

# Relatório da atividade 1: Modelagem de robôs móveis de tração diferencial

Maxwell Albuquerque

22 de setembro de 2020

## 1 Introdução

Com o objetivo de avaliar as diferenças e semelhanças entre o modelo dinâmico formulado com base no artigo proposto (1) e a simulação do P3DX no ambiente de simulações CoppeliaSim(V-REP), foi implementada uma bancada de testes em Python [[https://github.com/MaXwEllDeN/intelligent-automation/tree/ddmr\\_modeling](https://github.com/MaXwEllDeN/intelligent-automation/tree/ddmr_modeling)] capaz de executar diferentes cenários de execução e retornar os parâmetros de interesse para a análise do modelo dinâmico.

## 2 Cenários de Teste

Definimos valores de tensão de armadura em cada motor do robô em questão, que são convertidas em velocidades angulares equivalentes para as rodas do P3DX na simulação. A notação utilizada neste documento indica que as variáveis com subscrito  $R$  são relativas à roda da direita, e com subscrito  $L$  à roda da esquerda. A tabela 1 exibe as condições iniciais para as variáveis de estado utilizadas em todos os cenários de teste.

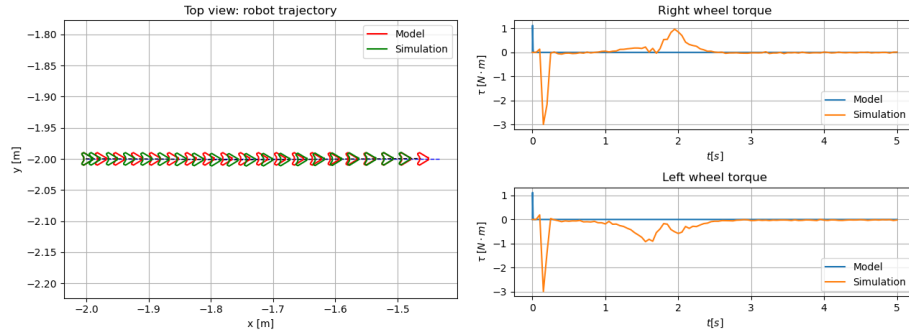
Variável	Condição Inicial	Descrição
$\theta$	$0 \text{ rad}$	Ângulo de guinada
$x$	$-2 \text{ m}$	Posição no eixo $X$
$y$	$-2 \text{ m}$	Posição no eixo $Y$
$\dot{\varphi}_R$	$0 \text{ rad/s}$	Velocidade da roda direita
$\dot{\varphi}_L$	$0 \text{ rad/s}$	Velocidade da roda esquerda
$i_{aR}$	$0 \text{ A}$	Corrente de armadura do motor da direita
$i_{aL}$	$0 \text{ A}$	Corrente de armadura do motor da esquerda

Tabela 1: Condições iniciais das variáveis de estado

### 2.1 Movimento retilíneo com pequenos valores de tensão

- Tempo de execução: 5 segundos

- Tensão de armadura:  $\begin{cases} v_R(t) = 1 \text{ V} \\ v_L(t) = 1 \text{ V} \end{cases}$

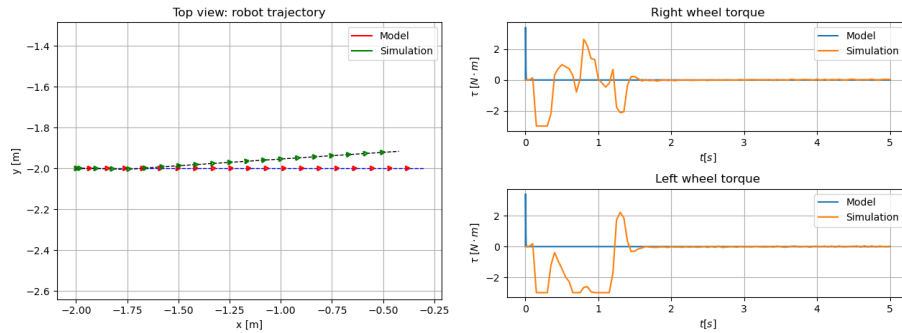


(a) Visão superior da trajetória do robô (b) Torque nas rodas do P3DX

Figura 1: Posição e Torque no cenário 1

## 2.2 Movimento retilíneo com valores elevados de tensão

- Tempo de execução: 5 segundos
- Tensão de armadura:  $\begin{cases} v_R(t) = 5 \text{ V} \\ v_L(t) = 5 \text{ V} \end{cases}$



(a) Visão superior da trajetória do robô (b) Torque nas rodas do P3DX

Figura 2: Posição e Torque no cenário 2

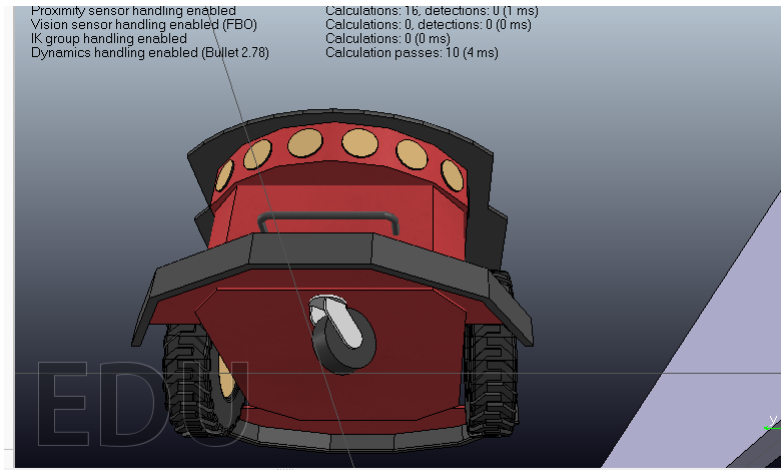


Figura 3: Roda Caster no instante da perturbação no torque

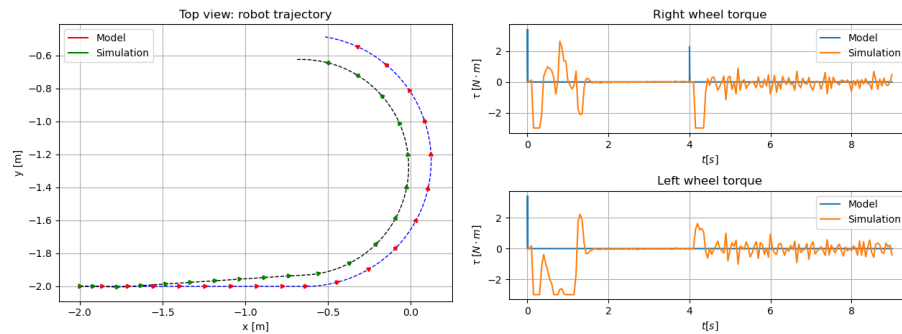
## 2.3 Trajetória curva

- Tempo de execução: 9 segundos

- Tensão de armadura:

$$v_R(t) = \begin{cases} 3 V, & t < 4 s \\ 5 V, & t \geq 4 s \end{cases}$$

$$v_L(t) = 3 V$$



(a) Visão superior da trajetória do robô

(b) Torque nas rodas do P3DX

Figura 4: Posição e Torque no cenário 3

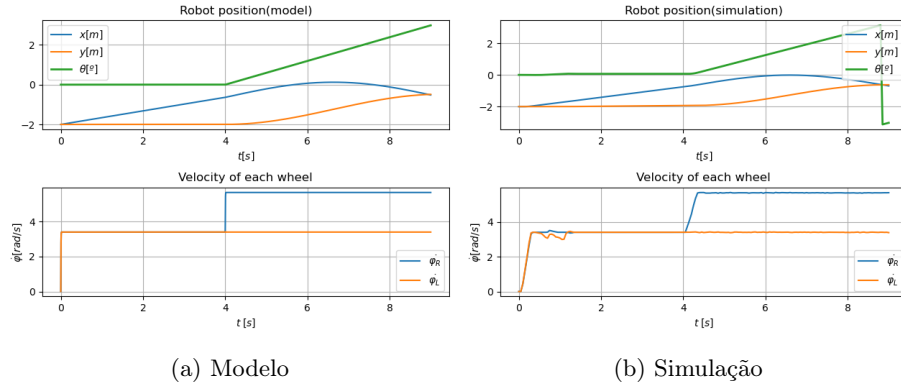


Figura 5: Velocidade e posição no cenário 3

## 2.4 Movimento rotacional

- Tempo de execução: 25 segundos

- Tensão de armadura:

$$v_R(t) = \begin{cases} 3 \text{ V}, & t < 4 \text{ s} \\ 5 \text{ V}, & t \geq 4 \text{ s} \end{cases}$$

$$v_L(t) = 3 \text{ V}$$

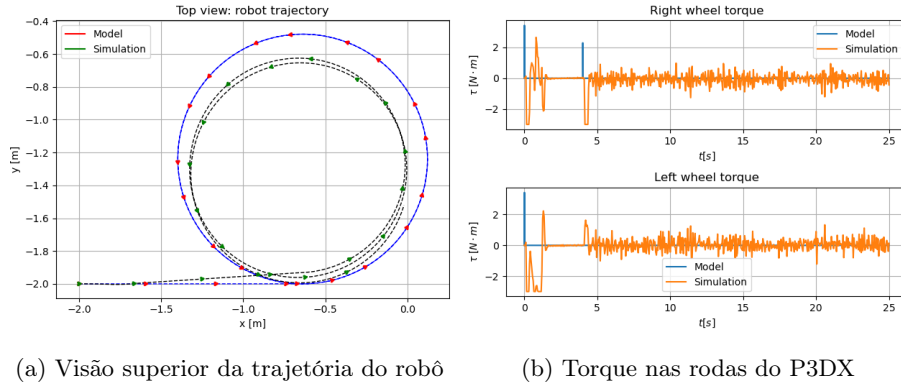


Figura 6: Posição e Torque no cenário 4

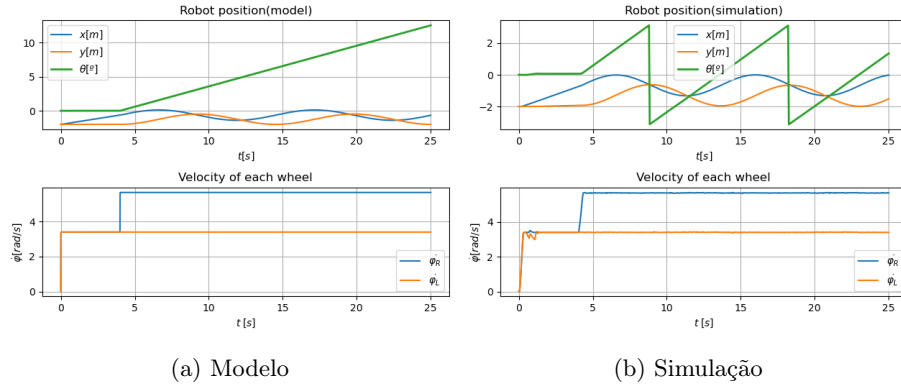


Figura 7: Velocidade e posição no cenário 4

### 3 Conclusões

A partir dos dados coletados da simulação é possível perceber que existem diferenças nas variáveis coletadas para a simulação e calculadas com o modelo.

Na Figura 1b é possível perceber que ao imprimir uma velocidade inicial desejada nas rodas do robô um torque é experienciado por elas para a alteração em sua velocidade angular. Entretanto, se compararmos a magnitude do torque imprimido pelo modelo (aproximadamente  $1 \text{ Nm}$ ) vemos que para desenvolver a mesma velocidade desejada o simulador teve que aplicar um torque de aproximadamente  $3 \text{ Nm}$ . Ao analisar as propriedades dinâmicas do modelo do motor no V-REP, percebemos que o valor de  $3 \text{ Nm}$  é o máximo torque suportado no modelo dos atuadores do P3DX, como é possível ver na Figura 8.

Suponho que o modelo do V-REP leve em consideração componentes extra que aumentam o momento de inércia total do robô, necessitando de um valor de torque maior para imprimir uma mesma velocidade alcançada no modelo.

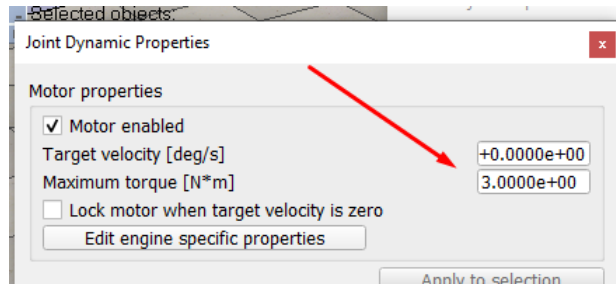


Figura 8: Torque máximo nos atuadores do P3DX

Na Figura 3 é possível notar que a presença da roda caster no cenário de simulação impõe dinâmicas não previstas no modelo, visto que este não con-

templa a presença da roda caster no robô. Já na Figura 2a, percebemos que há um desvio significativo na orientação do robô, que não ocorre quando utilizamos uma tensão menor(Figura 1a).

Nos cenários de movimento rotacional e de trajetória curva podemos perceber analisando as figuras 4a e 6a que aproximadamente na mesma posição em  $x = -0.5$ , o robô muda a orientação e passa a fazer trajetos que divergem daqueles representados pelo modelo.

Nas figuras 5b e 7b percebemos que em aproximadamente  $t = 1s$  há perturbações na velocidade angular das rodas e que diferentemente do modelo, o cenário simulado apresenta atraso de transporte na transição de velocidades.

Além disso, é possível perceber nas figuras 4b e 6b que os torques nos movimentos curvos apresentam demasiada oscilação, diferentemente do que ocorre no modelo.

## Referências

- [1] A. A. H. Rached Dhaouadi, “Dynamic modelling of differential-drive mobile robots using lagrange and newton-euler methodologies: A unified framework,” *Advances in Robotics Automation*, vol. 2, no. ISSN: 2168-9695, pp. 1–7, 2013.