

# Desenvolvimento de *Powertrain* Elétrico *In Wheel*

**Autores: DANIEL ZACARIAS FREITAS - danielfreitas@insfor.com**  
**MARCO ANTONIO MEGGIOLARO, Ph.D. - meggi@puc-rio.br**  
**MAURO SPERANZA NETO, D.Sc. - msn@puc-rio.br**

## Objetivo

Este trabalho tem como objetivo o desenvolvimento de um *powertrain* elétrico com motorização independente na massa não suspensa do veículo, acoplado diretamente nas rodas "*In Wheel*".

O desenvolvimento do sistema proposto visa à maximização da eficiência dos veículos elétricos pela minimização das perdas relacionadas a sistemas mecânicos, frequentes na transmissão convencional utilizada em veículos com motorização única. Outro fator motivador para o desenvolvimento do *powertrain* com motorização independente é a aplicação de controles independentes para cada roda, possibilitando desenvolver e aplicar uma gama de controles no veículo, onde com a motorização única não são possíveis ou possuem desempenho não satisfatório.

## CAD do Sistema

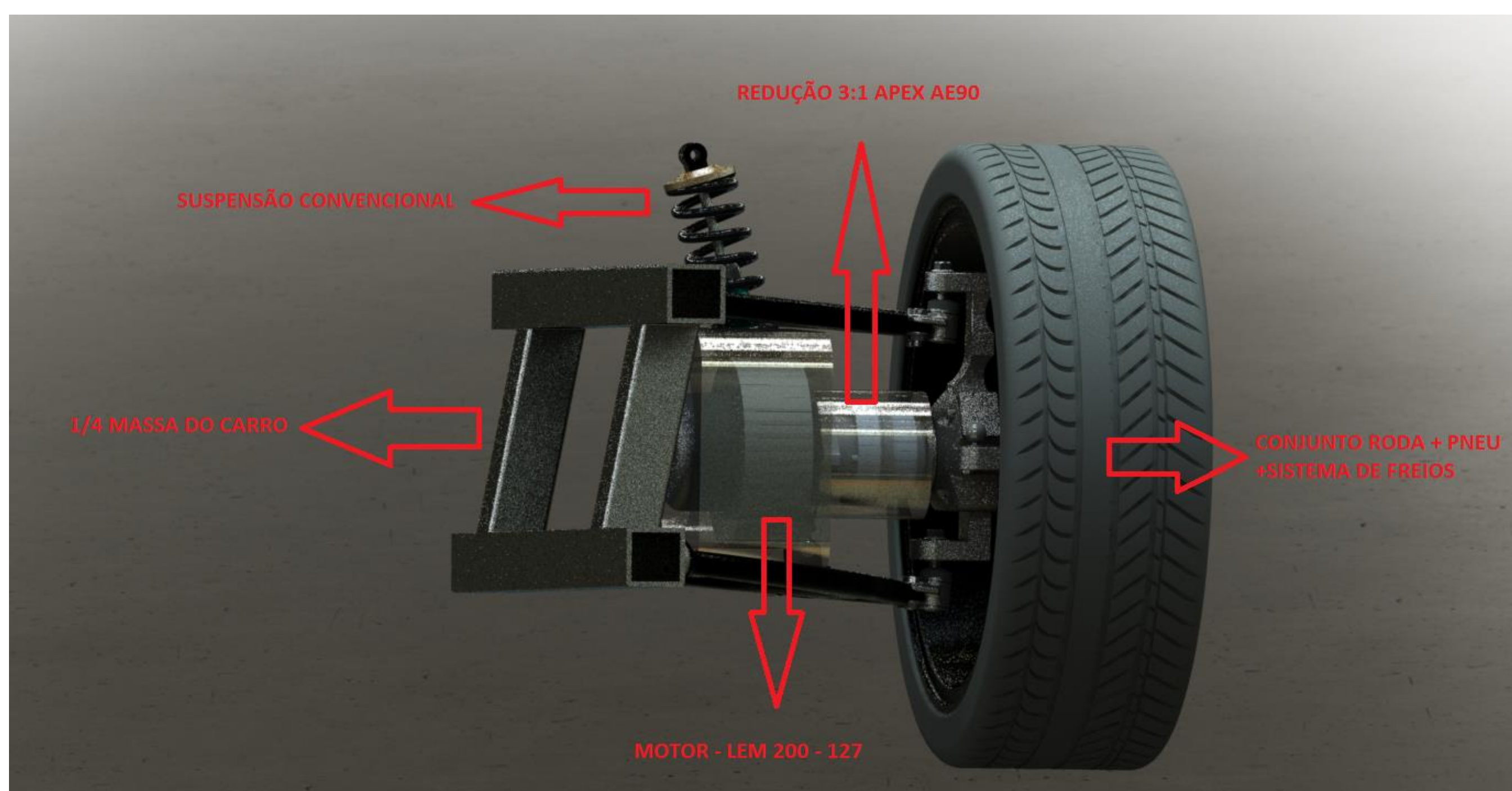


Figura 1- Esquemático do Sistema

## Modelagem Matemática de 1/4 da Suspensão

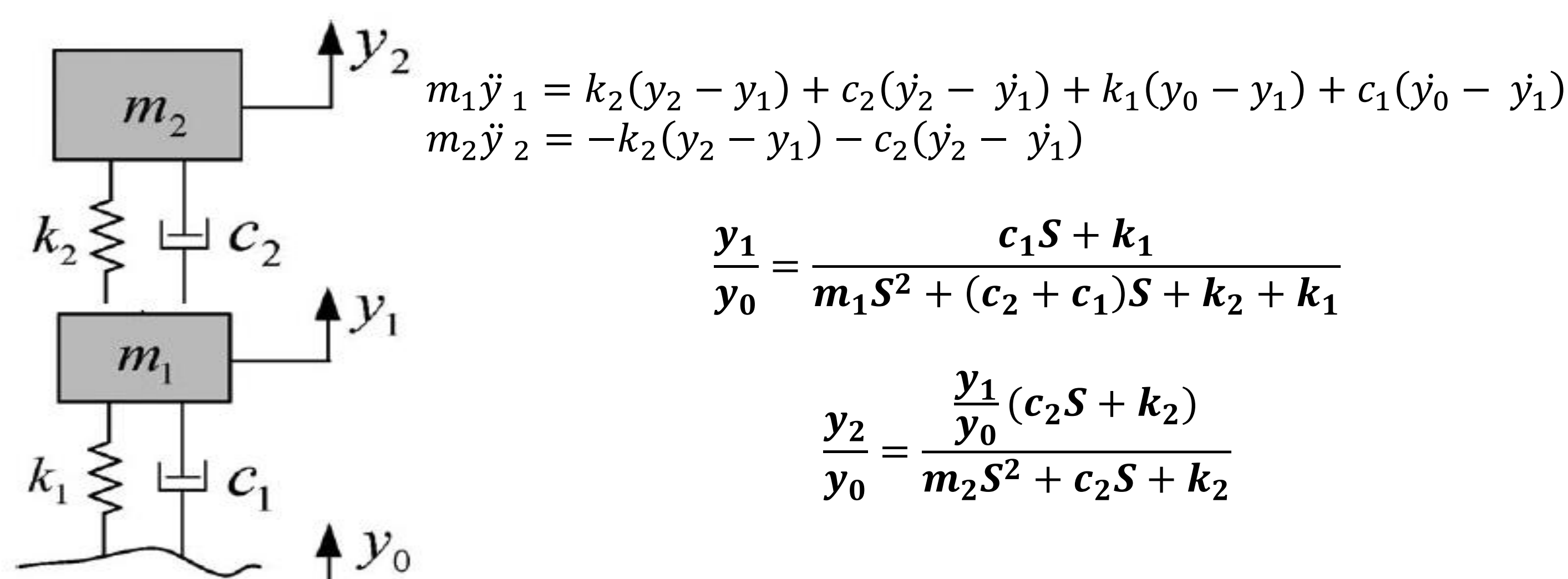


Figura 2 - Diagrama 1/4 de Suspensão

## Análise de Vibração 1/4 da Suspensão

$m_{motoreductor} = 25kg;$   
 $m_{veículo} = 800 kg;$   
 $m_2 = \frac{m_{veículo}}{4},$   
 $m_{roda} = \frac{m_2}{5,5},$   
 $m_1 = m_{roda} + m_{motoreductor};$   
 $k_1 = 100 * m_1;$   
 $k_2 = m_2;$   
 $c_1 = 40;$   
 $c_2 = 0,55 * 2 * m_2;$

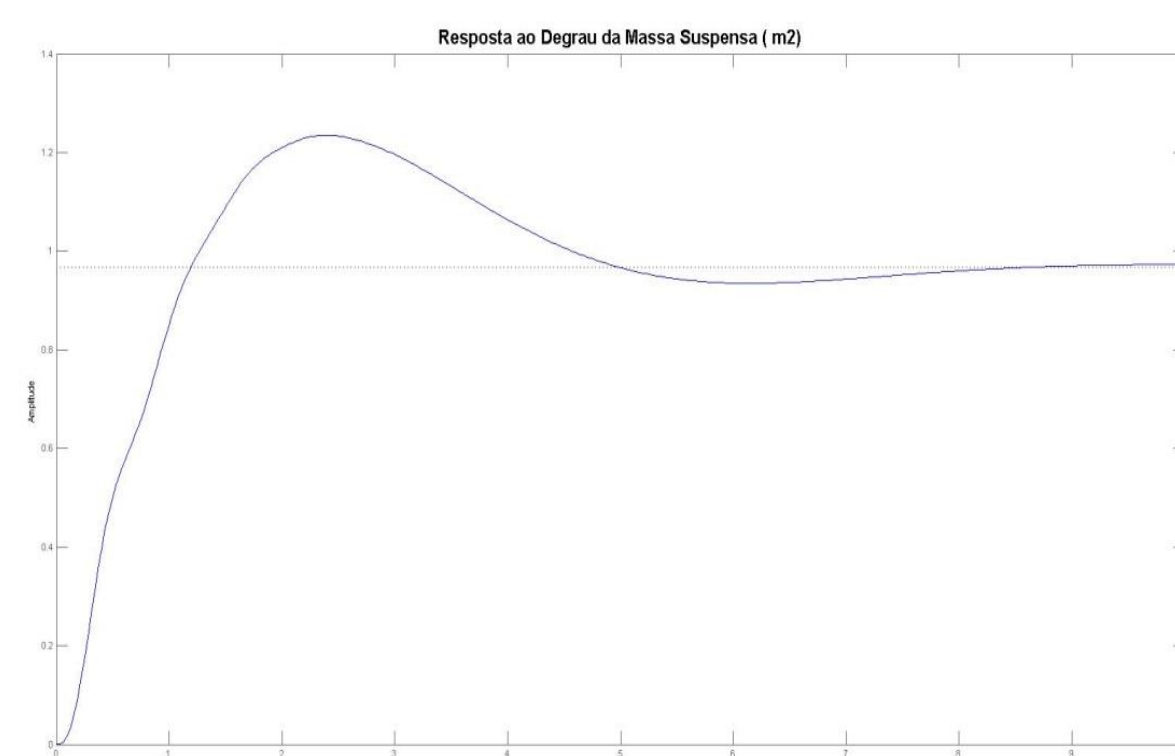


Figura 3 – Resposta ao Degrau Unitário

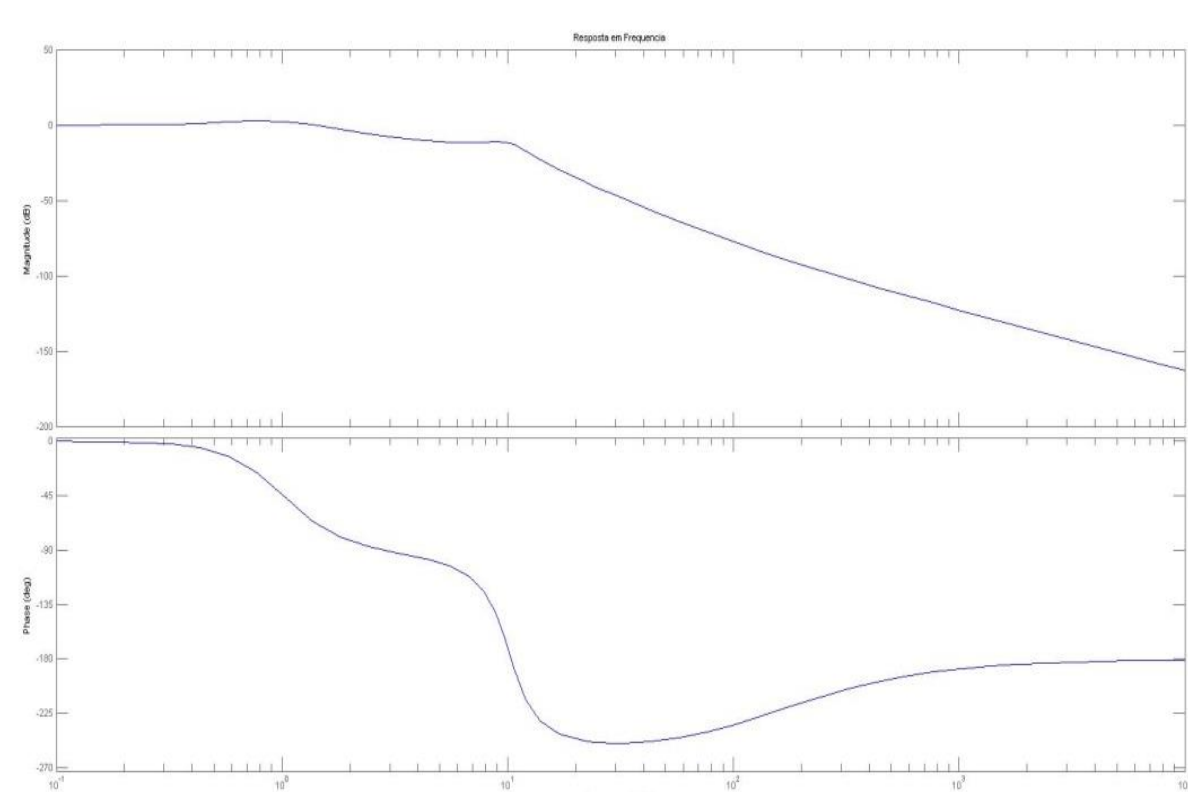


Figura 4 – Diagrama de Bode

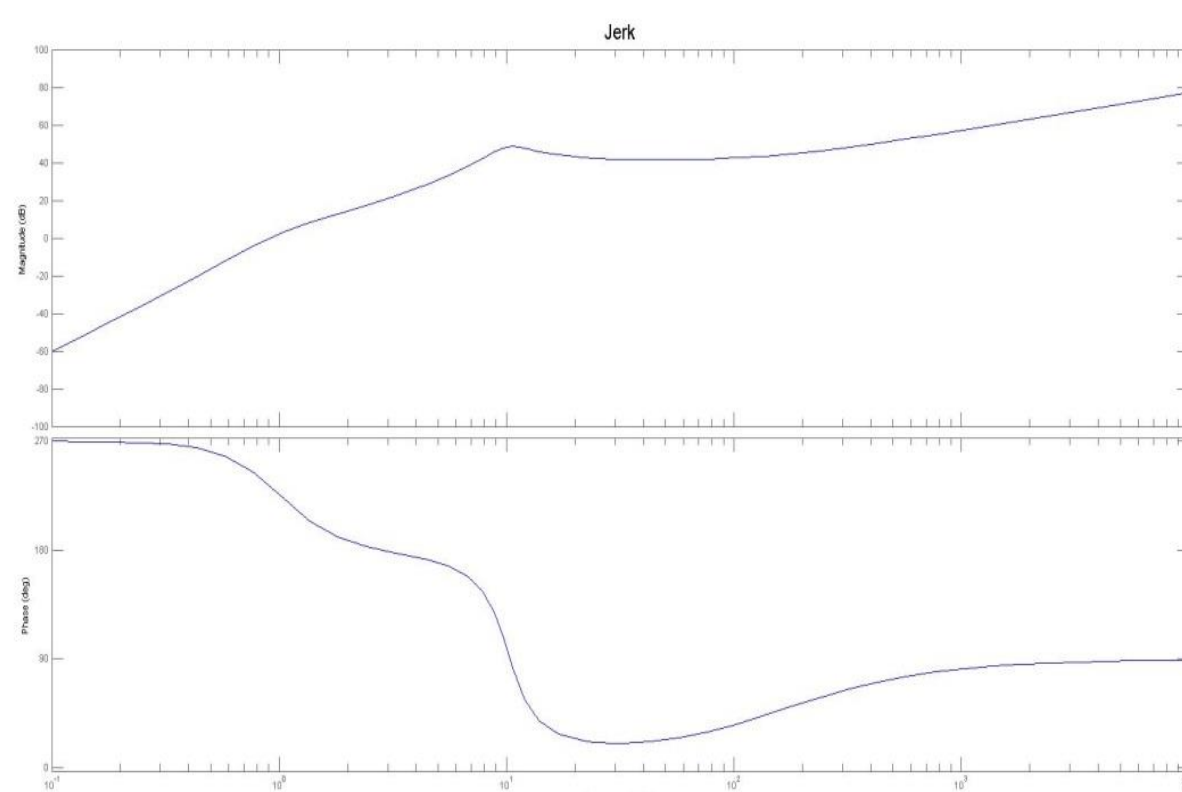


Figura 5 – Análise de Conforto (Jerk)

## Modelagem do Powertrain



Figura 6 – Motor LEM – 200/127

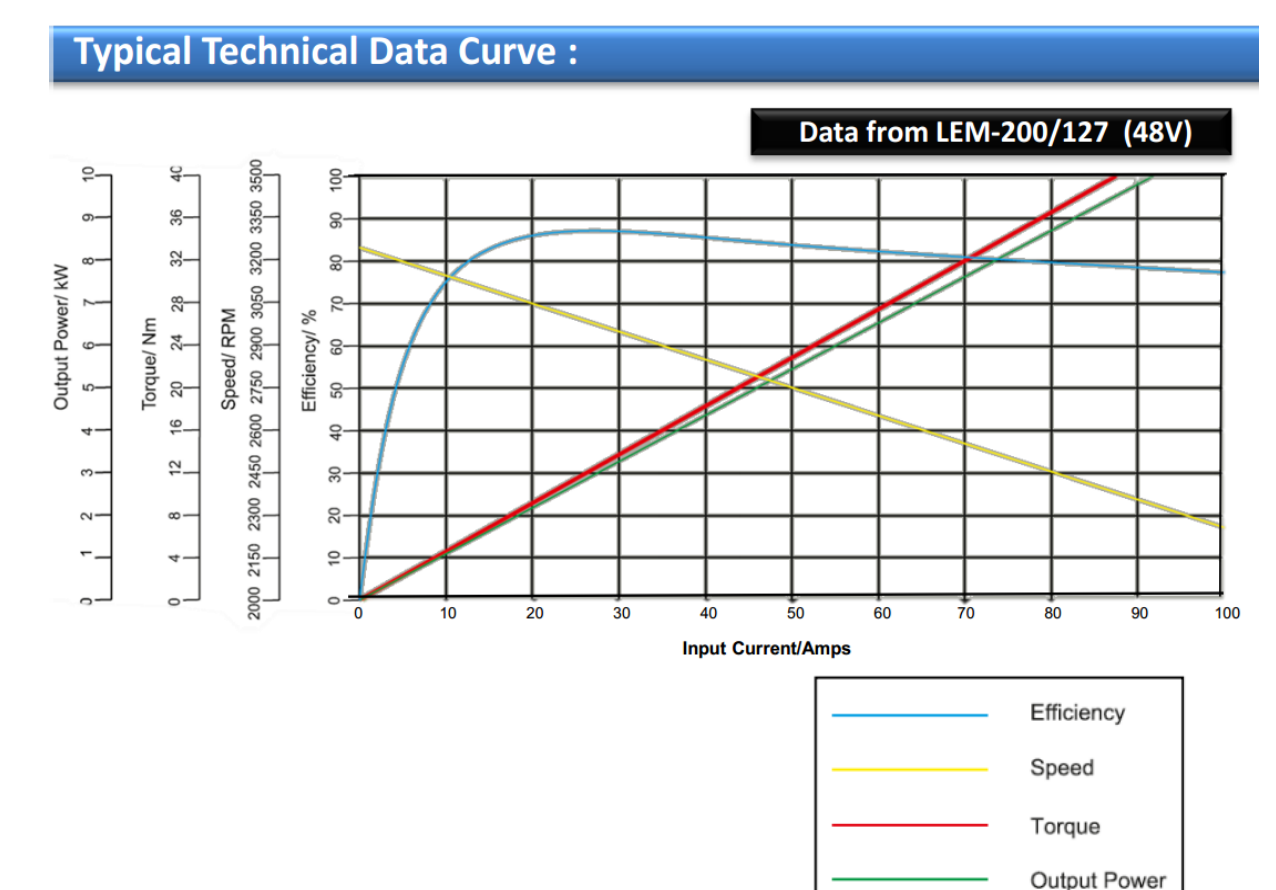


Figura 7 – Curvas de Desempenho

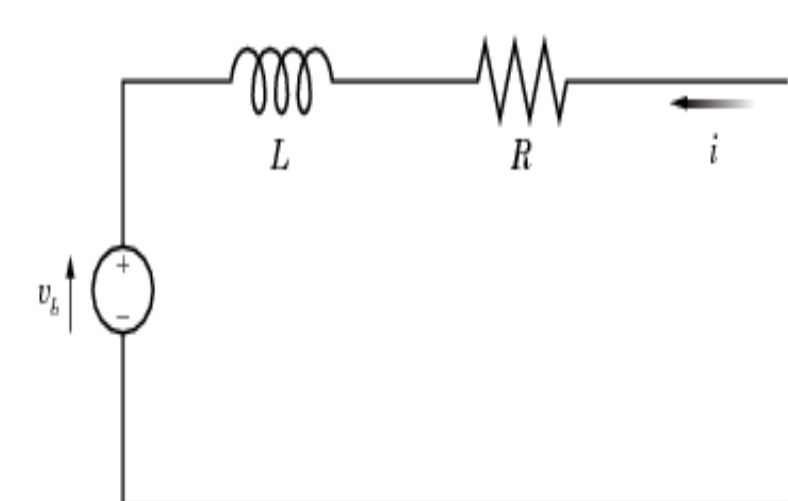


Figura 8 – Modelo Motor DC

$$v_b = k_v \omega ; T_E = k_t i$$

$$T_E \omega = v_b i$$

$$k_t i \omega = k_v \omega i$$

$$k_v = k_t$$

$$i = \frac{V - v_b}{R} = \frac{V - k_v \omega}{R}$$

$$T_E = \frac{k_t}{R} (V - k_v \omega)$$

$$T = \frac{k_t}{R} (V - k_v \omega) - J \dot{\omega} - \lambda \omega$$

Equação Diferencial da Dinâmica Rotacional da Roda:

$$J \dot{\omega} = K_t * i * GB^2 - B * \omega - \tau_{externo}$$

A partir da equação acima foi gerado o seguinte modelo no simulink:

Onde

$J$  - Inércia angular da roda.

$K_t$  - Constante de torque do motor.

$B$  - Perda no eixo(coeficiente de atrito viscoso).

$\tau_{externo}$  - Torque externo aplicado na roda.

$\dot{\omega}$  - Aceleração angular.

$i$  - Corrente do motor.

$GB^2$  - Redução ao quadrado.

$\omega$  - Velocidade angular.

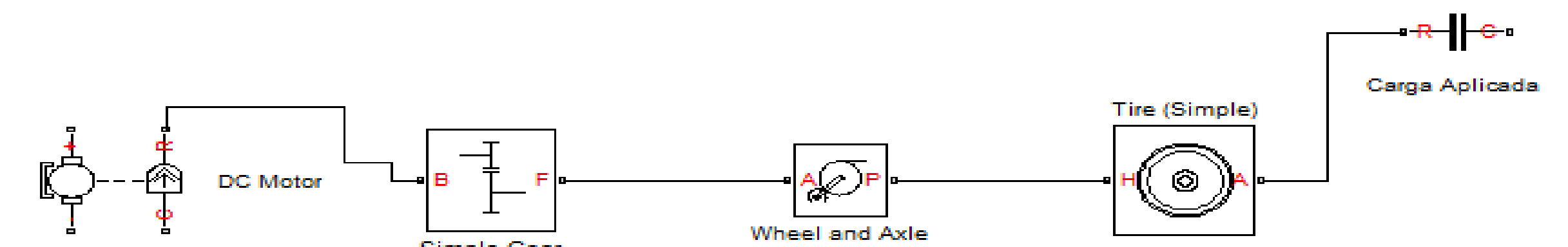


Figura 9 – Modelo do Powertrain

## Sistema de controle

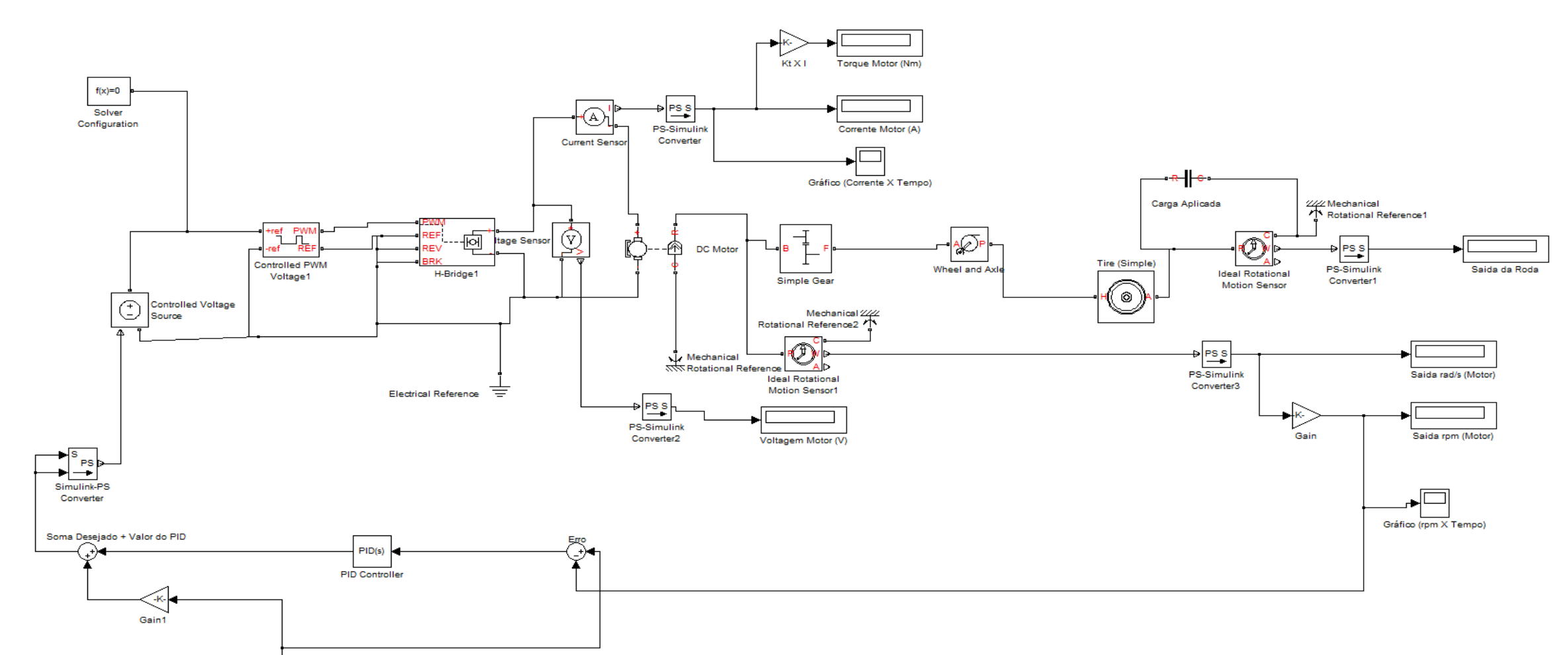


Figura 10 – Sistema com controle de rotação, utilizando PID

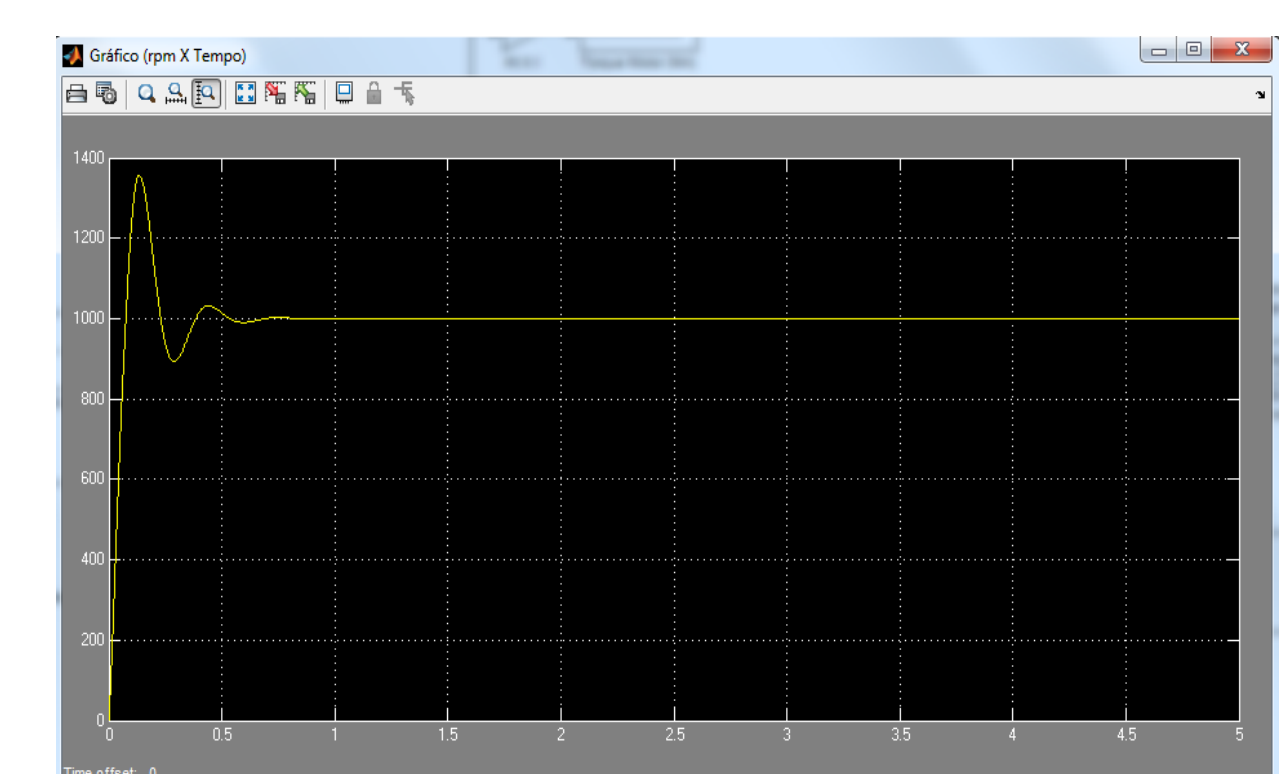
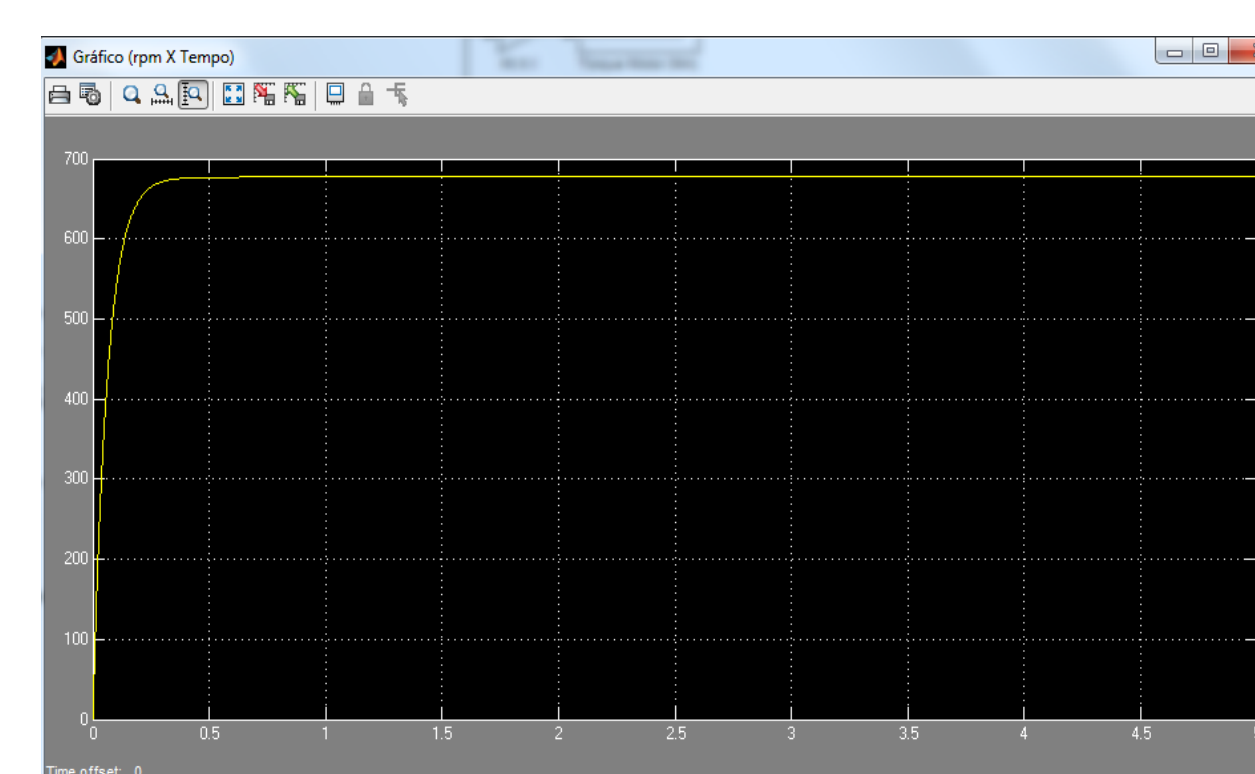


Figura 11 – Sistema sem controle de rotação    Figura 12 – Sistema com controle de rotação

## Conclusão

Os resultados obtidos a partir dos modelos matemáticos com as simulações são satisfatórios, a inserção do sistema motriz de 25kg que foi proposto no projeto em CAD na massa não suspensa do veículo, não altera em níveis consideráveis a vibração do sistema. O modelo desenvolvido do *powertrain* obteve excelentes resultados sendo muito fiel ao sistema físico real, o controle de velocidade PID implementado se mostrou eficiente e será embarcado no sistema.

O Sistema está em fase de construção, com previsão de término para fevereiro de 2014.