

UNICAMP



Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico



LABORATÓRIO DE DINÂMICA DE ESTRUTURAS E MÁQUINAS

# Modelagem e simulação de trens de potência de veículos automotivos com transmissões automáticas

Orientado: Felipe de Alcântara Monteiro (felipedeamonteiro@gmail.com)

Orientador: Milton Dias Júnior (diasjr.milton@gmail.com)

Co-orientador: Hugo Heidy Miyasato (hugomiyasato@gmail.com)

Palavras chave: Trem de potência – Vibrações – Trem planetário

## Introdução

A porcentagem de veículos de passeio manufacturados no Brasil com transmissão automática vem crescendo nos últimos anos. Este componente, além de garantir a troca automática das relações de engrenamento, permite uma redução dos fenômenos vibroacústicos em trens de potência (*powertrain*). Com o intuito de criar modelos dinâmicos deste sistema, foram estudadas as configurações e a disposição interna dos elementos de uma transmissão, dando uma ênfase maior no estudo do trem planetário de engrenagens. Logo depois, foram feitas deduções das relações dinâmicas do trem planetário, interpretação física do equacionamento, obtenção das inércias equivalentes, obtenção das equações de movimento das possíveis configurações do planetário, simulações foram feitas em ambiente Matlab® de um modelo simplificado de *powertrain* e analisou-se todos os dados obtidos nas simulações.

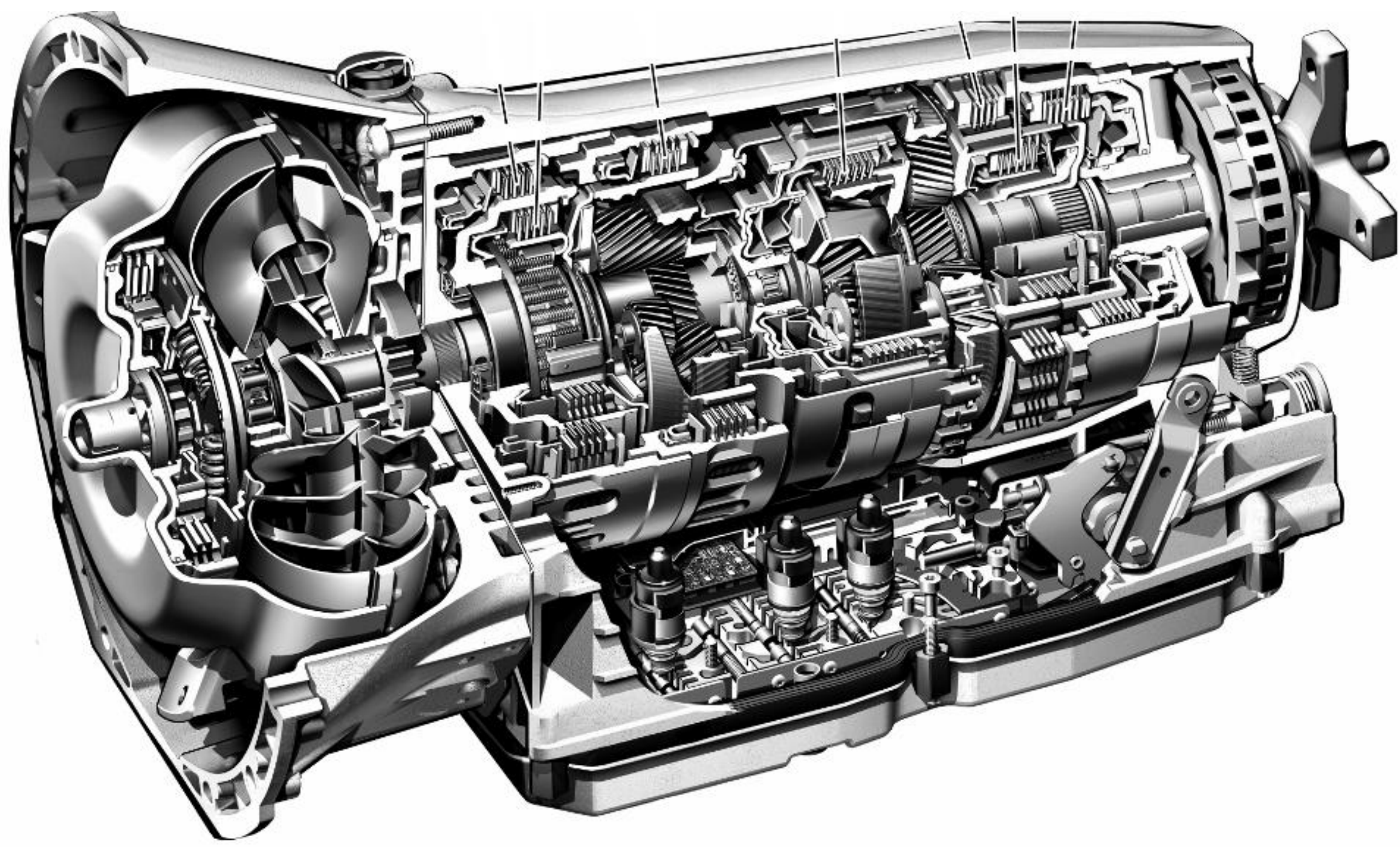


Figura 1: Caixa de Transmissão Automática de 7 velocidades do Mercedes-Benz W7A 700.

## Componentes e funcionamento

Dentre os diversos componentes de uma caixa de transmissão automática, pode-se destacar o **conversor de torque** (que é um dispositivo usado para transferir a força de rotação de motor para um eixo de carga), as **embreagens multidiscos** (transmitem ou interrompem o torque do volante de inércia para a transmissão) e o **trem planetário** (um sistema que possibilita a transferência de torques de alta intensidade utilizando um *design* compacto).

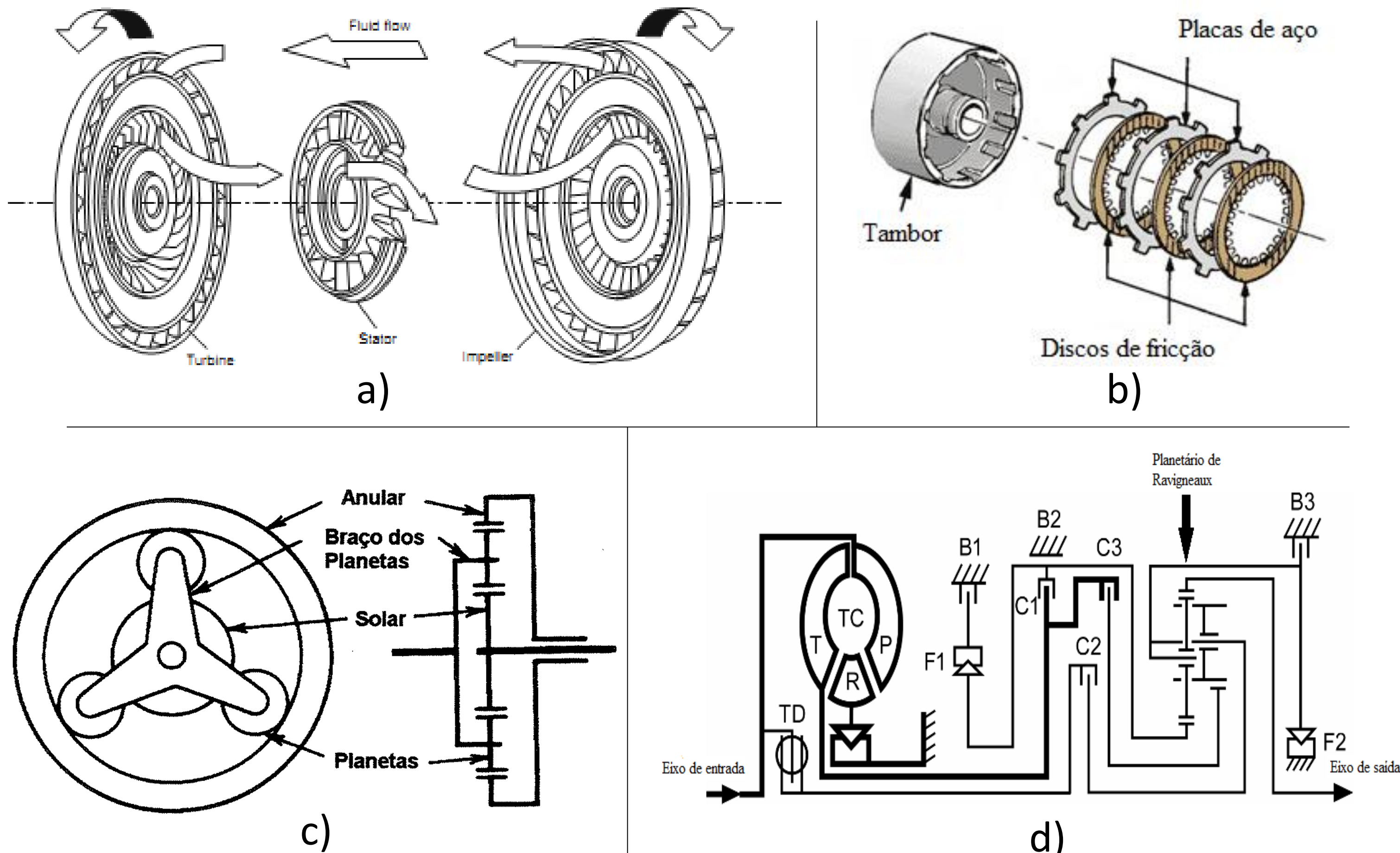


Figura 2: a) Conversor de torque; b) Embreagem multidisco; c) Engrenagens planetárias; d) Diagrama de uma caixa de transmissão automática de 4 velocidades em ponto morto.

## Análise cinemática do planetário

Com a análise cinemática detalhada do planetário, foi possível obter expressões que estabelecem as relações de rotação para as 6 possíveis configurações de um planetário simples.

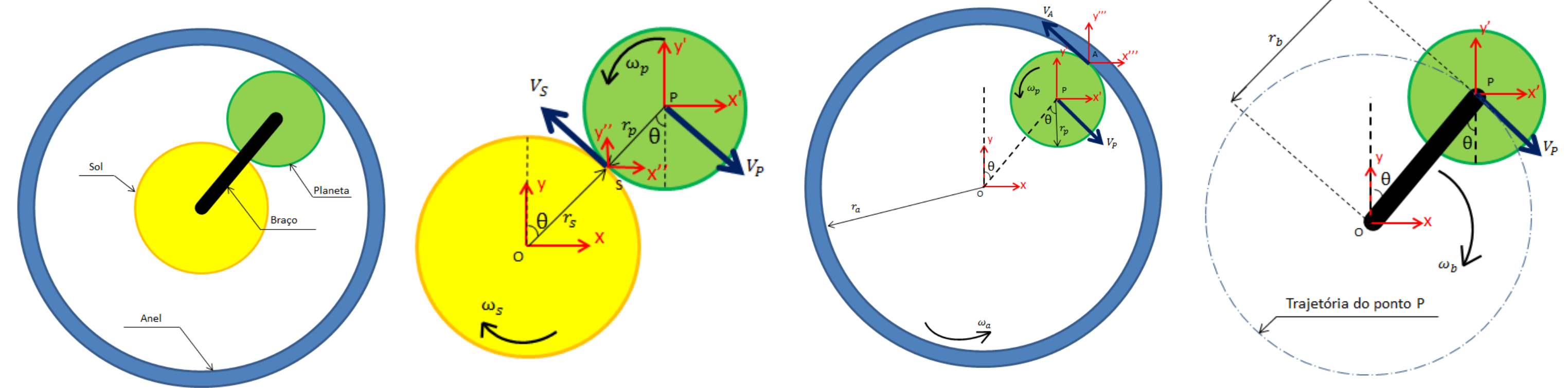


Figura 3: Esquemas utilizados na análise cinemática

Caso	Rotação de cada elemento	Relações de rotação
1	$\omega_B = 0, \omega_S = ?$ (saida), $\omega_A = \omega_m$ (entrada)	$R_{A,S}^B = \frac{\omega_A - \omega_B}{\omega_S - \omega_B} = b$
2	$\omega_B = 0, \omega_A = ?$ (saida), $\omega_S = \omega_m$ (entrada)	$R_{S,A}^B = \frac{\omega_S - \omega_B}{\omega_A - \omega_B} = \frac{1}{b}$
3	$\omega_S = 0, \omega_B = ?$ (saida), $\omega_A = \omega_m$ (entrada)	$R_{A,B}^S = \frac{\omega_A - \omega_S}{\omega_B - \omega_S} = 1 - b$
4	$\omega_S = 0, \omega_A = ?$ (saida), $\omega_B = \omega_m$ (entrada)	$R_{B,A}^S = \frac{\omega_B - \omega_S}{\omega_A - \omega_S} = \frac{1}{1 - b}$
5	$\omega_A = 0, \omega_B = ?$ (saida), $\omega_S = \omega_m$ (entrada)	$R_{S,B}^A = \frac{\omega_S - \omega_A}{\omega_B - \omega_A} = \frac{b - 1}{b}$
6	$\omega_A = 0, \omega_S = ?$ (saida), $\omega_B = \omega_m$ (entrada)	$R_{B,S}^A = \frac{\omega_B - \omega_A}{\omega_S - \omega_A} = \frac{b}{b - 1}$

$$\frac{(J_{eqi}) \cdot \omega_{in}^2}{2} = \frac{J_S \cdot \omega_S^2}{2} + \frac{J_A \cdot \omega_A^2}{2} + \frac{n \cdot J_P \cdot \omega_P^2}{2} + \frac{J_B \cdot \omega_B^2}{2} + \frac{n \cdot m_P \cdot [(r_S + r_P) \cdot \omega_B]^2}{2}$$

Figura 4: Resultados da análise cinemática. a) Tabela com as relações de rotação; b) Equação da inércia equivalente do planetário.

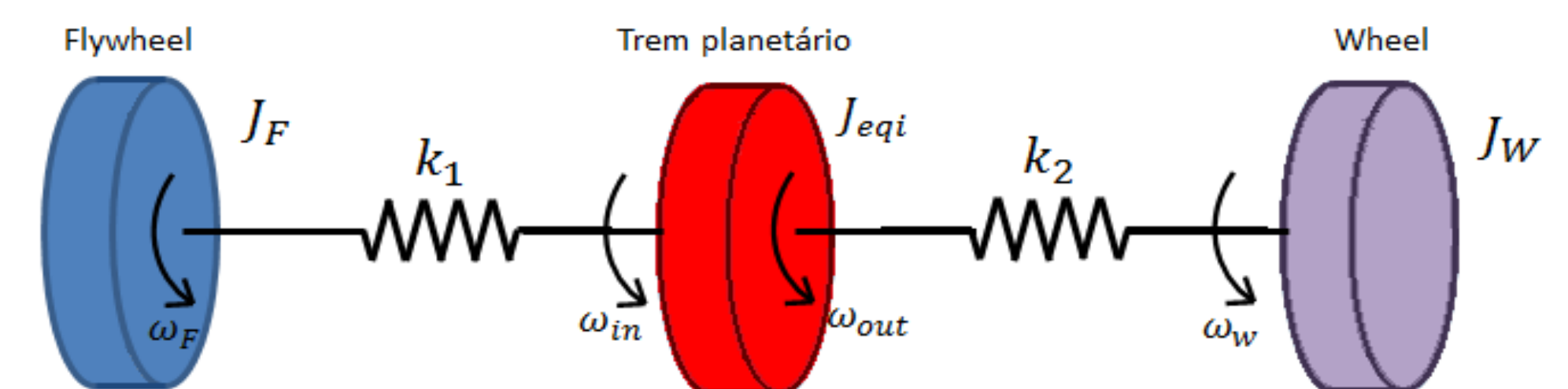
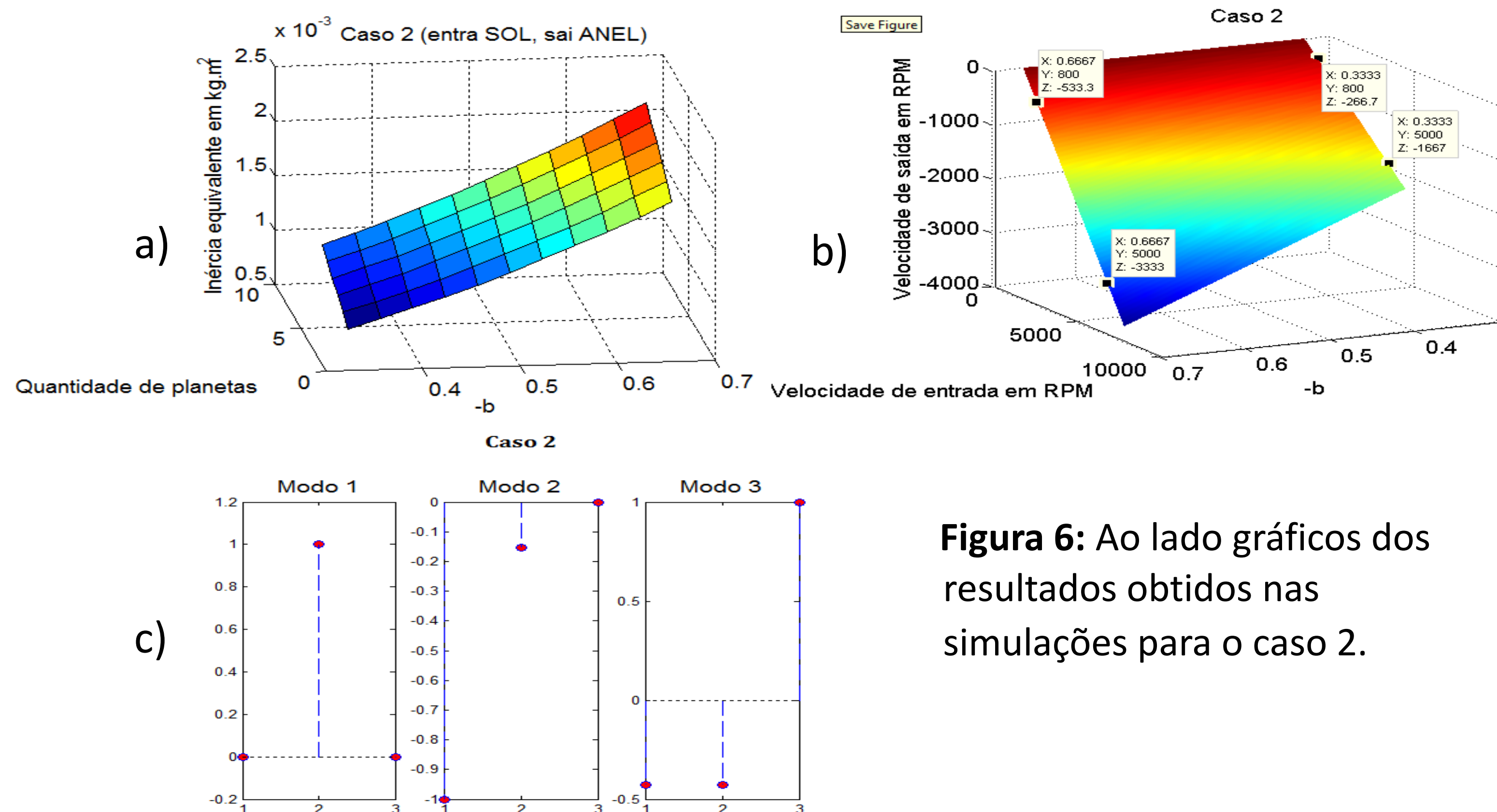


Figura 5: Modelo criado para a simulação e sua equação de movimento.

## Resultados e conclusões

As simulações se basearam em analisar: a inércia equivalente (Figura 4-a); a velocidade de saída (Figura 4-b); descobrir as frequências naturais do sistema e os modos de vibrar (Figura 4-c).



De maneira geral concluiu-se que há ainda mais pesquisa a ser feita com este componente devido à sua complexidade, pois há muita variância nos resultados dependendo da relação de engrenamento. No entanto, comprovou-se que o conforto é alto ao dirigir um veículo com transmissão automática.