

Received:  
October 14, 2020

Accepted:  
October 15, 2020

Published:  
November 1, 2020

## Selection of suspension geometry and analysis of its installation reason in a baja SAE prototype

Bernardo de Oliveira Samari Silva<sup>1</sup> , Elidaiany Silva Santos<sup>2</sup> , Fernando Eduardo Cavalcante Filho<sup>3</sup> , Luiz Gustavo Batista Figueredo<sup>4</sup> , Naubert Mendes Silva<sup>5</sup> , Vinícius Antônio Campos Souza<sup>6</sup> 

<sup>1</sup> Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Diamantina, Brasil.

### Email address

bernardo.samari@ufvjm.edu.br (Bernardo O.S. Silva) – Corresponding author.

elidaiany.silva@ufvjm.edu.br (Elidaiany S. Santos)

fernando.eduardo@ufvjm.edu.br (Fernando E. Cavalcante Filho)

luiz.figueredo@ufvjm.edu.br (Luiz B.G. Figueredo)

naubertmendes@gmail.com (Naubert M. Silva)

vinicius.souza@ict.ufvjm.edu.br (Vinícius A.C. Souza)

### Abstract

With the highlight of the automotive area in recent years, there was a need for more in-depth dynamic studies, as the demand for comfort and performance grew so, in this research UFVJM students by the Team Baja Espinhaço, explain how the suspension selection method for a Baja-type off-road vehicle does fabricate and the analyses carried out to ensure a better choice, considering how this can actuate on the prototype performance and showing how important is the learned theory in the classroom when applied to a project.

**Keywords:** Suspension Project, Baja SAE, Adams/Car.

## 1. Introdução

O programa Baja SAE é um projeto organizado pela SAE (*Society of Automotive*), onde a proposta é lançar um desafio aos estudantes de projetar, construir e validar um veículo do tipo *off-road*. Por meio das competições os estudantes, em equipes que representam a sua instituição de ensino superior, testam seu protótipo promovendo a avaliação comparativa entre os demais projetos. (SAE BRASIL, 2019)

Visando atender as necessidades do veículo, o mecanismo de suspensão é projetado almejando garantir uma boa estabilidade e desempenho em circunstâncias adversas, absorvendo as irregularidades do solo, além de estabelecer conforto e segurança ao piloto. Esse sistema pode ser basicamente dividido entre molas, amortecedores e bandejas, que são os elementos que ligam o chassi do veículo às rodas.

Segundo Lisboa (2018), as principais literaturas dividem os modelos de suspensão em duas categorias: sistemas dependentes e

independentes. Nas suspensões independentes, onde o curso da suspensão de uma roda independe da outra, se permite uma maior adaptabilidade dos parâmetros desejados, sendo que as principais geometrias utilizadas são: Duplo A (que consiste em dois braços, superior e inferior que apresentam formato triangular), *McPherson* (onde a fixação superior pode ser considerada um único ponto pivô, em que o amortecedor é fixado diretamente no chassi), *Trailing-arm* (que consiste em braços longitudinais montados de forma a girarem em torno de um eixo transversal à carroceria) e o *Semi-trailing-arm* (similar ao *trailing-arm*, porém o eixo de ancoragem se encontra na diagonal em relação ao chassi).

Para uma melhor tomada de decisões alguns *softwares* são utilizados, a intenção é obter de forma computacional maior segurança para as escolhas tomadas. O Adams/Car, *software* amplamente utilizados por projetistas automotivos, é uma ferramenta CAE que auxilia na obtenção de dados cinemáticos e dinâmicos em vários pontos ou peças da suspensão e direção que são utilizados durante o

projeto para melhorar o comportamento do protótipo, diminuindo desta forma os custos de prototipagem e a quantidade de testes reais realizados com o veículo.

Por serem grandes influenciadores em toda dinâmica veicular do protótipo, as tomadas de decisões no projeto de suspensão são extremamente importantes. O tipo de geometria de suspensão e razão de instalação no chassi, são pontos que devem ser escolhidos com grande cautela. Deste modo, o presente trabalho visa relatar as etapas de decisões para a seleção da geometria de suspensão do protótipo BE-09 da equipe Espinhaço, considerando como ela pode influenciar na performance do mesmo.

## 2. Metodologia

Esse estudo consiste selecionar com base em uma Matriz de Decisão elaborada pelos autores e análises realizadas no Adams/Car, a geometria de suspensão que melhor se adequa e que atenda aos requisitos do projeto.

A escolha feita para a geometria de suspensão deve ser realizada com base nos parâmetros desejados pela equipe, em que os sistemas são escolhidos de acordo com sua adaptabilidade ao projeto quando comparado com outros frequentemente encontrados. Sendo assim, uma matriz de decisão pode ser construída levando em consideração a massa, custo, eficiência, manutenção, espaço e robustez para realizar uma comparação em relação esses fatores, podendo escolher a geometria que melhor se adapta ao projeto.

Através do *software* Solidworks é realizada a modelagem e montagem dos componentes da suspensão de acordo com os parâmetros desejados. Em seguida, estes são introduzidos no Adams/Car, onde se pode elaborar a simulação dos componentes no veículo, a fim de realizar a análise dos comportamentos dinâmicos do protótipo nas diferentes áreas da dinâmica veicular (dinâmica lateral, vertical e longitudinal). Nele será realizado o processo de interação onde um *bump* (movimento para cima das rodas quando passa por algum obstáculo) de 100mm e um *rebound* (movimento para baixo das rodas quando passa por algum obstáculo) de 50mm são aplicados. Com esses dados e a nova geometria escolhida, gráficos de convergência e divergência, assim como de cambagem poderão ser traçados.

## 3. Resultados e Discussões

De acordo com os dados do Tabela (1), foi escolhido o Duplo A como geometria de suspensão para a dianteira e o Semi-Trailing para a traseira. Conforme os parâmetros desejados, esses sistemas foram escolhidos pela adaptabilidade ao projeto quando comparado com outros frequentemente encontrados. Para a traseira, tal escolha ainda se justifica pelo objetivo de possuir um sistema com um número menor de componentes para o conjunto, obtendo assim, uma melhor manutenibilidade. Além disso, pela simplicidade da bandeja, o sistema possuirá constantes e excessivos esforços, justificando-se a necessidade de robustez do projeto.

Tabela 1 – Matriz de decisão suspensão dianteira.

Fatores	Peso	Duplo-A	MacPherson
Massa	2	2	2
Custo	3	3	3
Eficiência	3	5	4
Manutenção	3	4	3

Tabela 2 – Matriz de decisão suspensão traseira.

Fatores	Peso	Duplo-A	MacPherson	Swing axle
Massa	1	3	3	4
Custo	2	3	3	5
Eficiência	3	3	4	2
Manutenção	3	3	3	2

Através do *software* Adams/Car, foi possível obter o comportamento do sistema de suspensão e direção, podendo assim realizar a análise de *camber* e *toe* (convergência e divergência).

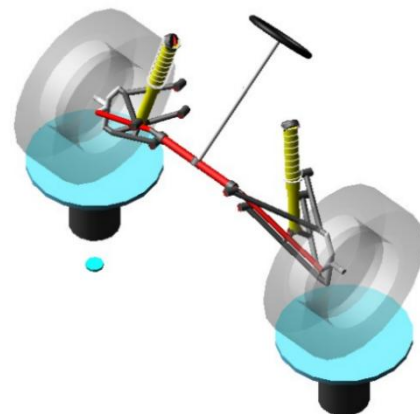


Figura 1 – Sistema de Suspensão e Direção no *Software* Adams.

Na Figura (2), observa-se que o comportamento de ambas as rodas é o mesmo. Através da aplicação do *bump*, verifica-se uma

divergência das rodas e com o *rebound* uma convergência.

Na Figura (3), analisou-se a variação de cambagem, onde com um bump aplicado obtemos uma cambagem negativa e com o rebound uma cambagem positiva.

Com os resultados obtidos os projetistas ganham uma maior visão dentro do projeto. A divergência observada na Figura (2), mostra um erro no posicionamento da bandeja no chassi, sabendo que com o movimento da suspensão deve-

se evitar uma variação muito grande no *Toe*. Assim como na Figura (3), esse mesmo erro gerou uma cambagem negativa, que é prejudicial ao veículo, principalmente na hora de realizar uma curva. Isso demonstra a grande vantagem da utilização deste *software*, onde mesmo com a falha do projetista na fixação das bandejas na fase de modelagem, o erro pode ser avaliado e corrigido antes da fabricação dos componentes, diminuindo consideravelmente os custos de projeto.

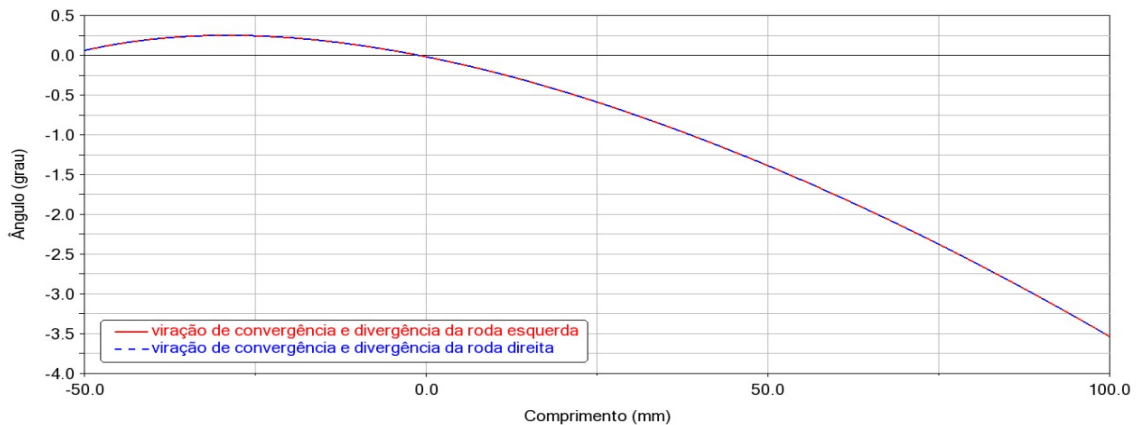


Figura 2 – Variação do *Toe* (convergencia e divergencia) com aplicação de *bump* e *rebound*.

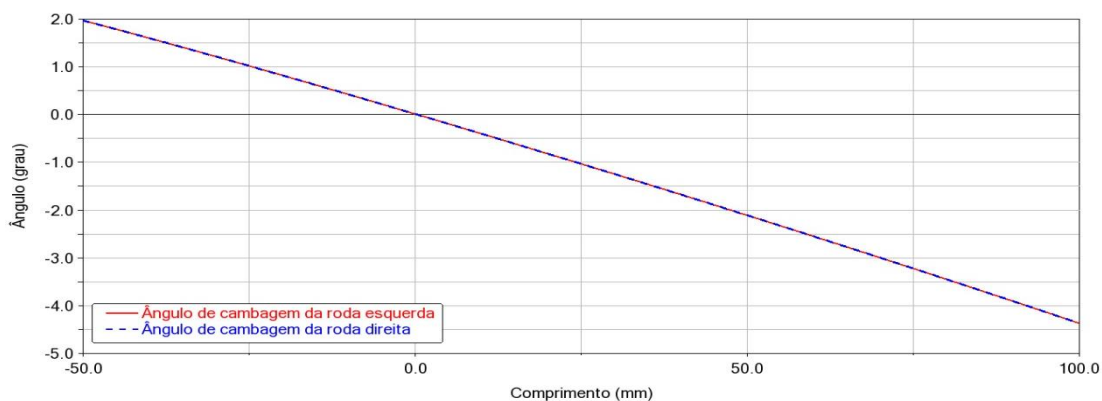


Figura 3 – Variação da Cambagem com aplicação de *bump* e *rebound*.

## 5. Conclusão

Através do estudo aplicado, foi possível selecionar as geometrias que melhor se adaptaram ao protótipo e que atendiam os critérios iniciais buscados pelos projetistas. Conforme o erro identificado através das análise no Adams/Car, a próxima etapa do trabalho consiste em estabelecer a configuração ideal, que atenda os parâmetros desejados para instalação da geometria no chassi.

Ainda, para garantir o melhor desempenho do conjunto selecionado, é indicado um estudo mais aprofundado acerca de outras variáveis relacionadas, como a escolha do material para

confeção, análise dos esforços estáticos e dinâmicos que agem sobre o componente, além da realização de testes experimentais para a validação dos parâmetros obtidos.

## References

Lisboa, L.M., Rodrigues, M.C.S.W. and Felipe, R.M., 2018. *Metodologia de desenvolvimento do Sistema de suspensão para um protótipo Baja SAE*. College. Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca. Available at: <[http://www.cefet-rj.br/attachments/article/2943/Projeto%20Final%202018\\_1%20Metodologia%2](http://www.cefet-rj.br/attachments/article/2943/Projeto%20Final%202018_1%20Metodologia%2)

0Desenvolvimento%20Sistema%20Suspens%C3%A3o%20Prot%C3%B3tipo%20BAJA%20SAE.pdf> [Accessed 1 October 2020].

Milliken, W. and Milliken, D., 1995. *Suspension Geometry*. pp.607-661, (Editora) SAE – Society of Automotive. Race Car Vehicle Dynamics. Seward, D., 2014. *Race Car Design*. London.

SAE – Society of Automotive, 2019. *Regulamento Administrativo e Técnico BAJA SAE Brasil*. SAE Brasil, São Paulo, SP.