



Desenvolvimento de um protótipo do tipo Baja SAE. Development of a Baja SAE type prototype.

Henrique Starke Correa da Silva¹, Roberto Mauro Felix Squarcio²

RESUMO

Diante da complexidade de provas avaliativas nas competições BAJA SAE surge a demanda do desenvolvimento de um protótipo robusto, confiável e seguro. Neste relatório, estão descritos os processos de elaboração do projeto, realizando o detalhamento de cada subsistema, bem como as escolhas que pautaram seu desenvolvimento, além de apresentar as evoluções implementadas em relação ao protótipo anterior. Para um bom desenvolvimento do projeto, foram estabelecidas metas gerais quanto ao protótipo, e a partir destas, metas específicas para cada área.

.PALAVRAS-CHAVE: Baja; Protótipo; Society of Automotive Engineers; Sistemas Mecânicos e Elétricos Automotivos; Veículo Baja;

ABSTRACT

Given the complexity of the tests and the competitiveness of the Baja SAE competitions, the demand for the development of a competitive, reliable and safe prototype arises. This report describes the project preparation processes, detailing each subsystem, as well as the choices that guided its development, in addition to presenting the improvements implemented in relation to the previous prototype. For a good development of the project, general goals were established regarding the prototype, and from these, specific goals for each area.

KEYWORDS: Baja; Prototype; Society of Automotive Engineers; Automotive Mechanical and Electrical Systems; Baja Vehicle;

INTRODUÇÃO

O Projeto Baja SAE (Society of Automotive Engineers) representa um campo fascinante e desafiador para estudantes de engenharia que buscam criar veículos off-road robustos e eficientes. Este trabalho se propõe a explorar o emocionante processo de desenvolvimento de um protótipo Baja SAE, destacando os principais aspectos do projeto, construção e competição envolvidos nesse desafio.

MATERIAL E MÉTODOS

Para gerenciamento das etapas de projeto, fabricação e testes utilizamos a metodologia **Scrum** adaptada à realidade da equipe a qual realizará o desenvolvimento do protótipo. Com isso, foi desenvolvida uma **dashboard** para acompanhamento das atividades e **sprints** para melhor divisão das mesmas. Os **sprints** são determinados após a definição de uma margem de segurança de tempo de execução das tarefas. No início de cada semana é feita uma atualização geral da **dashboard** e uma reunião com os responsáveis

¹ Silva, H.S.C., Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, Paraná, Brasil. henriquestarke@alunos.utfpr.edu.br.

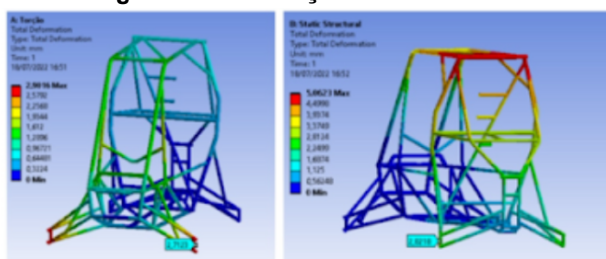
² Squarcio, R.M.F., DAMEC. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, Paraná, Brasil. rquarcio@utfpr.edu.br. <https://lattes.cnpq.br/1000077717733917>.

de cada área para melhor acompanhamento. Ao fim de cada **sprint**, realizamos o **sprint review**, em que é visto a conclusão ou atraso das atividades e realizado o remanejamento das possíveis pendências para **sprints** futuros.

Para o projeto orçamentário são atribuídas e definidas as necessidades com maior urgência. A partir disso são elaboradas e executadas matrizes de decisão para a escolha dos principais componentes do carro com os seguintes critérios: custo, manutenção e desempenho. Através dessa ferramenta, foi possível selecionar as melhores opções para nossa aplicação, aliando custo e funcionalidade com as prioridades da equipe.

ESCOLHA DOS MATERIAIS — Para a escolha do material da estrutura e das carenagens, foi realizada uma pesquisa a fim de se obter o material mais adequado para a nossa fabricação. Para a estrutura, foram selecionados dois possíveis materiais para os tubos conforme disponibilidade na região: o primeiro foi o aço ABNT NBR 1020, e o segundo o aço SAE 4130. Apesar do segundo possuir algumas propriedades mecânicas superiores ao aço 1020, o que nos possibilitaria a redução do perfil dos tubos, vimos que seu preço era muito superior e, com isso, definimos o aço 1020 como escolha para a estrutura. Assim, realizaram-se as simulações dos componentes a serem fabricados por meio do método dos elementos finitos, otimizando as geometrias das peças, buscando a obtenção de uma maior resistência mecânica e reduzindo a massa do protótipo o quanto possível.

Figura 1 – Simulação da estrutura.



Fonte: Autoria própria.

ERGONOMIA — A fim do condutor ter condições de transmitir todo o seu potencial e aprimorar o seu desempenho durante o tempo das provas, são premissas apresentar um veículo com acessibilidade ao habitáculo e equipamentos otimizados. Além disso, tem-se como objetivo proporcionar uma redução da fadiga do piloto, visando otimizar, de forma ergonômica, a estrutura e os equipamentos do veículo. Então, por meio de uma matriz de decisão, traçamos objetivos para darmos prosseguimento e com os objetivos definidos, estipulamos suas metas de maneira quantificada com base nos **feedbacks** dados pelos pilotos e juízes, e com isso, é possível ver a atual ergonomia do protótipo:

Figura 2 – Ergonomia do protótipo atual.



Fonte: Autoria própria.

ESTUDO DE MERCADO E DESIGN — Para o novo protótipo, foi realizada uma pesquisa de mercado junto às áreas de Marketing e Vendas em nossa comunidade, a fim de definir o novo design do veículo. Através do **feedback** dado pelos participantes da pesquisa, chegamos a conclusão de que o veículo deveria possuir um design atrelado ao setor de competições automobilísticas. Com o setor de mercado definido foi possível realizar uma pesquisa mais aprofundada, onde buscamos então referências de modelos, e definimos por meio do estudo, o design como sendo relacionados a carros de *drift* e *rally*. Desse modo, desenvolvemos o visual do nosso carro, onde se buscaram as características do modelo definido, sendo suas cores também escolhidas conforme o estudo. Os decalques laterais buscaram remeter uma característica esportiva conforme estabelecido e foram inspirados nas asas da ave gralha-azul, símbolo da nossa equipe.

Figura 3 – Protótipo Finalizado.

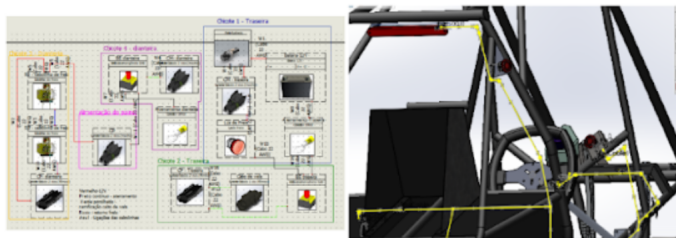


Fonte: Autoria própria.

SISTEMA DE SEGURANÇA — Projetado visando ter uma confiabilidade de 100%, utilizando as ferramentas integradas de desenho e roteamentos de cabos 3D dos softwares *SolidWorks*. Inicialmente, o diagrama esquemático elétrico foi traçado no *SolidWorks Electrical*, seguindo os requisitos de projeto das normas do Regulamento Administrativo e Técnico Baja SAE Brasil, e posteriormente o roteamento 3D foi realizado.

Para auxiliar as outras áreas e pilotos, foi disponibilizado um sistema de sensoriamento do protótipo, com sensores para leitura da velocidade, temperatura da redução primária, pressão do sistema de freio, horímetro/tacômetro e acelerômetro/giroscópio. Além disso, o protótipo dispõe de um display para acompanhamento das informações mais importantes para o piloto. Os sensores foram escolhidos com base na precisão, compatibilidade com o microcontrolador utilizado, custo e disponibilidade.

Figura 4 – Diagrama esquemático e roteamento dos cabos em CAD.



Fonte: Autoria própria.

TREM DE FORÇA — O conjunto de trem de força é composto por um motor Briggs & Stratton® OHV Vanguard Model 19, um sistema de redução primária do tipo CVT (*Continuously Variable Transmission*), uma caixa de redução do tipo trem de engrenagens e juntas homocinéticas.

REDUÇÃO PRIMÁRIA — Com o intuito de proporcionar um maior conforto ao piloto aliado a um alto desempenho longitudinal, decidiu-se empregar uma transmissão do tipo CVT (*Continuously Variable Transmission*) como transmissão primária, devido a sua capacidade de permanecer mais tempo próxima da potência máxima do motor. Desta forma, o modelo escolhido foi a CVT Comet 780, cuja relação máxima é de 3,71:1 e a relação mínima é de 0,69:1.

REDUÇÃO SECUNDÁRIA — A redução secundária tem como finalidade atingir as necessidades de velocidade final e força máxima transmitida ao solo. Para isso, foi desenvolvido um modelo matemático em Python a partir do equacionamento obtido de NORTON [2]. Este modelo considera as curvas experimentais do motor e CVT, bem como a eficiência mecânica da transmissão e as forças resistivas, como o arrasto aerodinâmico e a resistência ao rolamento dos pneus, obtidas através do teste de *Coast Down* realizado seguindo a norma ABNT NBR 10312.

AMORTECEDORES — A escolha dos amortecedores dianteiros foi feita a partir de uma matriz de decisão em que 3 opções diferentes eram consideradas considerando os critérios: tamanho, custo, manutenção e vida útil. Dentre esses, o custo teve maior peso considerando a situação financeira da equipe no período e ao final foi escolhido os amortecedores do Honda Fourtrax de 2009 a 2014. Para a traseira foi feito amortecedores customizados e molas preparadas com coeficiente de elasticidade (K) igual a 37,5 N/mm.

SUSPENSÃO DIANTEIRA — A geometria independente de duplo A foi escolhida devido ao seu maior controle cinemático e facilidade de ajustes quando comparada a sistemas como o braço semi-arrastado e McPherson. Contudo, com seu maior número de componentes quando comparado a esses sistemas, procurou-se facilitar a fabricação e reduzir os custos do sistema através da simplificação de geometrias.

Figura 5 – Suspensão dianteira do protótipo.

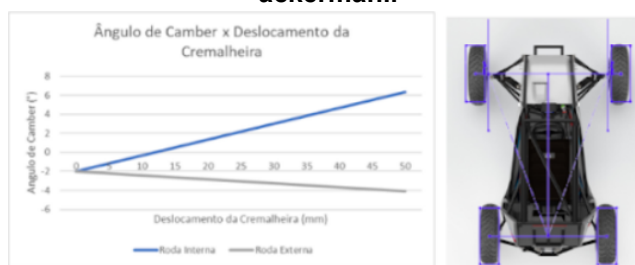


Fonte: Autoria própria.

SUSPENSÃO TRASEIRA — Como resultado de estudos dinâmicos, realizados usando como base o livro de Milliken e Milliken (1995), a suspensão traseira escolhida foi do tipo tri-link, por possuir poucos elementos estruturais, facilitando o empacotamento e reduzindo o número de componentes suscetíveis a falhas, além da maior versatilidade de ângulos e ajustes no montante traseiro do veículo.

DIREÇÃO — Composta por uma caixa de direção formada por um sistema pinhão-cremalheira, o qual possui um empacotamento e um custo menor, entregando um desempenho melhor para o nosso uso, quando comparado a outros sistemas de direção. Após efetuar os estudos e cálculos necessários segundo NICOLAZZI, obteve-se um diâmetro primitivo de 44 mm, número de dentes igual a 22, módulo 2 e um ângulo de rotação do volante de 200°. Calculou-se o ganho e a perda de cambagem conforme a cremalheira se desloca tendo em vista que a cambagem positiva na roda interna e a cambagem negativa na roda externa estão agindo para diminuir a derrapagem causada pela aceleração centrífuga. O entre eixos do carro é de 1,532 metros, a bitola dianteira tem uma medida de 1,33 m sendo 20,9% maior do que a traseira que mede 1,10 m, conferindo mais estabilidade e melhor dinâmica em curvas.

Figura 6 – Gráfico cambagem por deslocamento da cremalheira e vista superior da geometria ackerman..



Fonte: Autoria própria.

FREIOS — O sistema é composto por um pedal em alumínio 7075 T6 usinado em CNC (*Computer Numeric Control*) com relação de 5,5, cilindro mestre de Fiat Uno 1995, duas pinças dianteiras da moto Honda XRE 300 e na traseira duas pinças da moto Honda CBX 150 ambas espelhadas possibilitando assim que os sangradores fiquem virados para cima, facilitando assim a sua manutenção do sistema. O sistema é regulado através de uma válvula proporcional na qual os ajustes da pressão podem variar de 100 a 1300 PSI. Levando em conta a resistência de acordo com o sistema, os discos utilizados são de aço INOX 304. Sabendo que é necessária uma força maior de frenagem no eixo dianteiro, utilizaram-se discos com 160 mm de diâmetro no eixo dianteiro e 150 mm de diâmetro no eixo traseiro, garantindo assim uma maior área de contato entre pastilha e disco, e consequentemente, uma melhor frenagem.

CONCLUSÃO

Em conclusão, o desenvolvimento do protótipo do tipo Baja SAE é um empreendimento que exige dedicação, engenhosidade e trabalho em equipe. Ao longo do desenvolvimento do protótipo, enfrentamos uma série de desafios e obstáculos, mas também celebramos conquistas significativas, como: 6º Lugar geral na competição Baja SAE Etapa Sul 2022. Cada dificuldade superada nos ensinou lições valiosas e aprimoramos nossas habilidades como futuros engenheiros. É um lembrete de que, quando nos desafiamos e trabalhamos juntos, podemos alcançar grandes conquistas.

Agradecimentos



Gostaria de expressar minha mais profunda gratidão a todos que contribuíram para o sucesso deste desenvolvimento. Este trabalho não teria sido possível sem o apoio, orientação e dedicação de muitas pessoas incríveis.

Em primeiro lugar, quero agradecer ao meu estimado professor orientador, Roberto Mauro Felix Squarcio. Sua orientação e expertise foram fundamentais para o desenvolvimento deste trabalho.

À equipe Gralha Azul, meus colegas e amigos, agradeço por sua colaboração incansável. Cada um de vocês desempenhou um papel fundamental na pesquisa, na coleta de dados e na análise. Nossas reuniões de brainstorming e debates foram essenciais para moldar nossas ideias e aprimorar nosso trabalho.

Também é crucial reconhecer o apoio valioso de nossos patrocinadores e apoiadores em especial a UTFPR - Ponta Grossa. Sem o financiamento e o suporte que nos proporcionaram, este projeto não teria decolado.

Conflito de interesse

Não há conflito de interesse.

REFERÊNCIAS

NORTON, R. L. **Projeto de Máquinas: Uma abordagem integrada**, 2013

IIDA, Itiro. **Ergonomia Projeto e Produção**. Segunda edição. Local: São Paulo, SP. Editora; Edgard Blucher, data:2005

LIMPERT, Rudolf. **Brake Design and Safety**. 3a edição. Warrendale, USA: SAE Internacional, 2011.

GILLESPIE, Thomas D., **Fundamentals of Vehicle Dynamics**, Revised Edition, Society of Automotive Engineers, 1992.

MILLIKEN, William F; MILLIKEN, Douglas L; **RACER CAR VEHICLE DYNAMIC**; SAE internacional, 1995.

NICOLAZZI, Lauro C. **Uma introdução à modelagem quase-estática de automóveis**. Florianópolis: UFSC, 2001.