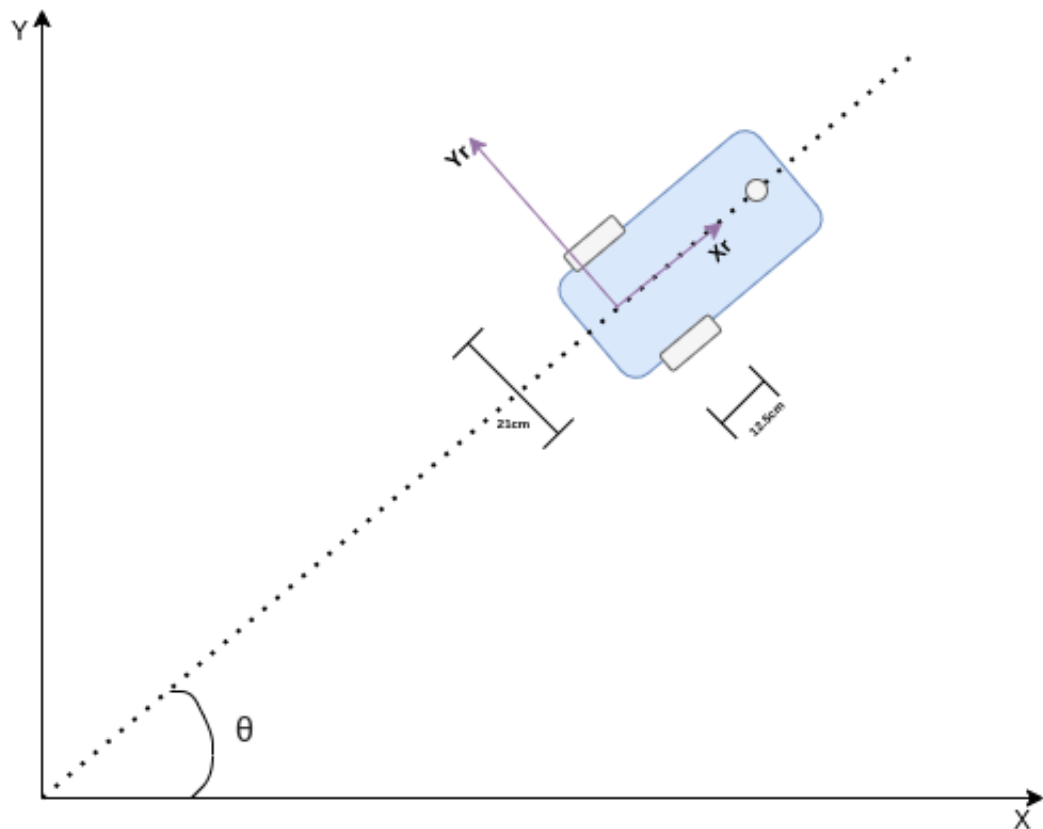
2 OBJETIVO

O propósito desta simulação é aplicar o modelo cinemático em um robô móvel com acionamento diferencial, onde comanda-se as velocidades das rodas, bem como, sua referência; retornando sua posição e orientação em relação a um referencial global.

3 METODOLOGIA

Foi realizado primeiramente a uma modelagem não holonômica do robô para projetar o controlador e caminho. Dessa forma, utilizamos a aqui os conceitos aprendidos de modelagem cinemática e não holonômica de robôs como mostra a Figura ??

Figura 1. Modelagem do robô



Fonte: Autores.

Roda Direita:

- $\theta_d = -90^\circ$
- $\alpha_d = 180^\circ$
- $l_d = b_2$

Roda Esquerda:

- $\theta_e = 90^\circ$
- $\alpha_e = 0^\circ$
- $l_e = b/2$

com base nessas informações podemos obter as equações derrapagem lateral e rolamento:

$$\begin{bmatrix} 1 & 0 & \frac{b}{2} \end{bmatrix} * ({}^iR_R(\theta))^T * q' = w_d * r_d \quad (1)$$

$$\begin{bmatrix} 1 & 0 & -\frac{b}{2} \end{bmatrix} * ({}^iR_R(\theta))^T * q' = w_e * r_e \quad (2)$$

Restrição de derrapagem lateral:

$$\begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \end{bmatrix} * ({}^iR_R(\theta))^T * q' = 0 \quad (3)$$

Ao agruparmos as Equações 1, 2 e 5 teremos nossa modelagem cinemático do robô:

$$\begin{bmatrix} 1 & 0 & \frac{b}{2} \\ 1 & 0 & -\frac{b}{2} \\ 0 & 1 & 0 \end{bmatrix} * ({}^iR_R(\theta))^T * q' = \begin{bmatrix} r_d & 0 \\ 0 & r_e \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} w_d \\ w_e \end{bmatrix} \quad (4)$$

para encontrar q' :

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \\ \theta \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{\cos(\theta) * (r_d * w_d + r_e * w_e)}{2} \\ \frac{\sin(\theta) * (r_d * w_d + r_e * w_e)}{2} \\ \frac{(r_d * w_d - r_e * w_e)}{b} \end{bmatrix} \quad (5)$$

onde $r_d = r_e = 6,25cm$ e $b = 21cm$

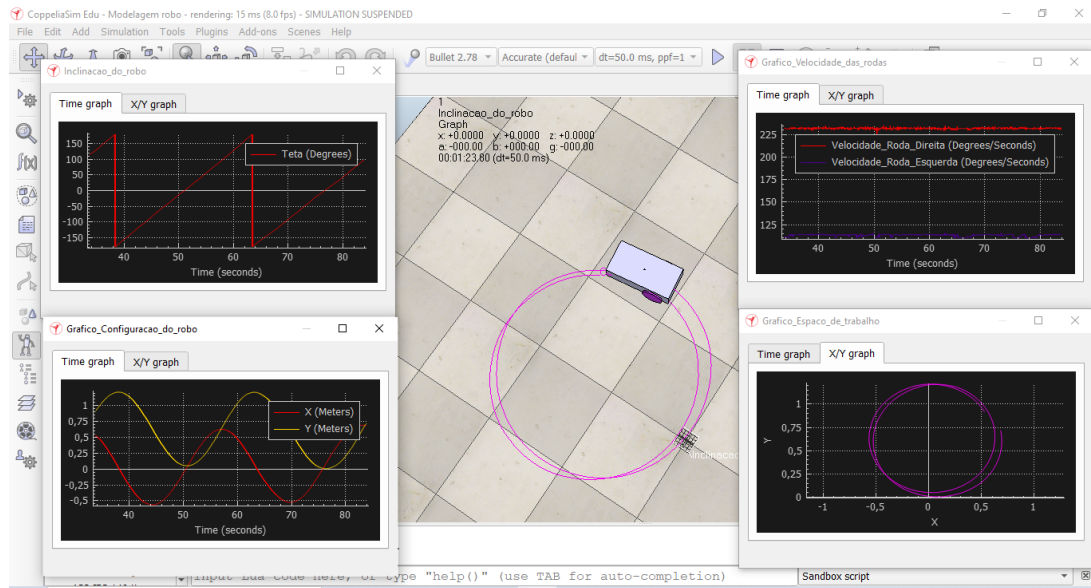
dessa forma podemos modelar um controlador que queremos qual a coordenado e orientação do robô no mundo, e passamos o velocidade angular das rodas podemos ter a posição orientação.

Com essas informações podemos implementar esse robô e modelar no **V-REP** como na Figura 2, com as dimensões da modelagem.

4 SIMULAÇÃO DO MODELO CINEMÁTICO

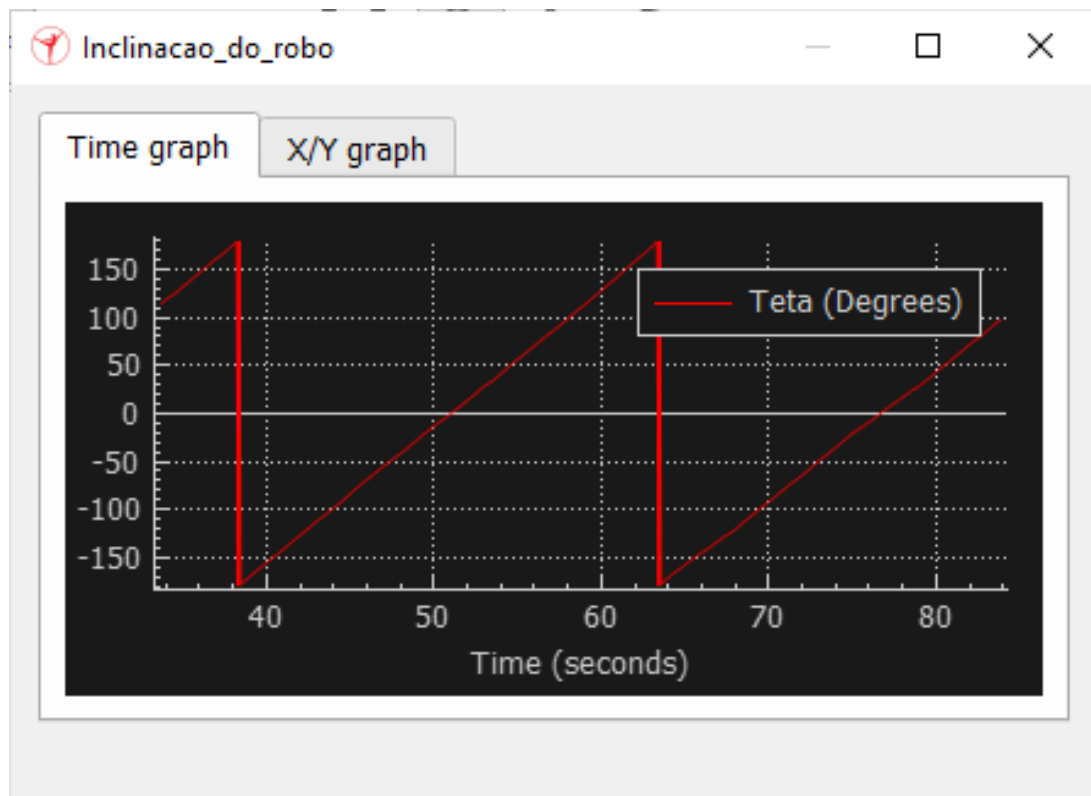
Os demais gráficos demonstrados serão apresentados nesta seção, os quais representam as referências de controle.

Figura 2. Modelagem do robô V-REP



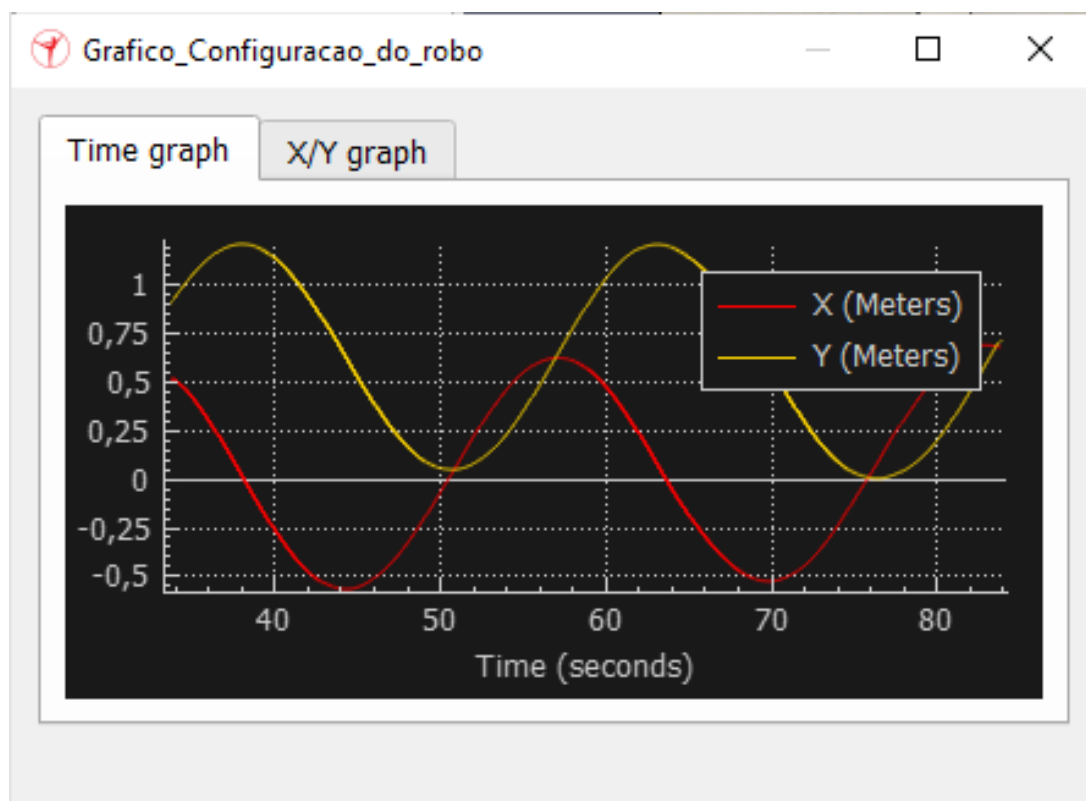
Fonte: Autores.

Figura 3. Variação de inclinação



Fonte: Autores.

Figura 4. *Variação das posições*

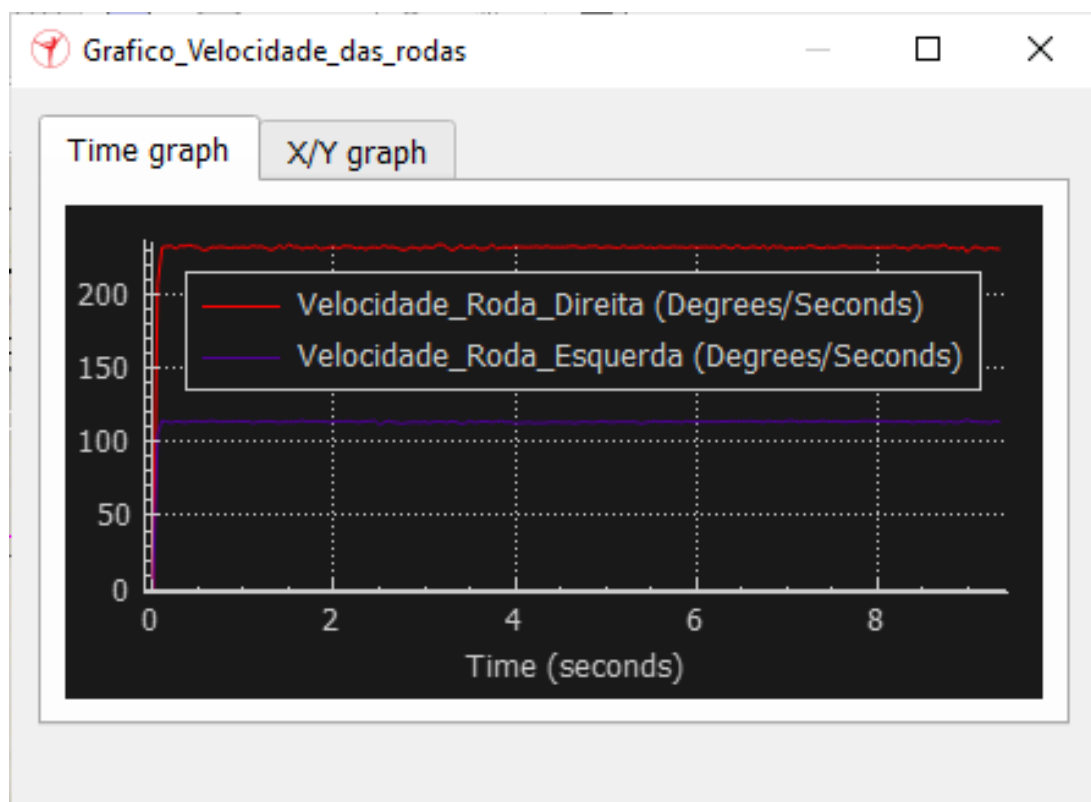


Fonte: Autores.

4.1 RESULTADOS

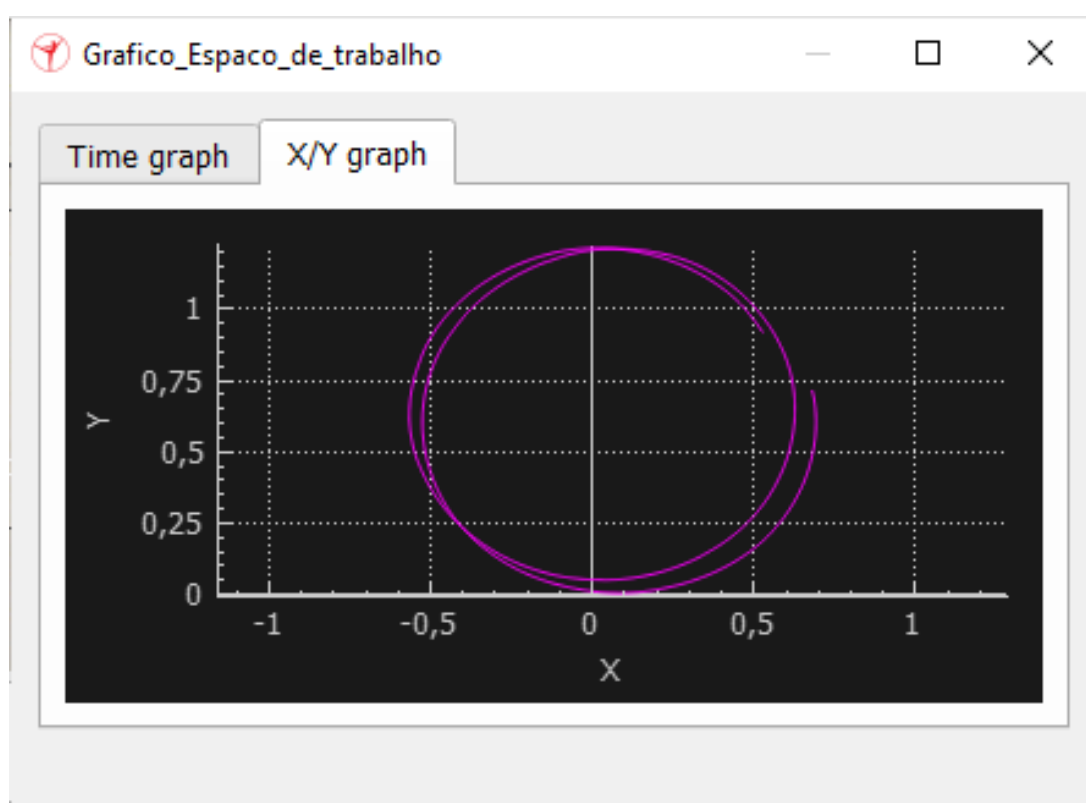
1. O robô Pioneer 3-DX é carregado para a cena, entretanto, com apenas alguns sensores básicos configurados; necessitando, assim, a definição do tipo desejado para as medições almejadas.

Figura 5. *Velocidades das rodas*



Fonte: Autores.

Figura 6. *Gráfico XY*



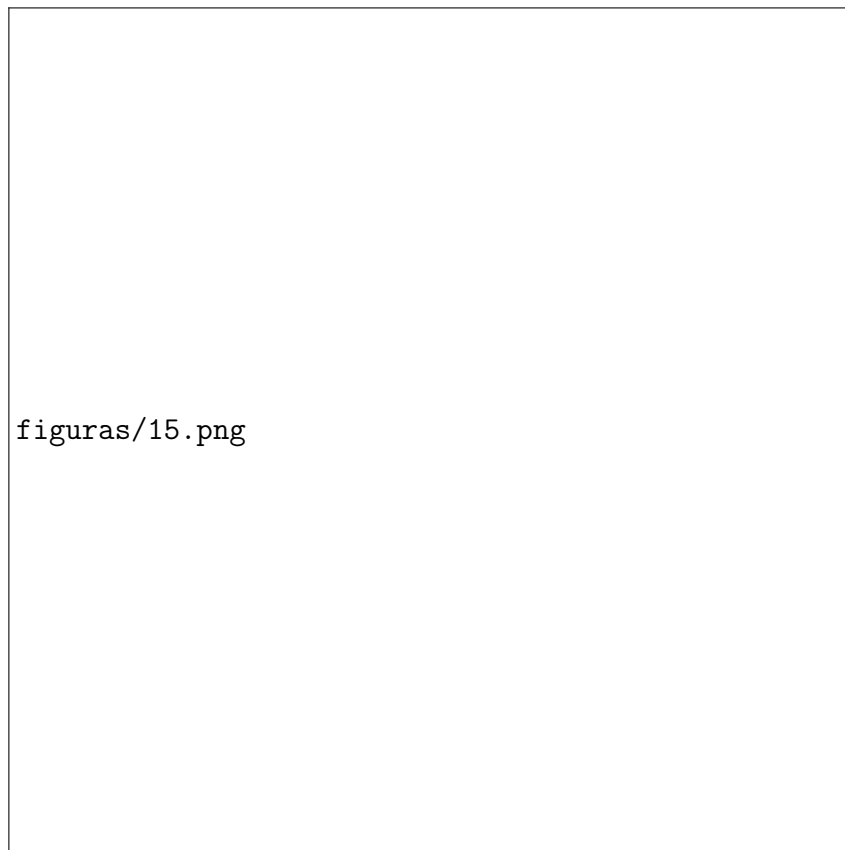
Fonte: Autores.

Nesta seção o gráfico é exportado para o formato CSV, onde é possível manipular tais dados brutos da melhor forma para o tipo de análise. Basta utilizar ferramentas de manipulação destes tipos de dados (ex.: Microsoft Excel, MatLab etc.) e aperfeiçoar os resultados.

Por fim, para exportar o gráfico no formato .csv, no canto superior esquerdo em arquivo, clica-se em exportar e seleciona o gráfico com CSV.

- File > Export > Select graphs as CSV...

Figura 7. *Exportação para CSV.*



figuras/15.png

Fonte: Autor.

5 CONCLUSÃO

Com a inovação de simuladores como este, pesquisadores de todos os níveis podem realizar suas pesquisas sem a necessidade física do dispositivo robótico. Assim, reduzindo ao máximo os possíveis erros de programação, antes de aplicar no robô físico.

A partir desta, também facilitou a compreensão da teoria mostrada em aula, principalmente, nos casos de escassez ou ausência dos materiais necessários para tal finalidade. Outro sim, destaca-se a importância dessas ferramentas simulatórias, para o caso atual de pandemia, onde as aulas são remotas. O mesmo tutorial, com mais detalhes e explicação em tempo real, pode ser acessado no link (<https://www.loom.com/share/36fa8b485fa4412cbcd3f8089785d259>).

Realizando os passos deste tutorial, é possível gerar gráficos para as mais diversas medições necessárias para análise do Robô Pioneer 3-DX, onde outras formas de medições podem aplicar-se para o teste necessário. Com isso, não há necessidade do *hardware* desse modelo para programar outras funcionalidades e simular aplicações mais próximas ao propósito desejado.

6 REFERÊNCIAS

- [1] ROHMER, E.; SINGH, S. P. N.; FREESE, M. V-rep: A versatile and scalable robot simulation framework. In: *2013 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems*. [S.l.: s.n.], 2013. p. 1321–1326. 4
- [2] NASCIMENTO, L. B. P. et al. Introdução ao v-rep: Uma plataforma virtual para simulação de robôs. In: *Alex Oliveira Barradas Filho; Pedro Porfirio Muniz Farias; Ricardo de Andrade Lira Rabêlo. (Org.). Minicursos da ERCEMAPI e EAComp 2019. 1ed. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Computação*. [S.l.: s.n.], 2019. p. 49–68.