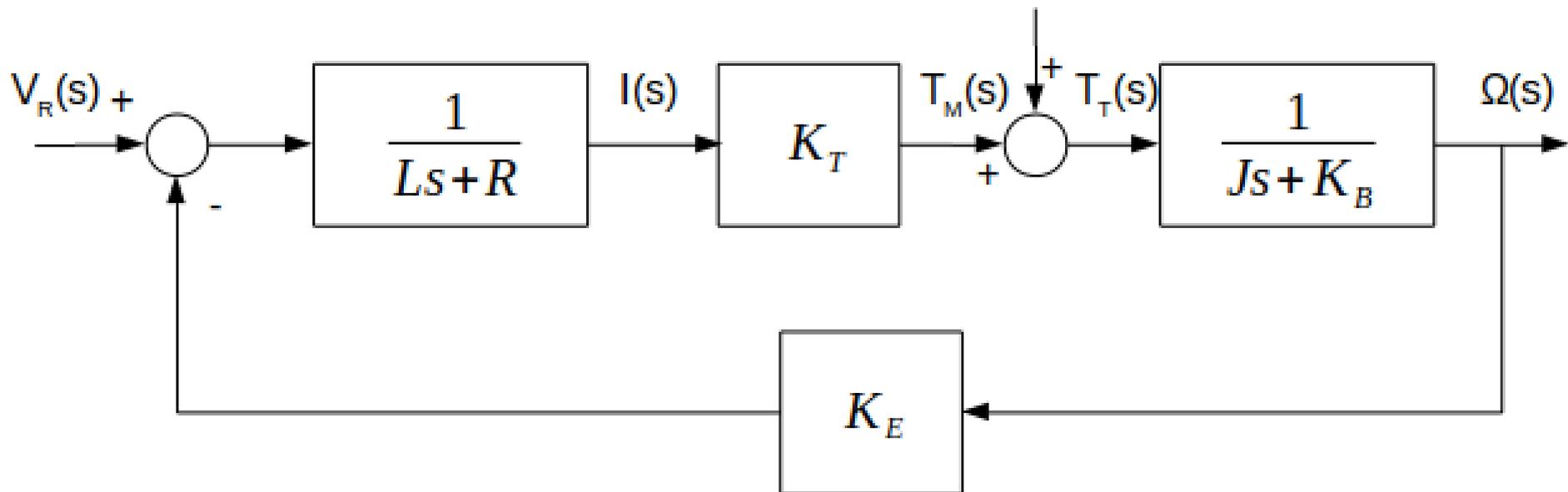


Controlador *Sliding Mode* aplicado a controle de corrente de motor CC

- SEL0364 – Controle Não-Linear Aplicado
- Prof^a Vilma Alves de Oliveira

- Guilherme Mateus M. Pinto
- Stefan Thiago C. A. Santos

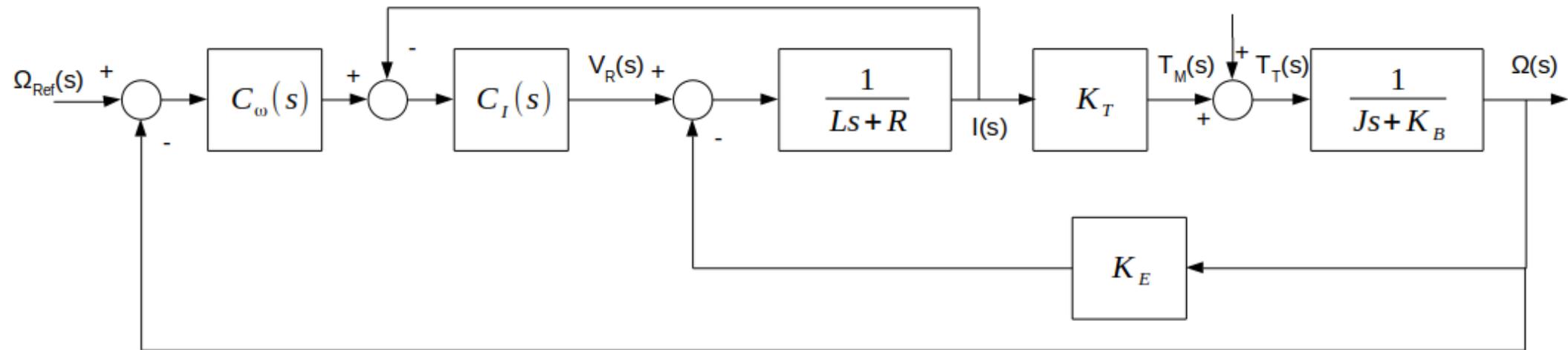
Diagrama de blocos do motor



Equacionamento do processo

$$\begin{bmatrix} \frac{d\omega}{dt} \\ \frac{di}{dt} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{-K_B}{J} & \frac{K_T}{J} \\ \frac{-K_E}{L} & \frac{-R}{L} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \omega \\ i \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ \frac{1}{L} \end{bmatrix} v$$
$$\Rightarrow \begin{bmatrix} \frac{dx_1}{dt} \\ \frac{dx_2}{dt} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{-K_B}{J} & \frac{K_T}{J} \\ \frac{-K_E}{L} & \frac{-R}{L} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ \frac{1}{L} \end{bmatrix} u$$

Diagrama de blocos do sistema – Malha fechada



Sendo: C_w – Controlador de velocidade (tipo PI)
 C_I – Controlador de corrente (tipo Sliding
Mode)

Solução – Controlador Sliding Mode

- Primeiramente, é necessário definir a superfície de deslizamento:

$$s = x_2 - x_2^*$$

- Define-se também a ação de controle como:

$$u = \frac{1}{2}(1 - \text{sign}(s))$$

Solução – Controlador Sliding Mode

- A lei de controle equivalente é dada para a solução de $s'(t) = 0$:

$$\begin{aligned} \dot{s} &= 0 \\ \Rightarrow -\frac{K_E}{L}\omega - \frac{R}{L}i + \frac{1}{L}u_{eq} &= 0 \end{aligned}$$

- Portanto,

$$u_{eq} = K_E\omega + Ri$$

Solução – Controlador Sliding Mode

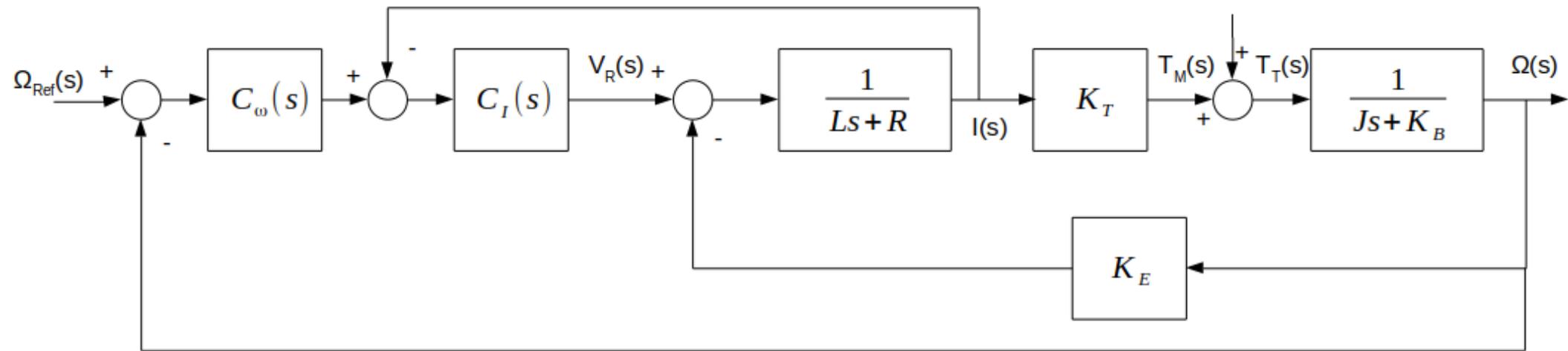
- Como a ação de controle não pode ultrapassar 24V,

$$0 \leq u_{eq} = K_E \omega + Ri \leq 24$$
$$\Rightarrow i \leq \frac{24 - K_E \omega}{R}$$

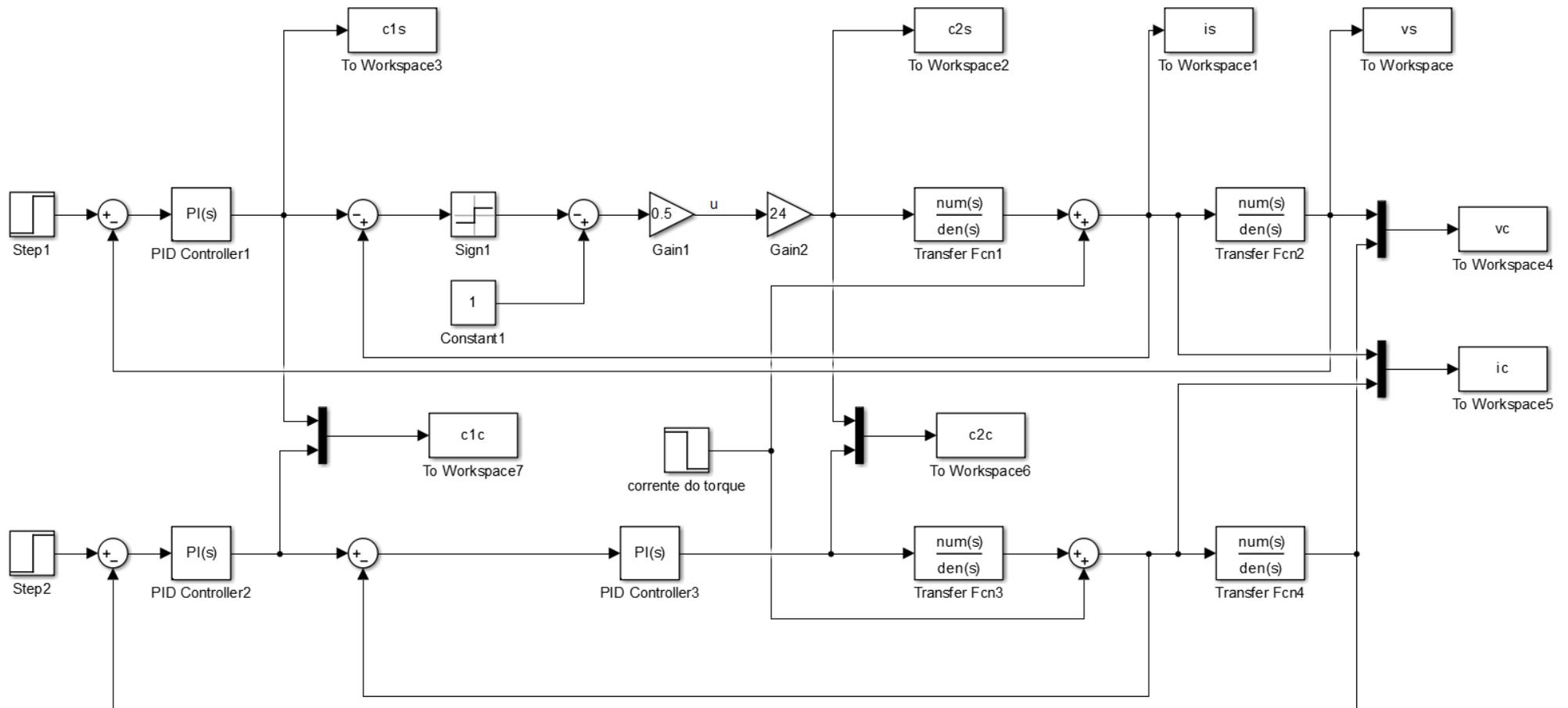
- Pelos dados do fabricante, $K_E = 0,057\text{Vs/rad}$, $R = 2,5\Omega$ e $\omega_{\max} = 1500\text{ rpm}$, então

$$i \leq \frac{24 - 0.057 * 238,7}{2,5} \Rightarrow i \leq 4,16\text{A}$$

Simulações:



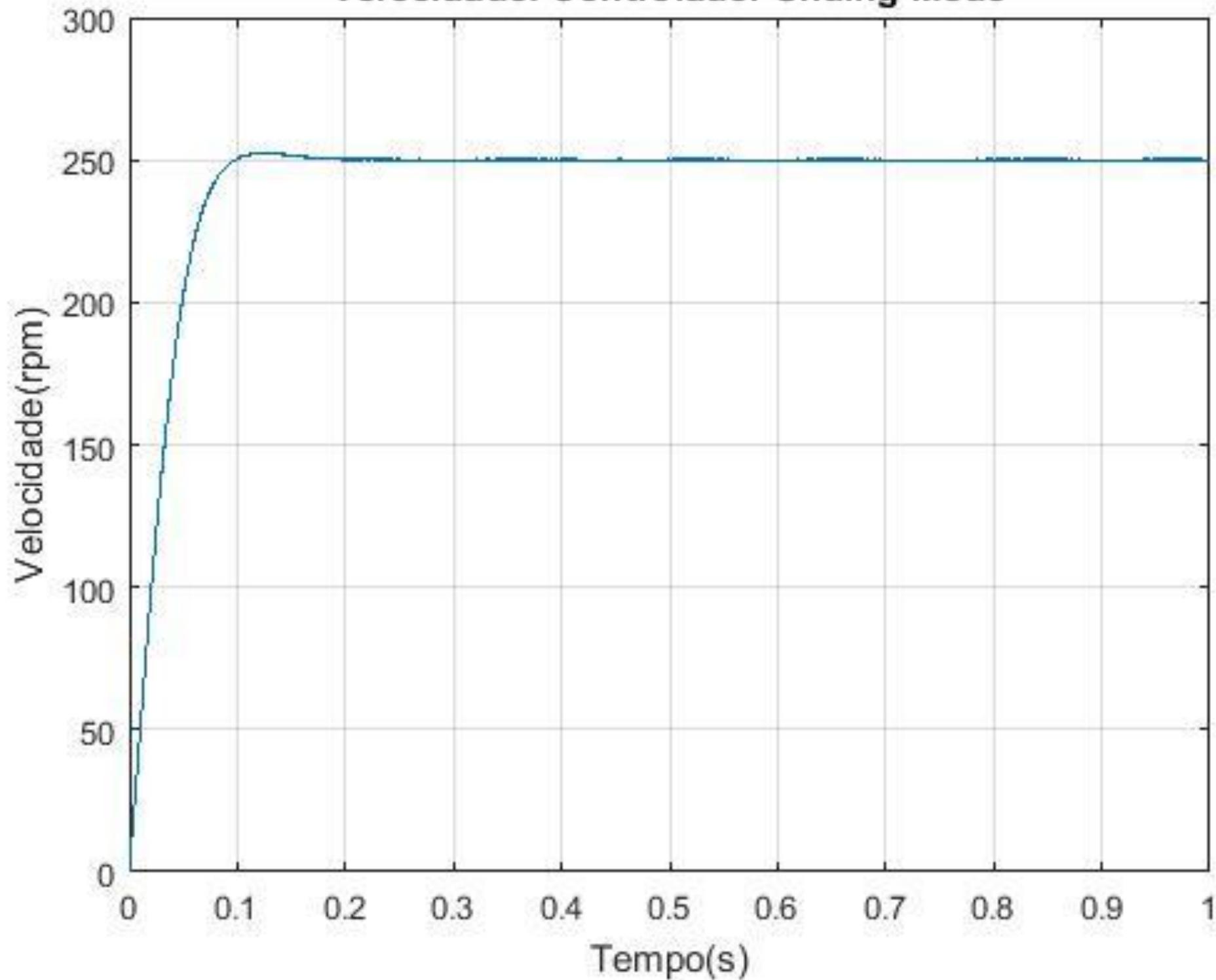
Simulações:



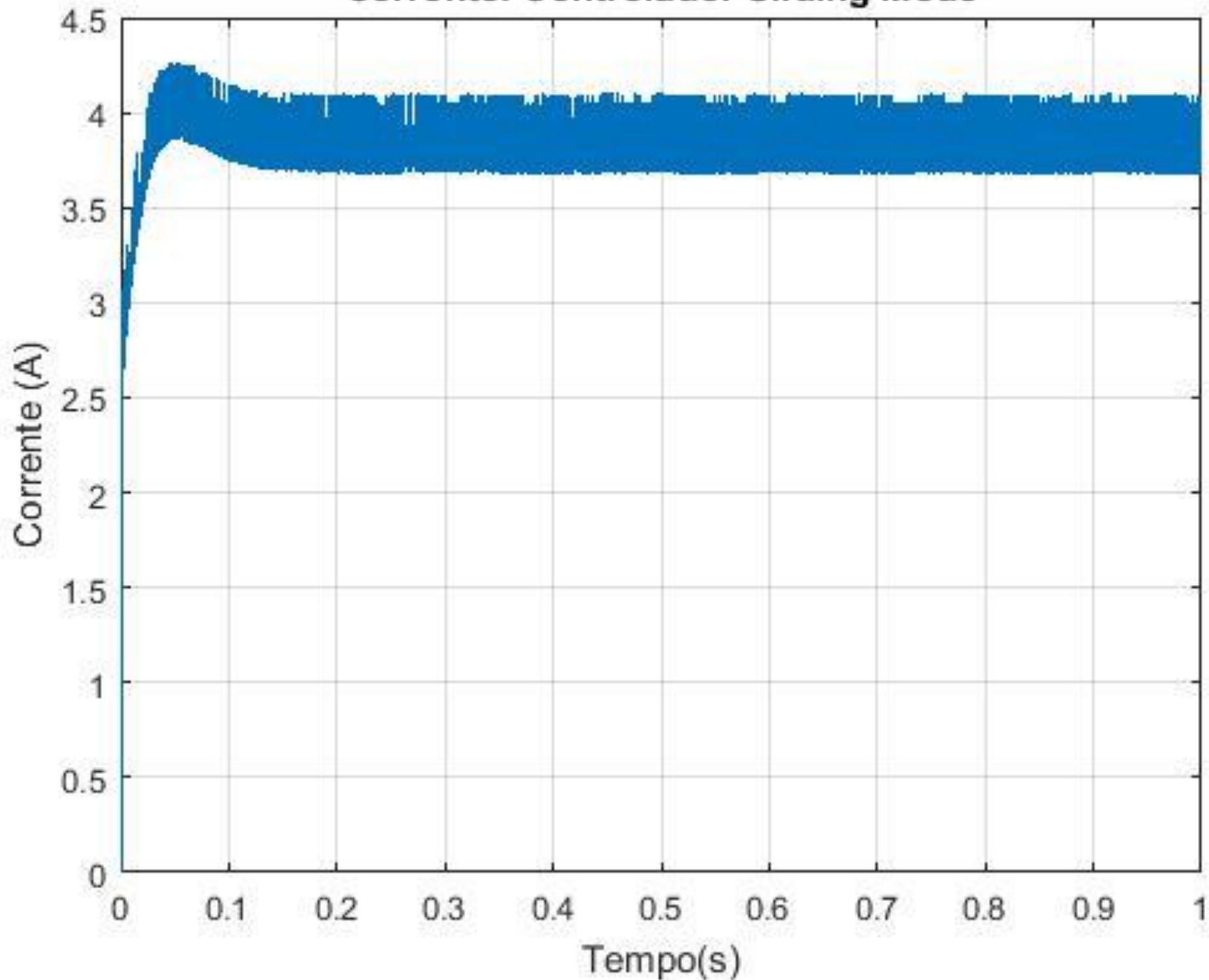
C_ω sendo um PI com: $P=0,01$ e $I=0,5$.

C_i Sliding Mode, aplica 24 V se a corrente é menor que a referência e 0 volts se ela passar da referência.

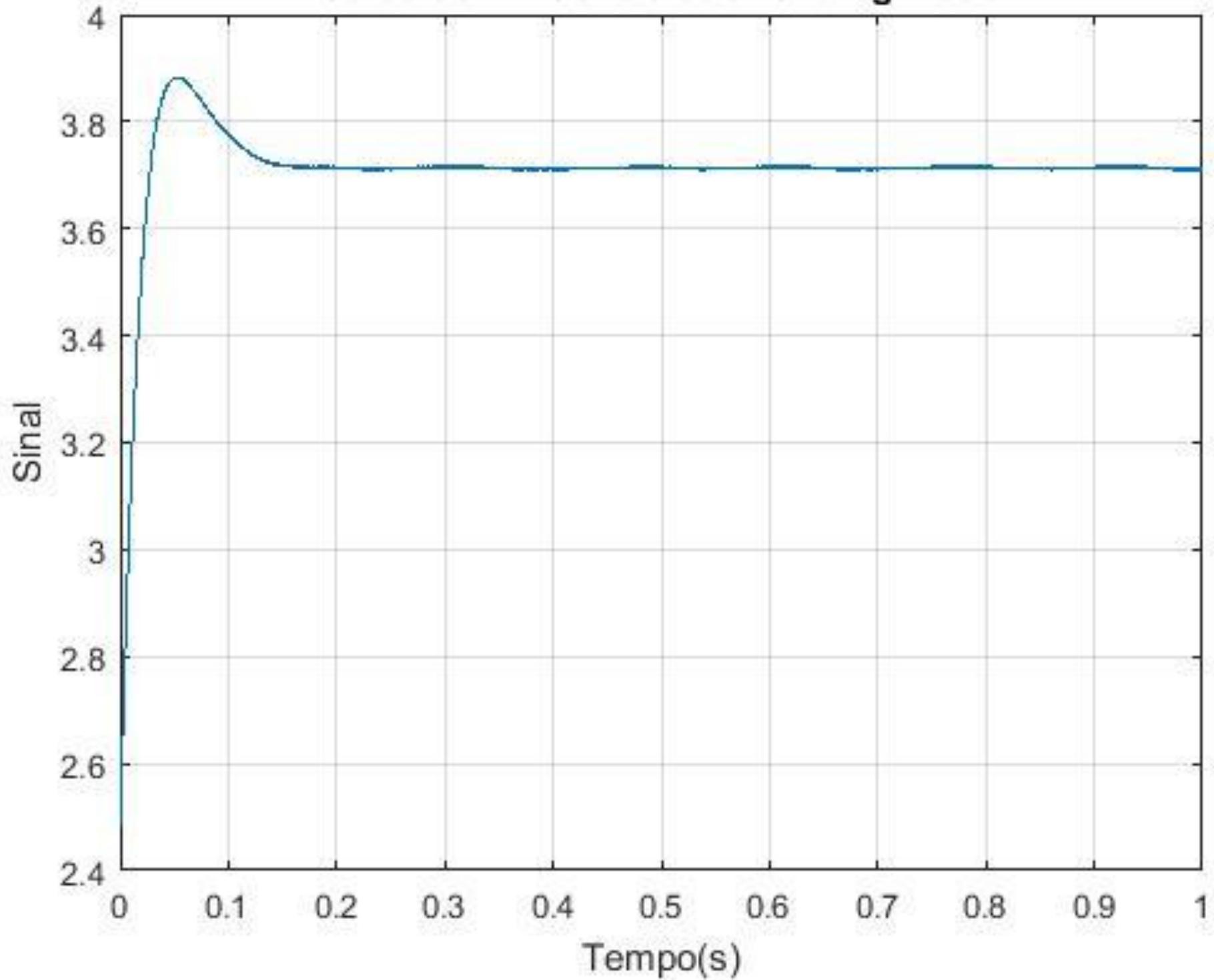
Velocidade: Controlador Sliding Mode



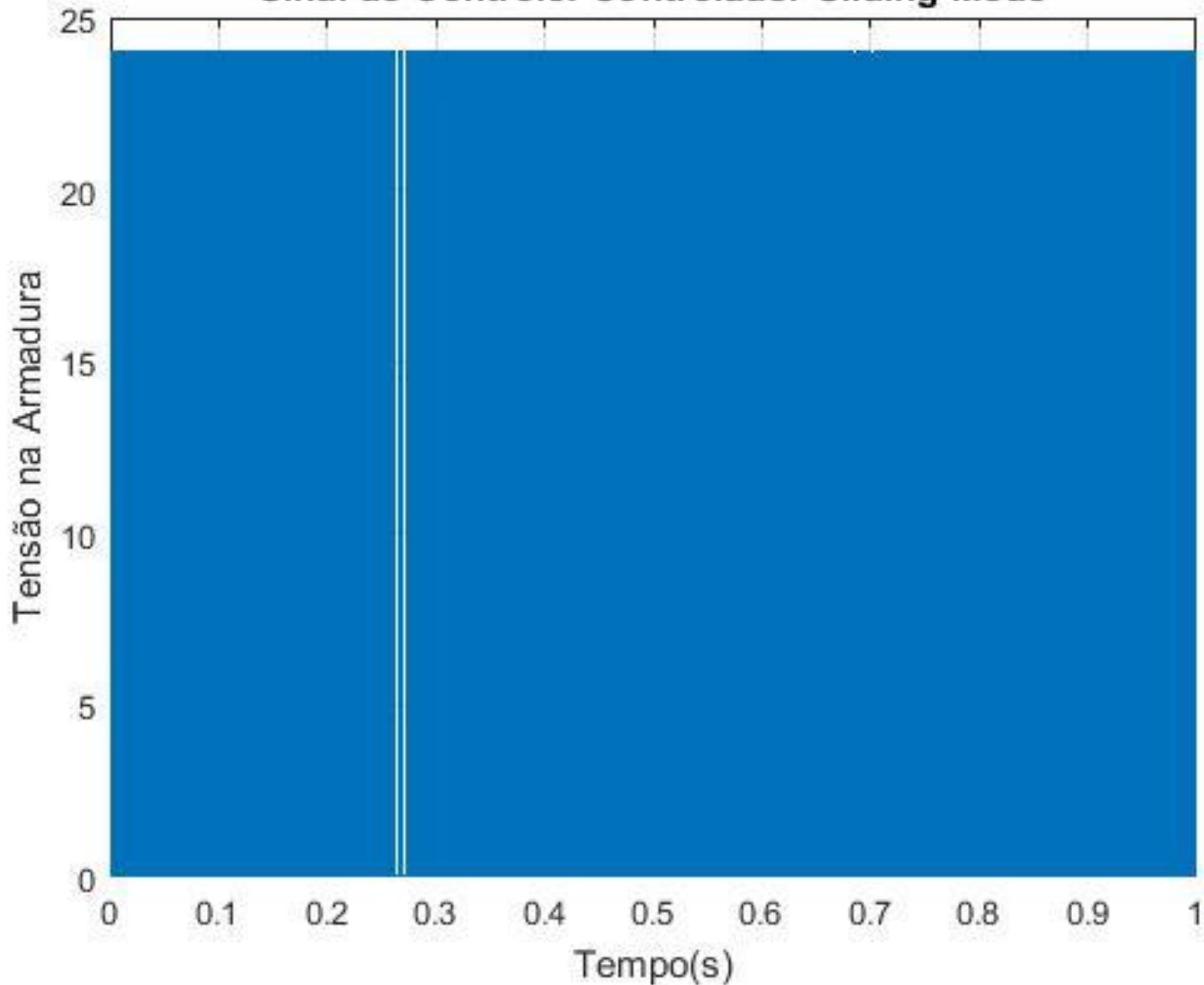
Corrente: Controlador Sliding Mode



Saida do PI: Controlador Sliding Mode



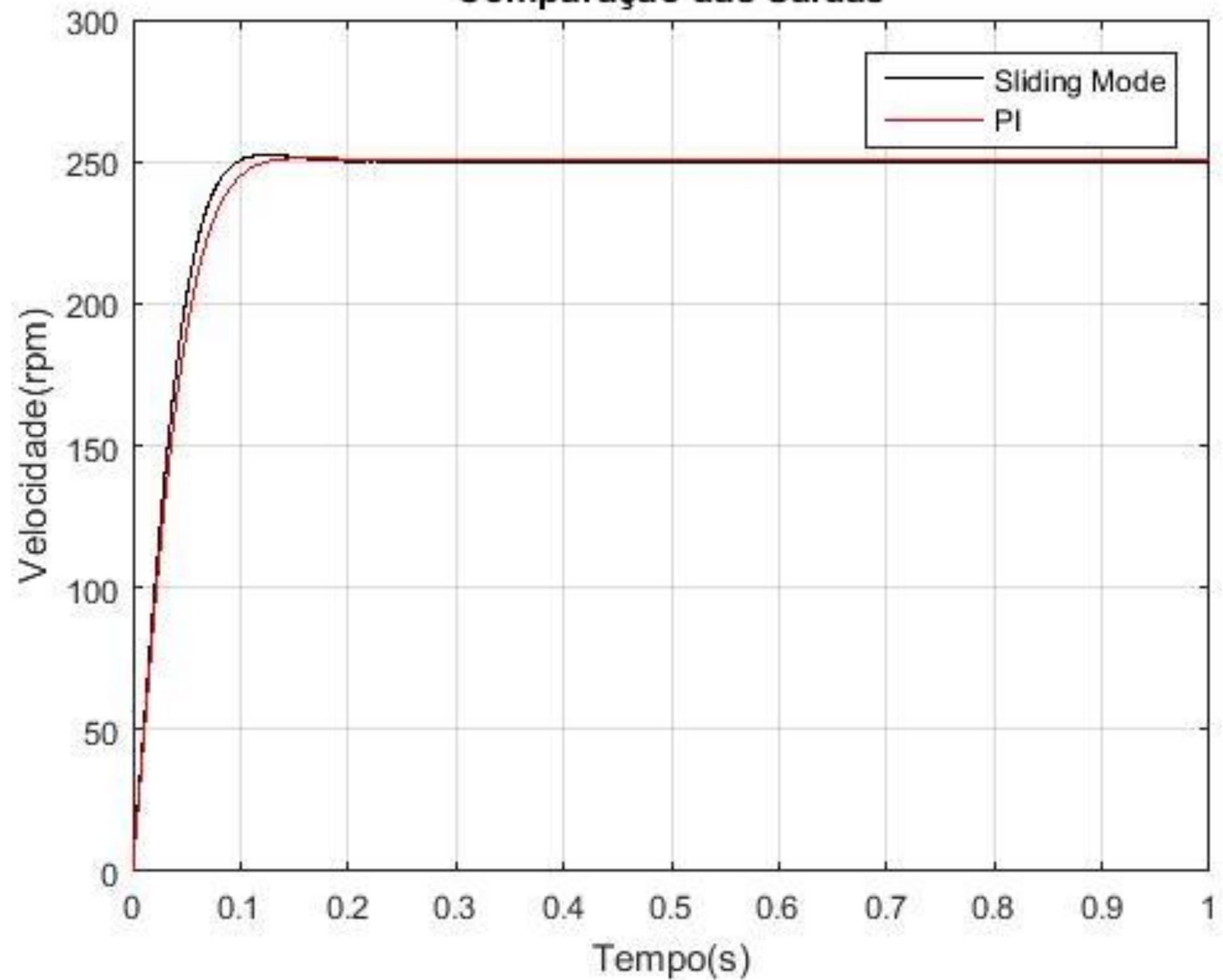
Sinal de Controle: Controlador Sliding Mode



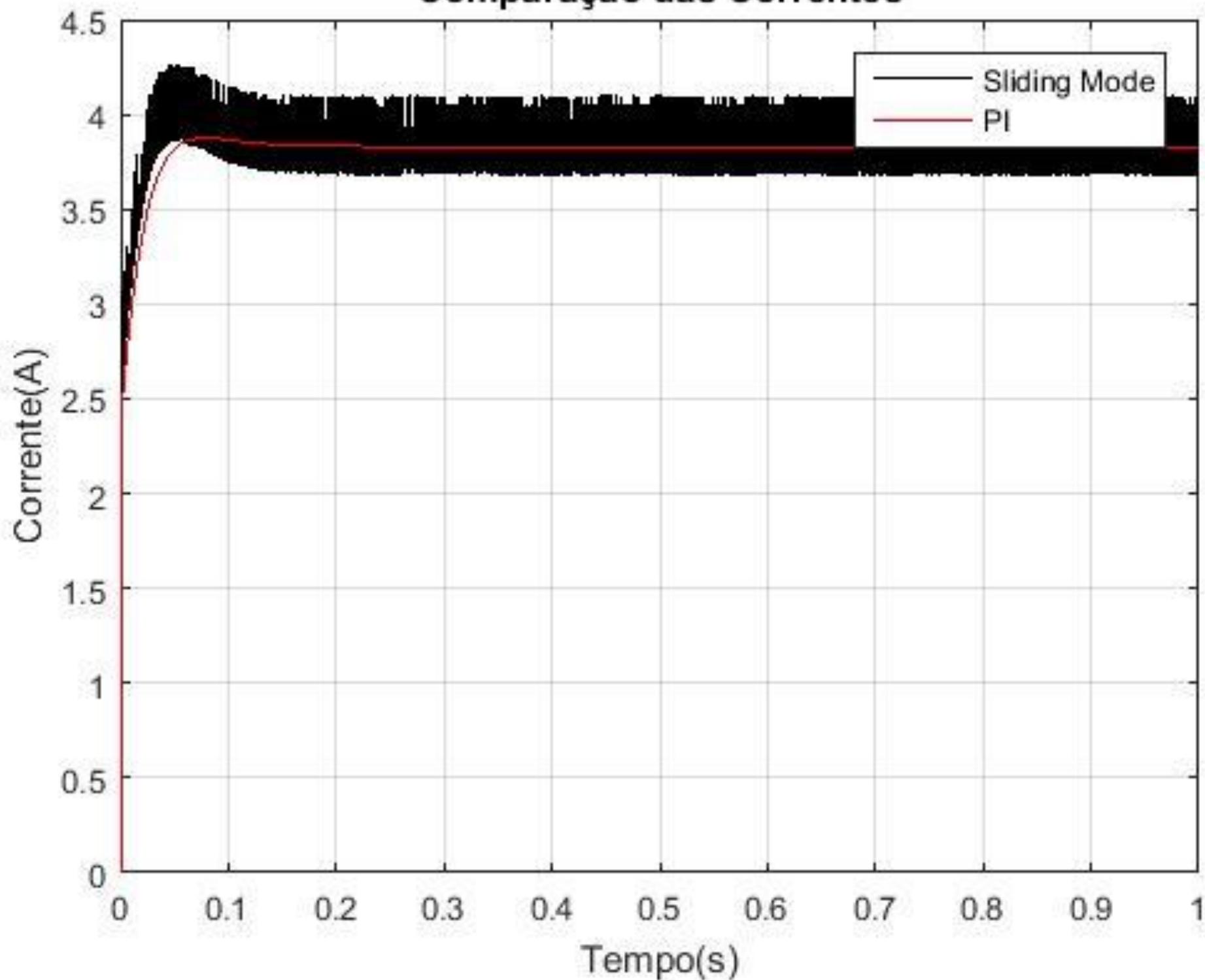
Comparação entre controladores:
Foi substituído nosso sliding mode, por um controlador PI, escolhido para que as velocidades das duas topologias tivessem comportamentos os mais parecidos possíveis, sem saturar os 24 volts que podem ser aplicados a armadura do motor.

$$C_i: P = 9 \text{ e } I = 9.$$

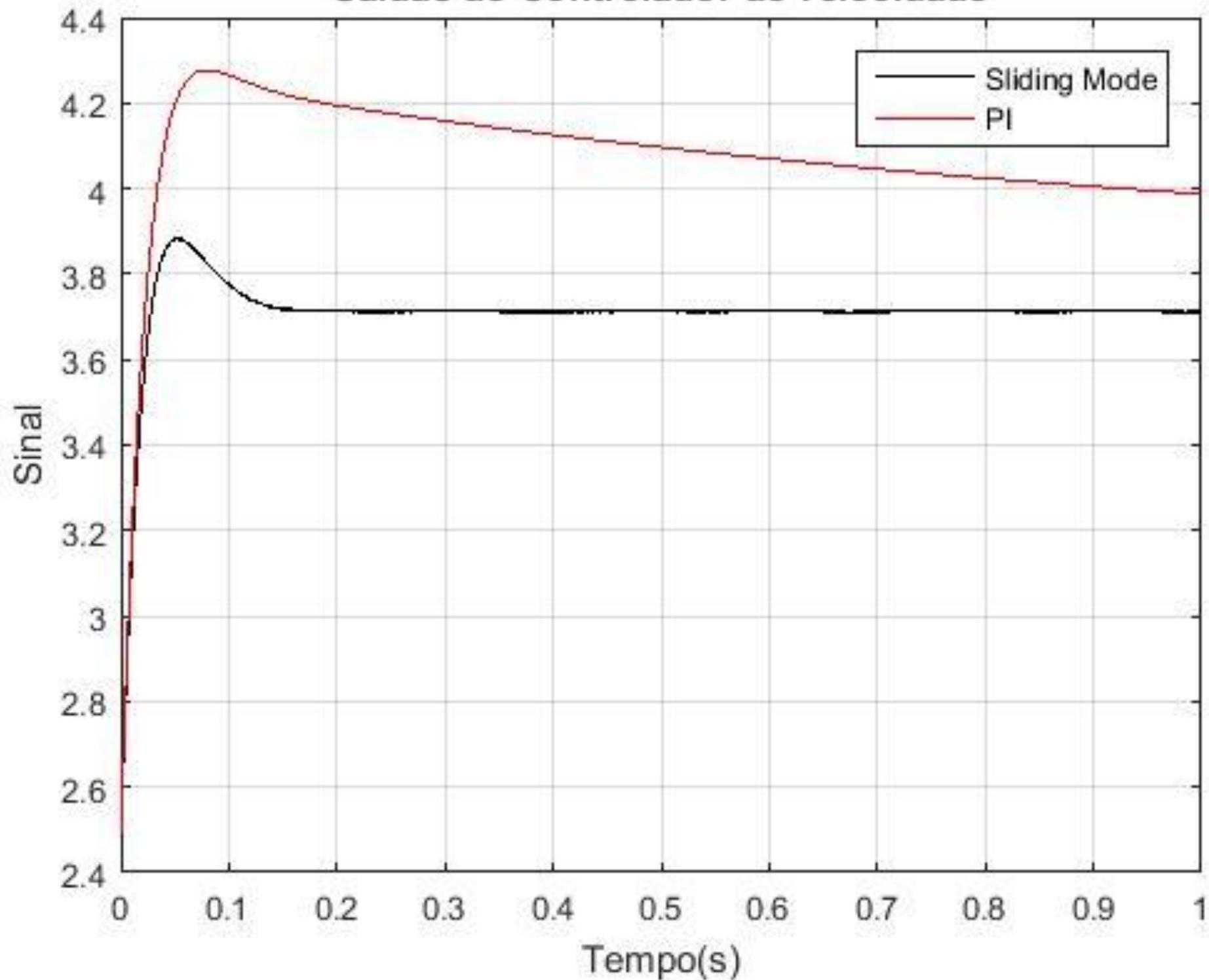
Comparação das Saídas



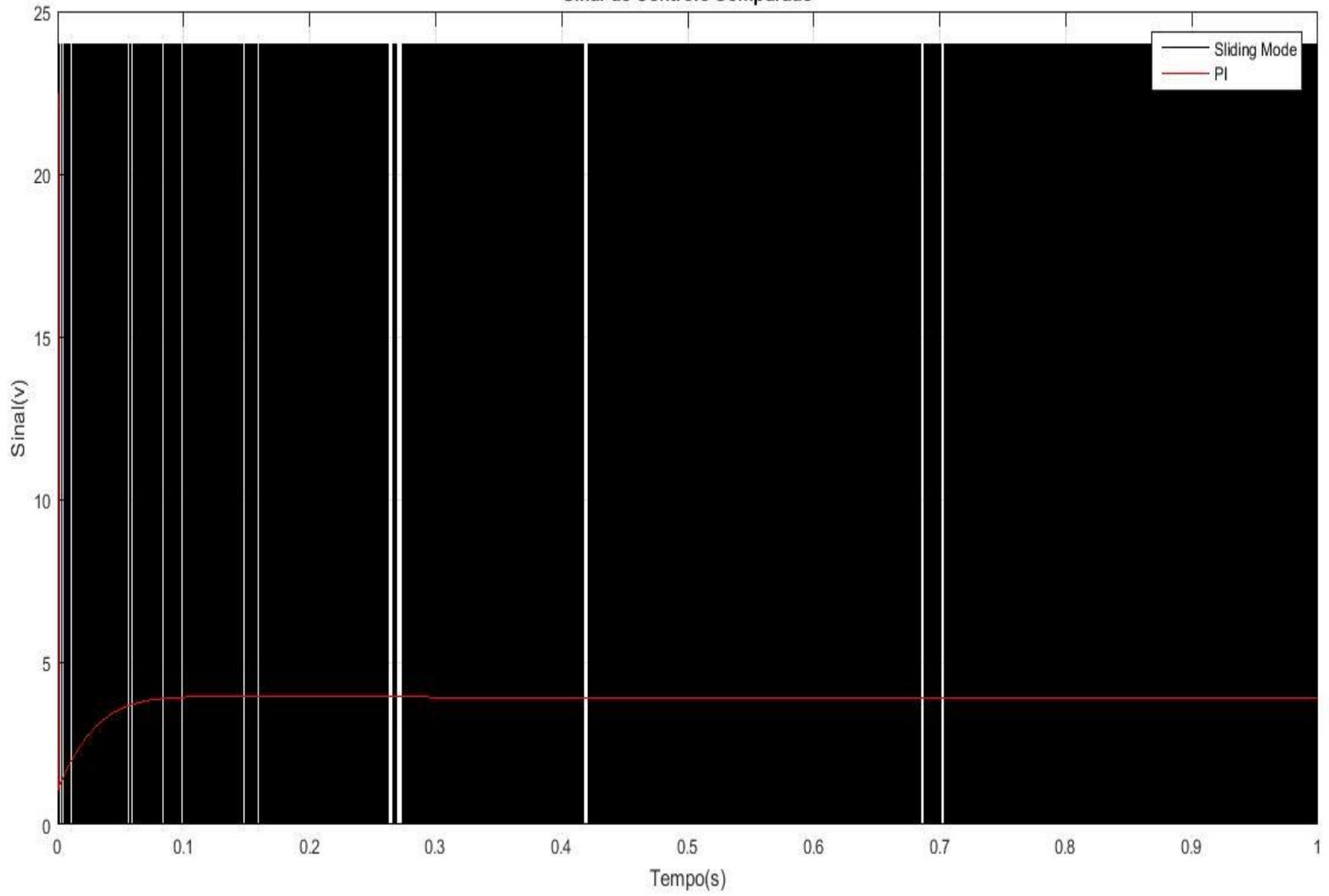
Comparação das Correntes



Saídas do Controlador de velocidade



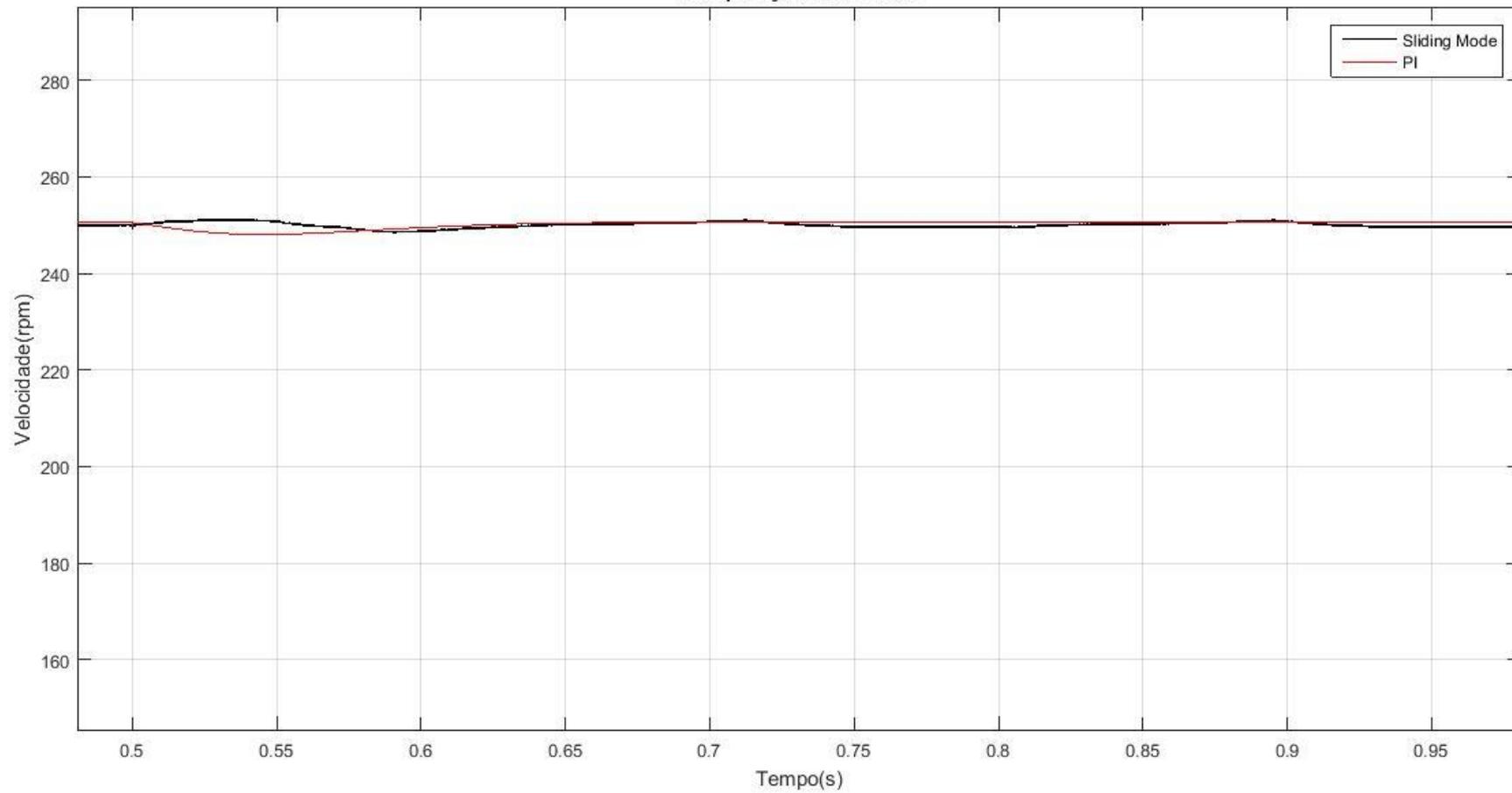
Sinal de Controle Comparado



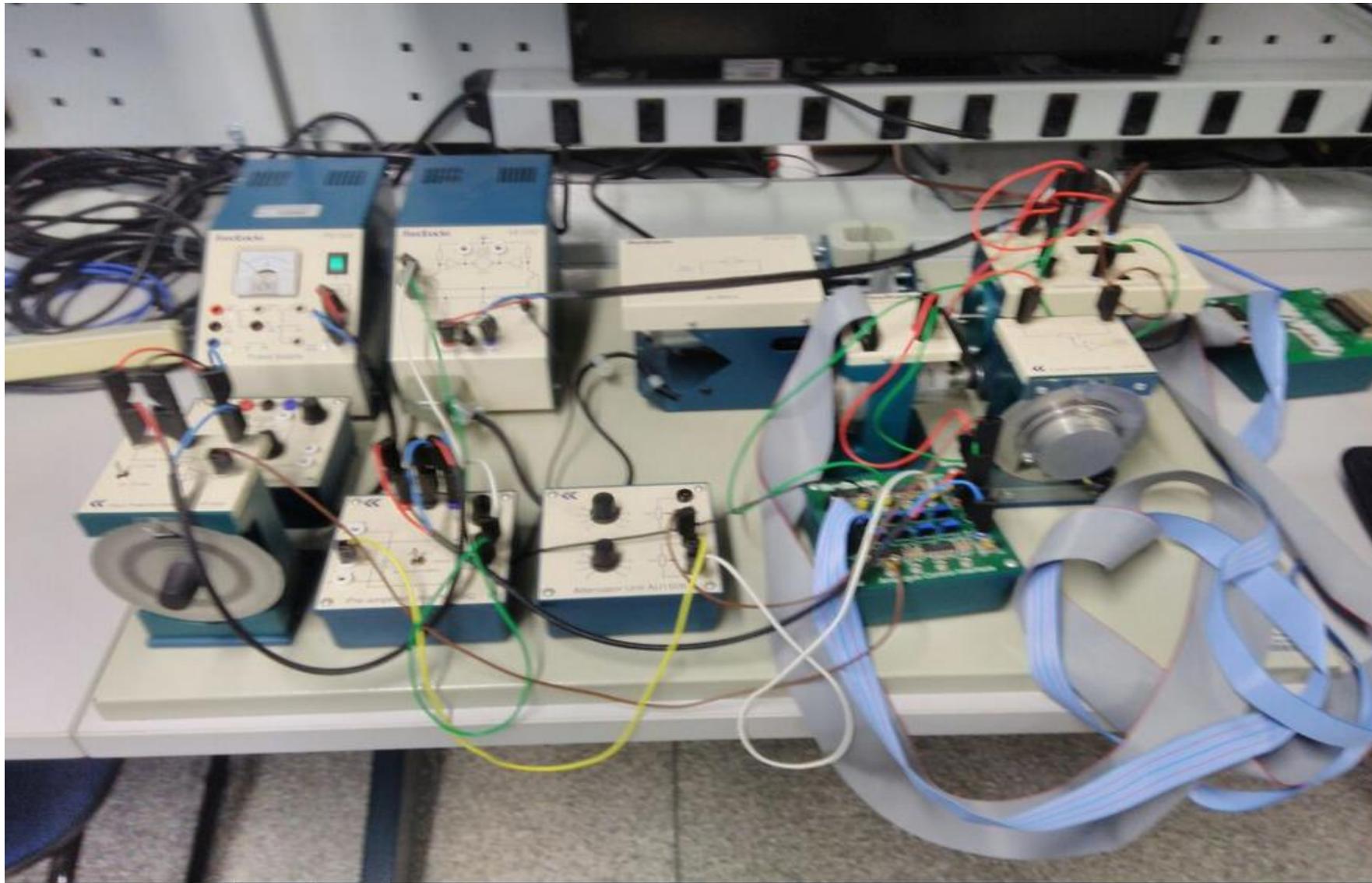
Aplicação de torque de
Perturbação:

Foi aplicado um torque equivalente ao aumento de 1 A de corrente no sistema, vemos a resposta comparada da saída no gráfico abaixo:

Comparação das Saídas



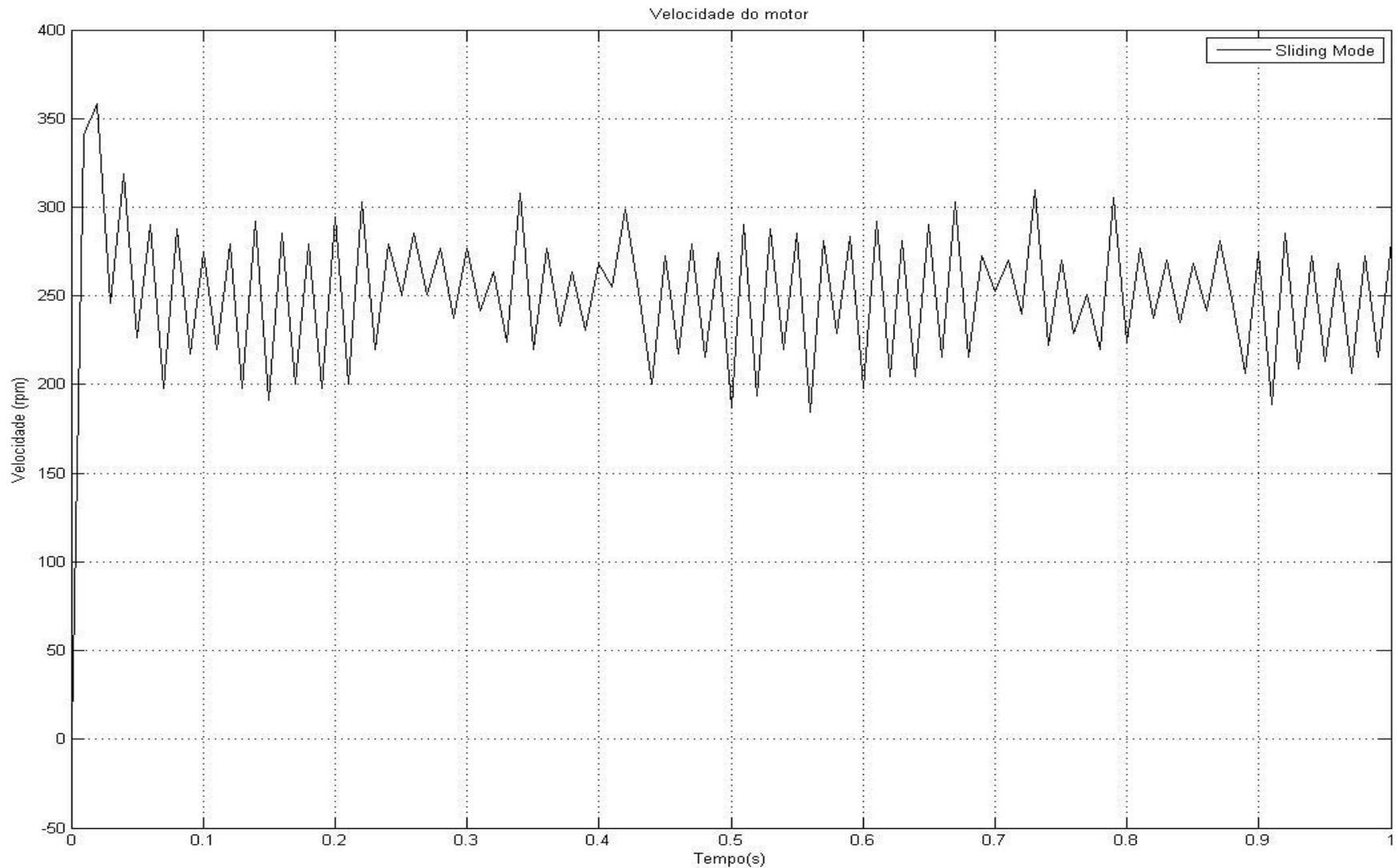
Implementação



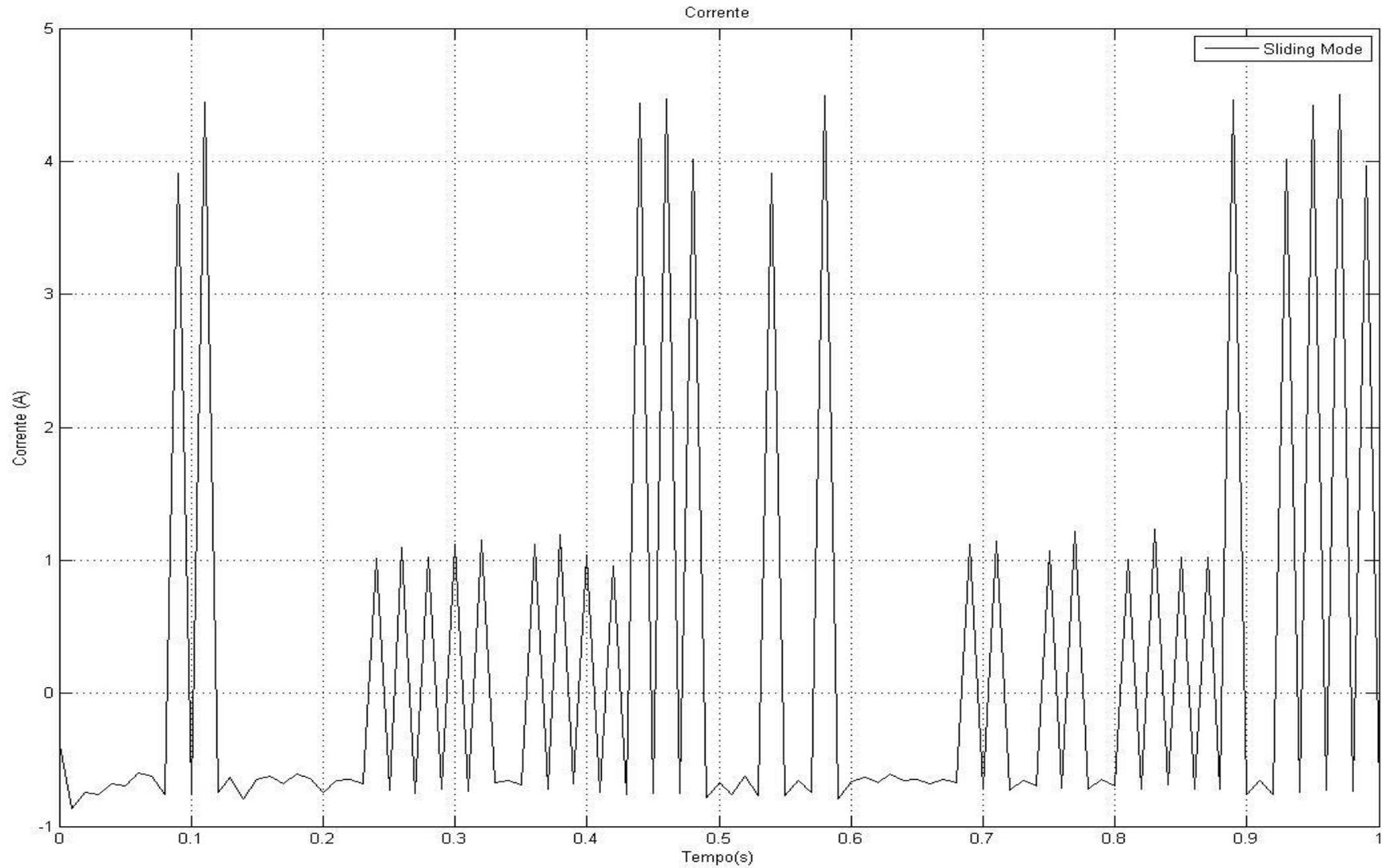
Implementado no sistema mostrado no slide anterior, podemos ver os resultados experimentais do nosso motor nos gráficos a seguir.

Levar em consideração que a frequência de amostragem do sistema é de 10ms e também o chaveador do sistema possui limitações não consideradas na simulação.

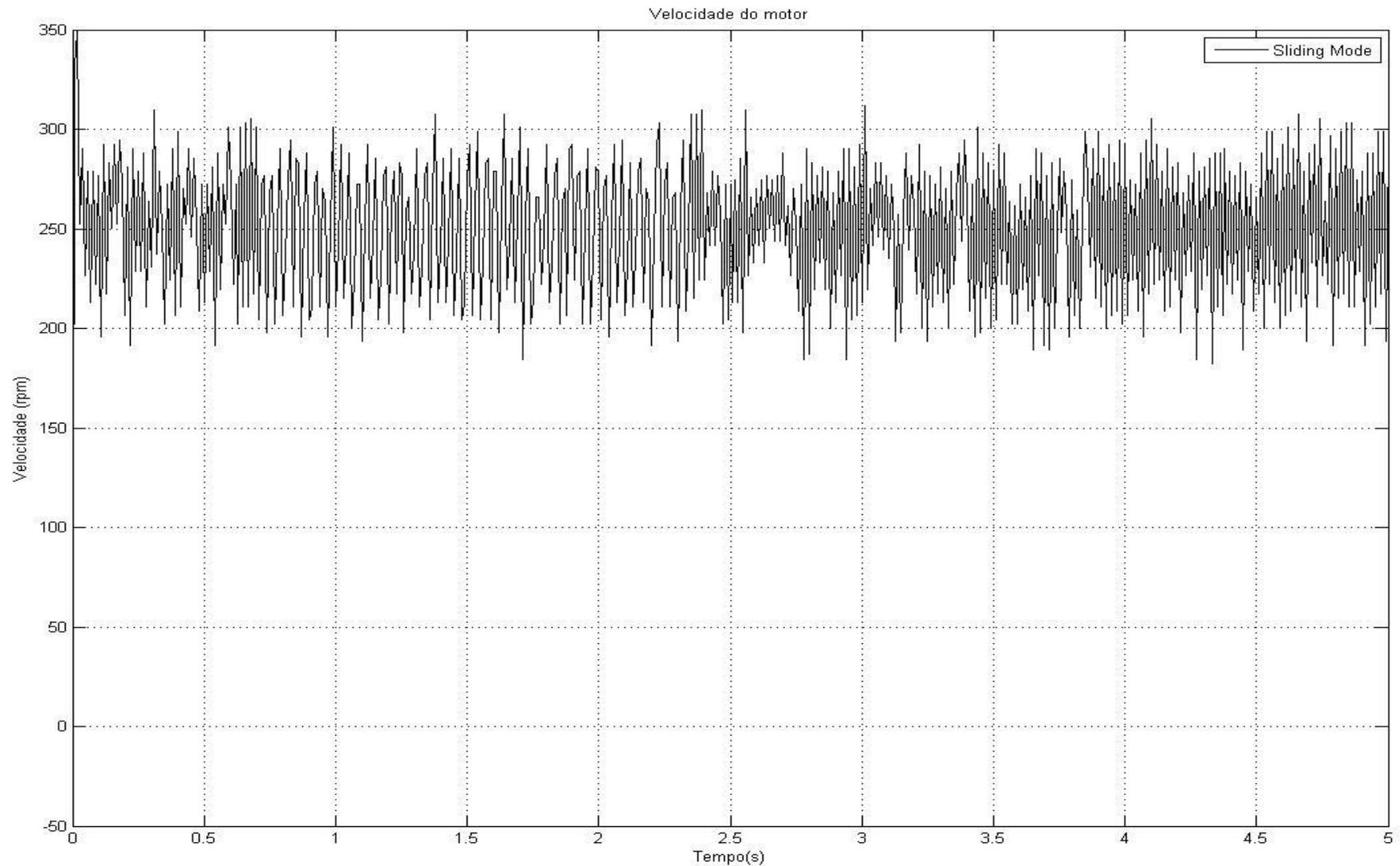
Velocidade sem perturbação:



Corrente sem perturbação:



Velocidade com uma perturbação no torque



Corrente com uma perturbação no torque

