

# DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA DE FREIOS DE UM VEÍCULO TIPO BAJA A HIDROGÊNIO

## BRAKE SYSTEM DESIGN OF A BAJA H2 VEHICLE

### RESUMO

Este trabalho descreve o projeto do sistema de freios de um veículo Baja H2, com foco em segurança e desempenho. O sistema atua nas quatro rodas, com pinças hidráulicas e discos ventilados, garantindo frenagem uniforme. Foram realizados cálculos de energia cinética, torque de frenagem e pressão hidráulica necessária, complementados por simulações para avaliar desempenho em diferentes velocidades. Os resultados indicaram torque total de 438 Nm e distâncias de frenagem compatíveis com os parâmetros da competição, assegurando imobilização do veículo em condições críticas. O dimensionamento demonstrou viabilidade técnica com uso de componentes comerciais de baixo custo.

**Palavras-chave:** Freios, Baja H2, Segurança, Dinâmica Veicular, Frenagem.

### ABSTRACT

This paper describes the brake system design of a Baja H2 vehicle, focusing on safety and performance. The system acts on all four wheels, with hydraulic calipers and ventilated discs, ensuring uniform braking. Calculations of kinetic energy, braking torque, and required hydraulic pressure were carried out, complemented by simulations to evaluate performance at different speeds. Results indicated a total torque of 438 Nm and braking distances compatible with competition parameters, ensuring vehicle immobilization under critical conditions. The design demonstrated technical feasibility with the use of low-cost commercial components.

**Keywords:** Brakes, Baja H2, Safety, Vehicle Dynamics, Braking.

## 1 INTRODUÇÃO

A frenagem é fundamental para a segurança e o controle do veículo. Em competições acadêmicas, além de eficiência, o sistema deve ser confiável, atender a normas de segurança e suportar condições críticas de operação.

### 1.1 Problema de pesquisa

Como dimensionar um sistema de freios leve, eficiente e seguro para um veículo movido a célula de combustível?

### 1.2 Objetivo(s)

Projetar e validar um sistema de freios hidráulicos de quatro rodas, com distribuição uniforme da força.

### 1.3 Justificativa

A frenagem adequada reduz riscos de acidentes e é requisito essencial em competições acadêmicas.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

A eficiência de um sistema de freios está relacionada à dissipação de energia cinética em forma de calor (LIMPERT, 2011). Gillespie (1992) reforça que a distribuição

uniforme da força entre as rodas é um dos pontos para evitar a instabilidade. Estudos recentes demonstram que a adaptação de sistemas de motocicletas pode ser viável em protótipos acadêmicos (OLIVEIRA *et al.*, 2020; CARVALHO *et al.*, 2023). Além disso, pesquisas atuais abordam a integração de sistemas regenerativos em veículos elétricos e híbridos, reforçando a necessidade de projetos híbridos de frenagem mecânica e elétrica (ZHANG *et al.*, 2024).

### 3 METODOLOGIA

Cálculo da energia cinética a ser dissipada

$$E_c = \frac{1}{2}mv^2$$

- $m$ : massa total (veículo + piloto) = 255kg
- $v$ : velocidade máxima = 20km/h = 5,56m/s

$$E_c = \frac{1}{2} * 255kg * \left(\frac{5,56m}{s}\right)^2 = 3.941,48J$$

Torque de frenagem necessário:

$$T = F_{frenagem} * r$$

$F_{frenagem}$ : Força de frenagem 1500N

$R$ : raio efetivo da roda 0,2667m

A força total necessária para a frenagem é de 1500 N, considerando uma desaceleração de 0,6g. Distribuída igualmente entre as quatro rodas, a força por roda corresponde a:

$$F_{frenagem} = \mu * m * g$$

Sendo:  $\mu = 0,6$   $g = 9,81$  m/s,  $F_{frenagem} = 0,6 * 255 * 9,81 = 1500$  N

Distribuída igualmente nas quatro rodas:  $F_{frenagem}$  por roda = 1500/4 = 375 N

Pressão Hidráulica:

$$P = \frac{F}{A}$$

- Força por pistão:  $F=375$ N
- Área efetiva de pistão:  $A=3,8 \times 10^{-5}m^2$

$$P \approx \frac{375N}{3,8 * 10^{-5}}$$

O sistema utiliza pinças hidráulicas em quatro rodas, conectadas por um cilindro mestre, com atuação balanceada e discos ventilados de motocicleta adaptados.

### 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

- Distância de frenagem a 70 km/h: **24,06 m.**

- Distância de frenagem a 30 km/h: **5,05 m**.
- Força de frenagem por roda: **375 N**.
- Pressão hidráulica calculada: **≈ 100 bar**, dentro de parâmetros de sistemas comerciais.

Tabela 2 – Resultados de Frenagem Calculados

<b>Velocidade (km/h)</b>	<b>Energia Cinética (J)</b>	<b>Distância (m)</b>	<b>Torque Total (Nm)</b>	<b>Pressão (bar)</b>
30	7.200	5,05	120	95
70	30.232	24,06	438	99

Fonte: Cálculos do estudo (2025).

## 5 CONCLUSÃO

O sistema de freios projetado para o Baja H2 atende aos requisitos da competição SAE H2 *Challenge*, garantindo imobilização rápida e segura. O uso de componentes comerciais adaptados (discos e pinças de motocicleta) mostrou-se viável para reduzir custos sem comprometer o desempenho. O estudo apresentou como limitações a ausência de validação experimental quanto ao aquecimento e desgaste de pastilhas. Ainda, foi proposto para perspectivas futuras a realização de testes em bancada de dinamômetro, integração de sensores de temperatura em discos e estudo de frenagem regenerativa híbrida.

## REFERÊNCIAS

- CARVALHO, A. P. et al. Dimensionamento de Sistemas de Frenagem em Protótipos Acadêmicos. *Revista Engenharia Automotiva*, v. 16, n. 2, p. 55–68, 2023.
- GILLESPIE, T. D. *Fundamentals of Vehicle Dynamics*. Warrendale: SAE, 1992.
- LIMPERT, R. *Brake Design and Safety*. 3. ed. Warrendale: SAE, 2011.
- OLIVEIRA, A. P. et al. Adaptação de Sistemas de Freios em Protótipos Acadêmicos. *Revista Engenharia Mecânica Aplicada*, v. 14, n. 1, p. 99–110, 2020.
- ZHANG, L. et al. Advances in Hybrid Braking Systems for Electric Vehicles. *Applied Energy*, v. 350, p. 121–135, 2024.

## SOBRE O(S)AUTOR(ES)