

<https://eventos.utfpr.edu.br//sicite/sicite2020>

Viabilidade da proteção do CVT em material compósito em um protótipo Baja

Viability of CVT's protection in composite material of Baja vehicle

RESUMO

Roger Navarro Verastegui
rogerverastegui@utfpr.edu.br
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, Paraná, Brasil.

Lara Thaís Krause
laratkrause@gmail.com
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, Paraná, Brasil.

Virgínia Sescatto Gusso
virginiagusso@alunos.utfpr.edu.br
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, Paraná, Brasil.

Ana Flávia Reksua
anareksua@alunos.utfpr.edu.br
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, Paraná, Brasil.

Este artigo apresenta o estudo e desenvolvimento teórico da proteção do CVT (Continuous Variable Transmission) de um veículo Baja em material compósito, com o objetivo de diminuir o peso do carro e ao mesmo tempo garantir que suas propriedades mecânicas não sejam alteradas. Para isso, foi consultado o regulamento SAE Brasil, além de terem sido realizados ensaios de impacto com a fase reforço de fibra de carbono, fibra de vidro e híbrido com matriz de resina epóxi, e por último uma análise no software Ansys da transferência de calor do CVT para a capa em três diferentes proteções: fibra de carbono, fibra de vidro e aço 1020, sendo o último utilizado atualmente pela equipe para compor a capa do CVT. Com esses estudos, foi possível compreender que tanto a fibra de carbono quanto a fibra de vidro podem substituir o aço 1020 referente a resistência ao impacto. Porém em relação ao desempenho térmico, a fibra de vidro se mostra superior, apesar disso, ainda há a necessidade da utilização de um sistema de arrefecimento de ar.

PALAVRAS-CHAVE: CVT. Proteção. Capa.

ABSTRACT

This article presents the theoretic development of CVT's (Continuous Variable Transmission) protection of Baja vehicle in composed materials with the purpose of reducing the car's weight and at the same time keep the mechanical properties. For that happen, the regulation SAE Brazil was consulted, besides impact testes has been realized with carbon fiber, fiberglass and hybrids as reinforcing phase and epoxy resin as matrix phase, and finally has been realized analysis on software Ansys of heat transfer of CVT for the protection in three diferents capes: carbon fiber, fiberglass and steel 1020, the last one being used actually by the team. With these studies, was possible understand that both carbon fiber and fiberglass can replace the steel 1020 when it refers to impact resistance. But in thermal performance, the fiberglass proved to be better. However, still necessary use a cooling's system.

KEYWORDS: CVT. Protection. Cape.

Recebido: 19 ago. 2020.

Aprovado: 01 out. 2020.

Direito autorial: Este trabalho está licenciado sob os termos da Licença Creative Commons-Atribuição 4.0 Internacional.



INTRODUÇÃO

A SAE (*Society of automotive engineers*) é uma associação que tem por finalidade disseminar conhecimentos acerca de assuntos relacionados a mobilidade. Um de seus segmentos são os programas estudantis e entre eles o Baja SAE, o qual junta equipes de instituições de ensino do mundo todo. De forma básica, um Baja é um protótipo de veículo off road que tem seu desempenho inteiramente avaliado em competições internacionais, regionais e federais. O seguinte estudo leva em conta a equipe de Baja da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR) Campus Ponta Grossa.

Figura 1: Protótipo Mordecai na competição Baja SAE 2020.



Fonte: Baja SAE.

Este estudo tem como objetivo avaliar a viabilidade da execução da capa do CVT em material compósito.

O CVT (CONTINUOUS VARIABLE TRANSMISSION)

Com a força gerada por meio da energia obtida pela explosão de ar e combustível dentro do motor, é que acontece o movimento das rodas de um veículo. Todavia, o movimento gerado pelo ciclo de explosões que acontece dentro da câmara de combustão de um motor não passa diretamente para as rodas, devido aos diferentes tipos de performance que o veículo requer, há o sistema de transmissão, nesse caso, abordaremos dentre as funções deste, a de acentuar o torque exercido pelo motor quando necessário, sendo esse efeito oriundo da CVT. Genario (2018, p.11) afirma que “um sistema composto por duas polias de diferentes tamanhos e interligado entre si por uma correia de grande resistência” sendo então as polias, responsáveis por alterar o torque e a velocidade do carro de acordo com a diminuição do raio destas sendo geradas infinitas combinações de marchas.

A correia do CVT é feita com metal ou borracha apropriada para a potência que irá sofrer, entretanto, inúmeros fatores como, por exemplo, o acúmulo de calor gerado pelo atrito da correia com as polias pode ser um fator que levará a correia a ser danificada vindo possivelmente a romper-se; com o intuito de proteger pessoas que possam estar próximas do CVT e também de proteger o próprio de possíveis impurezas.

Sendo assim, a capa do CVT é um item obrigatório segundo o regulamento administrativo e técnico Baja SAE Brasil. Nesse trabalho serão analisadas as propriedades de transferência de calor e de resistência ao impacto dos materiais a serem utilizados.

MATERIAL COMPÓSITO

O material compósito se origina da união de dois materiais com diferentes propriedades, que quando juntos apresentam características superiores, como melhores propriedades mecânicas. No caso do Baja, é utilizada a fibra de carbono ou fibra de vidro como reforço e resina epóxi ou poliéster como matriz. O objetivo de usar um laminado de fibra de vidro e matriz epóxi na capa do CVT é diminuir o peso da capa, que aliada a uma transferência adequada de calor pode resultar em uma performance térmica e mecânica equivalente ao aço SAE 1010.

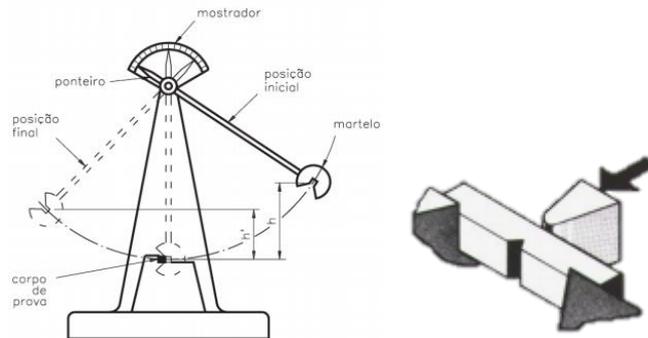
ENSAIO DE IMPACTO

De acordo com a sessão B13.1.6 e B13.1.7 do regulamento administrativo e técnico Baja SAE Brasil, é possível substituir anteparos de aço do protótipo por material compósito, como por exemplo fibra de vidro e fibra de carbono, desde que esse material apresente equivalência ao impacto, comprovada por ensaios de impacto, e o dobro da espessura do aço. Como a capa do CVT atual da equipe Baja Gralha Azul é feita de aço, para substituir essa por material alternativo é necessário à realização de ensaios de impacto, como o Charpy ou Izod, os quais são responsáveis por submeter corpos de prova a uma força brusca e repentina, a fim de rompê-los.

ENSAIO CHARPY

O ensaio Charpy é composto por um pêndulo, o qual é solto de uma determinada altura, onde temos a energia inicial. Ao solta-lo, esse se choca contra a face oposta do corpo de prova, posicionado horizontalmente na base do equipamento, em alta velocidade. A diferença entre a energia potencial inicial e energia potencial final resulta na energia absorvida pelo material. A fórmula para o cálculo da energia potencial é: $E_p = m \cdot g \cdot h$, onde: m = massa, g = aceleração da gravidade e h = altura. No instante do impacto, a velocidade do martelo é dada por: $v = (2 \cdot g \cdot h)^{1/2}$ (BAPTISTA, 2016).

Figura 1 e 2: esquema da máquina do ensaio de impacto Charpy, e ângulo de ataque do pêndulo do ensaio Charpy no corpo de prova tipo A, respectivamente.



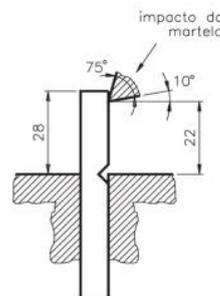
Fonte: USP (2016)

Em relação aos corpos de prova para o ensaio Charpy, as dimensões são 55mmx10mm. Há três tipos de corpo de prova, o tipo A, B e C, onde a única diferença entre eles é o tipo de entalhe. O corpo de prova mais utilizado é o tipo A, onde se tem um entalhe em V de 45° no centro da peça com 2 milímetros de comprimento (BAPTISTA, 2016). Como se trata de um ensaio onde os resultados serão pertinentes para serem usados em um protótipo tipo Baja, é necessário que esses apresentem a espessura mínima de 3,0 milímetros para seguir as instruções do regulamento administrativo e técnico Baja SAE Brasil.

ENSAIO IZOD

O ensaio de impacto Izod possui a mesma finalidade do ensaio Charpy, que é calcular a energia absorvida pelo material. Além do comprimento, as únicas diferenças entre esses dois ensaios é a posição do entalhe e onde a peça vai ser golpeada no ensaio. As dimensões do corpo de prova são 78x10mm, onde o entalhe em V de 45° é feito a 28 mm da extremidade do corpo de prova. No ensaio em questão, o corpo de prova é posicionado verticalmente no equipamento, e o martelo aplica o golpe na mesma face do entalhe (BAPTISTA, 2016).

Figura 3: ângulo de ataque do pêndulo do ensaio Izod no corpo de prova.



Fonte: USP (2016)

No caso da nossa equipe, Baja Gralha Azul, foi realizado ensaios do tipo Charpy com seis corpos de prova em fibra de vidro e seis corpos de prova em fibra de carbono. Entretanto, apesar da máquina de ensaio da nossa universidade estar não estar calibrada, afetando diretamente nos resultados, todos os corpos

de prova romperam e assim, conseguimos ter um parâmetro de equivalência ao impacto, e esse já foi suficiente para ser validado pela SAE Brasil.

TRANFERÊNCIA DE CALOR DO CVT PARA A CAPA DE PROTEÇÃO DO CVT

A transmissão CVT de um veículo Baja pode chegar a altas temperaturas de trabalho. Por isso, há a necessidade de produzir uma capa que além de proteger, minimize a entrada do calor produzido pelo motor na capa. Para isso, uma análise do comportamento das fibras com o calor do motor foi feita no software Ansys. Porém, não foi possível a obtenção de dados da temperatura do motor e dos parafusos, também não foi utilizado valores para fluxo de calor por não haver dados suficientes para isso. Na parte do solver foi escolhido o Transient Thermal.

FIBRA DE CARBONO

Para essa análise, foi utilizado fibra de carbono 290 GPa, com as seguintes propriedades térmicas:

Quadro 1: valores das propriedades térmicas da fibra de carbono.

Condutividade térmica (cal/cm ² .s.°C)	0,0014
Calor específico (cal/g.°C)	0,18
Densidade (g/cm ³)	1,8

Fonte: Cunha, Costa & Rezende (2006).

O modelo utilizado para análise tinha 3 mm de espessura com furos de 6mm de diâmetro na parte traseira.

Foi executada uma análise de 14400 segundos com a temperatura inicial do sistema sendo 25°C, a parte traseira estando a 90°C, e os furos a 150°C.

FIBRA DE VIDRO

Para esta análise, foram utilizadas as seguintes propriedades:

Quadro 2: Propriedades térmicas da fibra de vidro.

Condutividade térmica (W/m ² . °C)	0,046
Calor específico (kJ/kg.K)	0,712
Densidade (g/cm ³)	2,54

Fonte: Protolab (s. d.); Gupta (2001).

A análise foi executada nos mesmos parâmetros da feita em fibra de carbono.

AÇO 1020

A equipe Baja Gralha Azul utilizava aço 1020 para constituir a capa do CVT até março de 2020. Por isso, achou-se relevante trazer essa análise também. Nela foi utilizado aço carbono 1020 recozido.

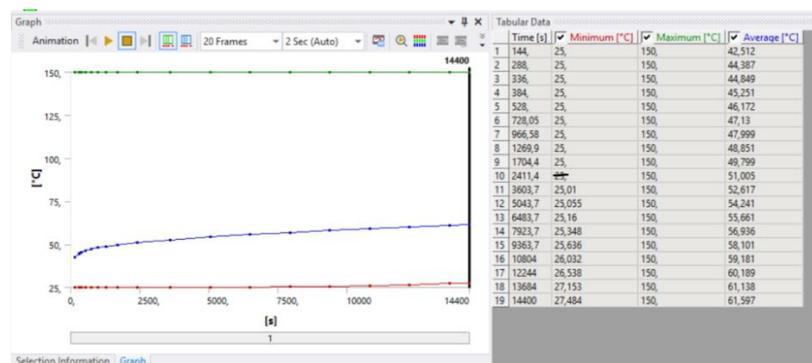
A análise foi executada nos mesmos parâmetros da feita em fibra de carbono.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

TRANSFERÊNCIA DE CALOR DO CVT PARA A CAPA DE PROTEÇÃO DO CVT

Com relação à análise do comportamento da fibra de carbono com o calor do motor notou-se que a transição de temperatura foi lenta, na qual a temperatura mínima chegou a 27,484 °C no fim da análise. Já a temperatura média terminou em 61,597°C.

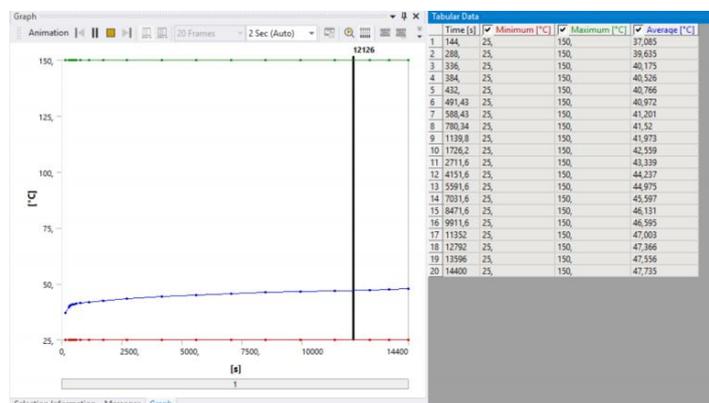
Figura 4: Propagação de calor da capa do CVT em fibra de carbono em função do tempo.



Fonte: Autoria própria (2020).

Já com relação à fibra de vidro, a temperatura mínima ficou estável em 25°C durante todo o processo. Já a temperatura média ficou em 47,735°C.

Figura 5: Propagação de calor da capa do CVT em fibra de vidro em função do tempo.



Fonte: Autoria própria (2020).

Como método comparativo, observou-se que a temperatura mínima do aço 1020 mínima estabilizou em 89,195°C a partir de 8393,1 segundos, já a temperatura média terminou em 90,014°C depois de 14400 segundos.

Figura 6: Propagação de calor da capa do CVT em aço 1020 em função do tempo.

Time [s]	Minimum [°C]	Maximum [°C]	Average [°C]	
9	693,37	35,272	150	67,075
10	823,78	38,911	150	69,112
11	971,42	42,9	150	71,103
12	1135	47,198	150	73,078
13	1310,8	51,505	150	74,946
14	1499,5	55,722	150	76,705
15	1706,6	59,854	150	78,38
16	1938,3	63,9	150	79,988
17	2203,2	67,851	150	81,536
18	2513,3	71,69	150	83,025
19	2887	75,388	150	84,45
20	3354,3	78,903	150	85,798
21	3969,1	82,167	150	87,045
22	4704,7	84,772	150	88,038
23	5441,6	86,512	150	88,701
24	6179,5	87,674	150	89,143
25	6917,4	88,449	150	89,438
26	7655,2	88,966	150	89,635
27	8393,1	89,195	150	89,766
28	9833,1	89,195	150	89,895
29	11273	89,195	150	89,96
30	12713	89,195	150	89,994
31	13557	89,195	150	90,006
32	14400	89,195	150	90,014

Fonte: Autoria própria (2020).

Mesmo com esses resultados, deve-se ter cautela ao utilizá-los, pois para fazer estas simulações foram ignorados dados que poderiam fazer a diferença, como por exemplo, a forma que a transferência de calor do motor para a capa ocorre, sendo por irradiação e que existe ar dentro da capa, fator o qual pode aumentar a temperatura. Por outro lado, o aumento na temperatura do motor é gradativo, não instantâneo como nesta demonstração. Porém, levando em conta apenas os resultados obtidos, a fibra de vidro demonstrou uma condução de calor menor do que a fibra de carbono.

CONCLUSÃO

Por meio deste artigo podemos concluir que a fibra de vidro e carbono em relação à resistência ao impacto pode ser aplicada no protótipo de Baja. Em relação à performance térmica, vimos que a fibra de vidro, comparada a fibra de carbono e ao aço, possui uma menor taxa de transferência de calor; tendo em vista que a maior fonte de calor para a capa é o motor, posicionado ao lado da CVT, a fibra de vidro seria um material com um desempenho apropriado, todavia existe também o calor oriundo do próprio CVT e nesse caso um material mau condutor não permitiria que o calor saísse da capa, então para que um material compósito seja utilizado para compor a capa do CVT será necessário uma forma de arrefecimento do CVT.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos primeiramente à PROREC da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, por nos dar a oportunidade de publicar a pesquisa realizada no projeto de extensão Baja Galha Azul. Agradecemos também os nossos colegas de equipe, da área de Powertrain, por terem nos auxiliado de prontidão na pesquisa que foi desenvolvida.

REFERÊNCIAS

BARROS, G. L.; **ESTUDO DA AÇÃO E DO FUNCIONAMENTO DA CVT (TRANSMISSÃO CONTINUAMENTE VARIÁVEL)**. 2018. TCC (Engenharia Mecânica) – Faculdade Pitágoras, São Luís, 2018. Disponível em: <https://repositorio.pgskroton.com.br/handle/123456789/25269>. Acesso em: 28 ago. 2020.

BAPTISTA, C.; **ENSAIOS MECÂNICOS**. Universidade de São Paulo. Disponível em: http://sistemas.eel.usp.br/docentes/arquivos/471420/LOM3011/EM_cap6_Impacto_2016.pdf. Acesso em: 28 ago. 2020.

GUPTA, N.; Brar, B. S. & Woldesenbet, E. - Bull. Mater. **EFFECT OF FILLER ADDITION ON THE COMPRESSIVE AND IMPACT PROPERTIES OF GLASS FIBRE REINFORCED EPOXY**. Bull Mater Sci 24, 219-223. 2001. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1007/BF02710105>. Acesso em: 26 ago. 2020.

CUNHA, J. A. P.; COSTA M. L. & REZENDE, M. C.; **INFLUÊNCIA DE DIFERENTES CONDIÇÕES HIGROTÉRMICAS NA RESISTÊNCIA À TRAÇÃO DE COMPÓSITOS DE FIBRA DE CARBONO/EPÓXI MODIFICADA**. 2006. Artigo técnico científico. Instituto Tecnológico de Aeronáutica. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0104-14282006000300008&script=sci_arttext. Acesso em: 26 ago. 2020.

Protolab Laboratório de Propriedades Termofísicas e Prototipação. **CONDUTIVIDADE TÉRMICA**. s. d. Disponível em: http://www.protolab.com.br/Condutividade_Termica.htm. Acesso em: 26 ago. 2020