

Received:
October 15, 2020

Accepted:
October 31, 2020

Published:
November 1, 2020

Transmission System for a baja vehicle SAE BRASIL

João Victor Garcia Freitas¹ , Joérbia Maria Pereira dos Santos¹ , Maicon Del Piano¹ 
, Pedro Augusto Barbosa Santos¹ , Vinícius Antônio Campos Souza¹ 

¹ Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Diamantina, Brasil.

Email address

joao.garcia@ufvjm.edu.br (João V.G. Freitas)

joerbia.maria@ufvjm.edu.br (Joérbia M.P. Santos) – Corresponding author.

maicon.alfredo@ufvjm.edu.br (Maicon D. Piano)

santos.pedro@ufvjm.edu.br (Pedro A.B. Santos)

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

Abstract

SAE BRASIL is a program that holds contests where students are encouraged to apply and develop their knowledge in the engineering area. One of its modalities is the baja, which consists of a kind of all-terrain vehicle. In order to improve performance in these competitions, and obtain trophies, this work aims to assemble a transmission system that better adheres to the prototype in a competitive way, guaranteeing the vehicle a good tractive capacity, and a good maximum speed, thus surpassing the old prototype BE-08, this taking into account the financial and bureaucratic conditions. This system is basically composed of a 19 briggs & stratton series engine, CVT (continuously variable transmission), a pair of CVs, and a transfer box, which when together are also called the power train. Thus, based on the methodology and analysis of the data, it was possible to develop a vehicle better than BE-08 reaching the design premise.

Keywords: Transmission, Reduction box, CVT, Homokinetics, Torque.

1. Introdução

A *Society of Automotive Engineers* (SAE) BRASIL é um programa que organiza e promove competições que incentivam os estudantes a aplicar os conhecimentos desenvolvidos em sala de aula. Para o setor automotivo destacam-se os projetos do Baja e Fórmula, sendo o primeiro uma proposta de veículo *off road*, robusto para diversos terrenos (SAE BRASIL, n.d.). Para garantir a paridade entre as equipes, os veículos que participam da competição devem seguir por completo as regras do Regulamento Administrativo e Técnico Baja SAE Brasil (Baja SAE Brasil, 2019)

Esses projetos são desenvolvidos por equipes compostas por estudantes. O Baja Espinhaço é uma equipe que há 9 anos representa a Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri nas competições nacionais e regionais de Baja da SAE Brasil, projetando, desenvolvendo e otimizando protótipos baja.

Esses protótipos são modelos de veículos criados para superar diversos obstáculos com eficiência e segurança para o usuário, e é constituído por projetos específicos para os seus subsistemas. O *powertrain* é o subsistema responsável pela máxima eficiência de transmissão de potência do motor até as rodas com mínimo de perda possível. Vale ressaltar que esse sistema é composto por um motor *briggs & stratton série 19*, câmbio CVT (transmissão continuamente variável), uma caixa de transferência, e um par de homocinéticas.

Nesse contexto o presente objetivo é superar os desafios da equipe Baja Espinhaço, desenvolver e otimizar este subsistema com um menor custo, além de garantir uma maior eficiência, por meio de regulagens dos demais componentes, definições de relações de torque e potência, entre outros. Para completar provas, circuitos, e atingir os objetivos estabelecidos pela equipe, o veículo deve ter uma boa capacidade trativa máxima de pelo menos 350 kg, velocidade final superior a 40 Km/h, e transpor

obstáculos de até 55°. Assim, visando melhorar o desempenho nas competições, um dos grandes desafios para a equipe Baja Espinhaço.

2. Metodologia

O primeiro passo foi obter dados dos subsistemas anteriores desenvolvidos pela equipe, dos protótipos de outras equipes em competições passadas, e do motor que é um componente definido pelo programa SAE BRASIL. Pra isso foi feita uma busca de informações no site da SAE BRASIL, como velocidade máxima e aceleração dos veículos na competição nacional de 2019, além de informações do motor no próprio manual, e alguns dados de redução da caixa de transferência, uma vez que não era viável a fabricação de uma nova caixa.

Feito essa coleta, analisou-se as informações juntamente com o regulamento do Baja SAE Brasil, e então foram definidas as premissas de todo o sistema, para que o protótipo alcançasse o melhor rendimento em provas dinâmicas, priorizando a robustez e torque, visto que, os circuitos propostos nas competições são compostos em grande parte, por obstáculos trativos e de baixa velocidade.

Observou-se que nos resultados das equipes na etapa nacional de 2019 (Baja SAE Brasil, 2019), 5% dos veículos alcançaram velocidades máxima entre 39 e 41 km/h, conforme a Figura (1), logo a premissa inicial foi justamente superar essas velocidades, sem comprometer o torque e a robustez, para então tornar o carro mais competitivo.

Para que o motor apresentasse um melhor desempenho, sua rotação mínima foi ajustada para 1600 rpm, com acionamento de aceleração sensível para alcançar a rotação máxima com um curso mínimo de pedal para o usuário, dessa forma o pedal foi feito com ajuste de angulação na pedaleira e no curso de acionamento.

Para alcançar o torque desejado, utilizou-se a mesma relação de transmissão fixa por engrenagens do protótipo antigo, assim, a caixa de transferência ou caixa de redução, foi projetada para ter um maior torque, e um menor volume comparado ao sistema anterior. Ela é composta por quatro engrenagens cilíndricas de dentes retos, três eixos e chavetas.

Em relação ao câmbio, optou-se por utilizar um CVT, devido a sua capacidade de transmitir o máximo de potência com melhor controle de faixa de rotação, além do baixo consumo de combustível. Por meio das relações de redução fixa e dos

respectivos modelos de CVT, aplicando a metodologia apresentada por Gillespie (1992), foi possível estimar o torque e a velocidade máxima que o protótipo atingiria, possibilitando assim uma comparação de desenvolvimento entre os modelos.

Por fim, foram realizados testes para o levantamento de dados, validando o projeto desenvolvido, além de ajustar as configurações do veículo.

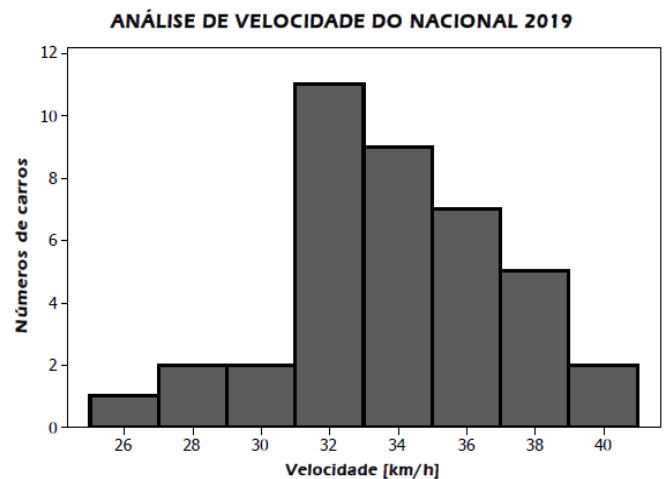


Figura 1 – Estudo ergonômico de acionamento.

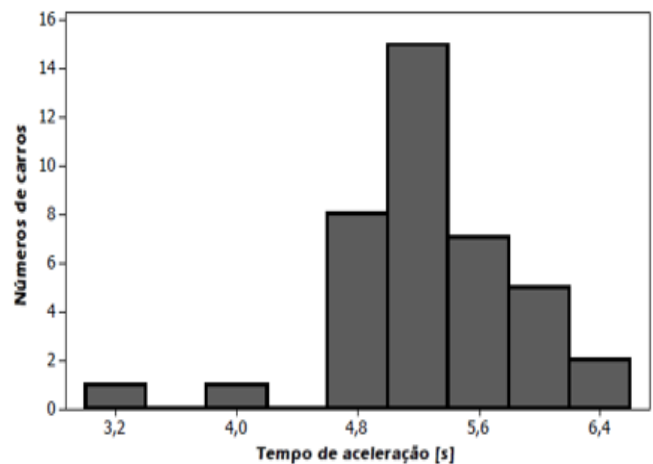


Figura 2 – Análise da aceleração.

3. Resultados e Discussões

A redução por engrenagens se mostrou vantajosa, além de requerer baixa manutenção, mantém a robustez e confiabilidade no sistema em condições críticas de operação. Isso ocorre devido as engrenagens trabalharem dentro de uma carcaça vedada e bem lubrificada, evitando assim o contato com detritos presentes no ambiente (Caldeira e Alves, 2017). A Tabela (1) apresenta os parâmetros desse sistema.

Tabela 1 – Parâmetros do sistema de redução por engrenagens.

| Parâmetros | 1º redução | 2º redução |
|------------------|------------|------------|
| Nº de dentes | 19 : 59 | 28 : 91 |
| Redução parciais | 3,105 | 3,25 |
| Redução total | 10,09 | - |

Na Tabela (2) é apresentado o resultado da comparação dos modelos de CVT. Notou-se que a *Comet 780* e a *Comet 790* atenderiam os objetivos, entretanto, optou-se pela *Comet 780* por ser mais economicamente viável. Como pode ser observado nessa tabela, a CVT *Comet 780* atingiu uma velocidade máxima superior a 40 km/h, além de também fornecer um torque superior as demais CVTs que atingiram velocidade acima de 40 km/h.

Tabela 2 – Análise modelos de CVT.

| CVT | Torque máximo [N.M] | Velocidade máxima [km/h] | Active máximo [°] |
|-------------|---------------------|--------------------------|-------------------|
| Comet 770 | 727,043 | 38,462 | 90 |
| Comet 780 | 672,810 | 44,037 | 68,796 |
| Comet 790 | 617,439 | 56,269 | 58,686 |
| Gaged GX9 | 730,697 | 39,981 | 90 |
| Polaris P90 | 699,642 | 38,461 | 75,948 |

Ao analisar as homocinéticas disponíveis no mercado optou-se pela *Vw Gol G2 G3 G4* devido ser facilmente encontrada no mercado e seu baixo custo. Essa homocinética atende a angulação máxima de trabalho de 22°. Entretanto, para completar todo o curso transversal foi necessário

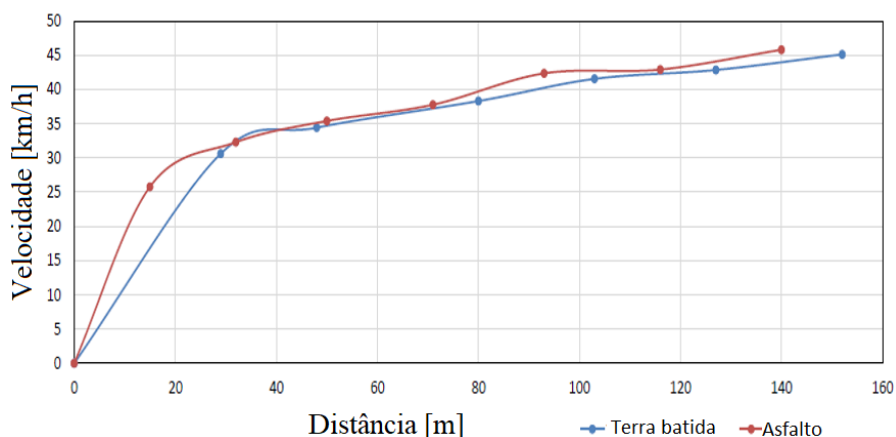


Figura 4 – Teste de velocidade máxima.

4. Considerações finais

O projeto, como um todo, exigiu o desenvolvimento de habilidades e conhecimentos por parte dos membros, para que fosse possível obter melhorias dentro da equipe.

fazer uma adaptação com luva do eixo cardan de chevete. Vale ressaltar que, mesmo com a adaptação, o custo da peça por completo foi inferior do que a peça que atendia o curso transversal.

Nas configurações, verificou-se as possíveis calibrações que alcançasse maior eficiência para a aceleração do veículo, chegando-se à configuração de uma calibração com 20 Psi como pode ser observado na Figura (3), assim o veículo estará entre os 10 mais rápidos da categoria nacional, conforme a Figura (2).

Com o sistema montado e configurado, fez-se testes e validações para analisar se os objetivos foram alcançados. Avaliou-se a velocidade do carro no asfalto e na terra batida, obtendo os dados apresentados na Figura (4).

Fez-se também teste de tração, onde o veículo foi capaz de puxar 360 Kg contra 300 Kg do antigo modelo, sem perder a aderência com o solo.

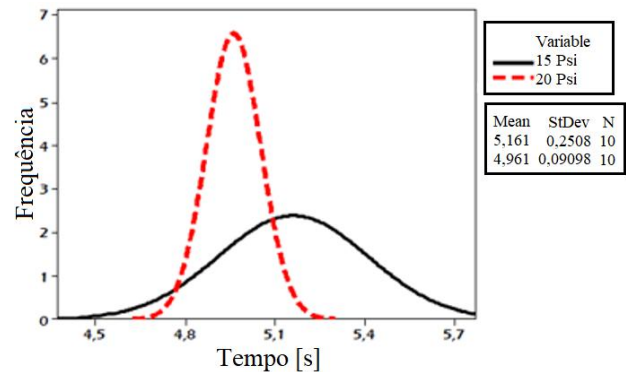


Figura 3 – Influência da pressão dos pneus no tempo de aceleração.

Utilizando o motor *briggs & stratton série 19*, a redução por engrenagem, a CVT *Comet 780*, e a homocinética da *Gol*, em um terreno plano de terra batida, o protótipo atingiu uma velocidade média de 26,07 km/h em uma distância de 50 m. A velocidade máxima desenvolvida é 15% maior que máxima

desenvolvida na etapa nacional da categoria, 44,48 Km/h.

Outro fator relevante, foi o aumento da capacidade trativa do veículo, que superou os 300 kg (peso puxado pelo protótipo BE08), puxando 360 kg, sem perder a aderência com o solo.

Logo, o protótipo alcançou velocidade máxima satisfatória, superando a velocidade máxima registrada no nacional de 2019, torque necessário para superar obstáculos e garantir aceleração suficiente nas competições, e com isso, a equipe Baja Espinhaço adquiriu o troféu 2º lugar de tração, em uma prova dentro da competição Nacional de 2020.

Referências

BAJA SAE BRASIL, 2019. *25ª Competição Baja SAE Brasil*. Disponível em: <<https://resultados.baja-sae-brasil.online/19BR/>> [Acessado em 21 junho 2020].

Caldeira, C.G. and Alves, V.E.P., 2017. *Projeto de uma caixa de redução com engrenagens cilíndricas de dentes retos*. Graduação. Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri.

Gillespie, T., 1992. *Fundamentals of Vehicle Dynamics*. Society of Automotive Engineers (SAE).

SAE BRASIL. n.d. *Baja Nacional*. Disponível em: <<http://portal.saebrasil.org.br/programas-estudantis/baja-sae-brasil>> [Acesso em 21 junho 2020].

SAE BRASIL, 2019. *Regulamento Administrativo e Técnico baja SAE Brasil (RATBSB). Emenda 03*. São Paulo: SAE Brasil.